



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MORELIA

APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS EN BÚSQUEDA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN ALUMNOS  
DE BACHILLERATO EN EL ÁREA DE BIOLOGÍA

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR (BIOLOGÍA)

PRESENTA:

**SULEIRA EDITH JACOBO LÓPEZ**

TUTOR:

DRA. MARIANA YOLOT ÁLVAREZ AÑORVE  
Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

DRA. NANCY CALDERÓN CORTES

Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia

DRA. MARÍA GUADALUPE SOTO MOLINA

Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia

MORELIA, MICH. DICIEMBRE, 2021



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.

## AGRADECIMIENTOS

Al comenzar este camino comprendí que requería de un fuerte compromiso y dedicación que me permitirían llegar a la meta, al concluir esta redacción y saber que uno de mis objetivos propuestos ha sido logrado, no puedo pasar por alto a quienes directa e indirectamente contribuyeron y me apoyaron a conseguir un propósito más en mi vida personal y académica. Por tal quisiera tomar estas líneas, que, aunque breves están impregnadas de profundo agradecimiento, para reconocer y honrar a esas personas.

A mis papas *Marina y Roberto*, por su apoyo incondicional frente a los retos que me propongo, gracias por los esfuerzos que hicieron para que mi formación académica no encontrará barreras e inculcarme la importancia de perseverar.

A mis hermanos *Roberto y Lizeth*, que siempre me incitaron a continuar para ser un mejor ejemplo para ustedes,

A *Sergio Ortiz*, gracias por formar parte de esta historia, por todas y cada una de esas palabras y abrazos que me brindabas cuando las cosas no salían bien. Pero sobre todo por enseñarme a creer en mí.

A la *Universidad Nacional Autónoma de México y a la Escuela Nacional de Estudios Superiores unidad Morelia (ENES Morelia)*, por brindarme la oportunidad de profesionalizarme en el área educativa.

A la *Doctora Mariana Álvarez Añorve*, a quien agradezco de manera muy especial por haber confiado en mí aceptando ser mi asesora de Tesis, por brindarme tanto su tiempo como conocimientos, y sobre todo por el compromiso que mostró para este proceso de investigación.

A la *Doctora Nancy Calderón Cortes*, por las valiosas observaciones y orientaciones que estimulaban mi motivación y constituyen el soporte de este trabajo.

A la *Doctora María Guadalupe Soto Molina*, porque siempre tuvo disposición para resolver las dudas que se generaron durante el proceso de este trabajo y buscó la manera de hacer un espacio en su tiempo tan apretado para brindarme el apoyo necesario.

Gracias a los profesionales del área disciplinar y pedagógica que dedicaron parte de su tiempo a ayudarme a la validación del cuestionario.

A la preparatoria “*CUAUHTEMOC*” de Huandacareo Michoacán, por haberme permitido iniciar mi historia como docente, y apoyarme dándome todas las facilidades posibles en la tarea de investigación y aplicación de este proyecto.

## CONTENIDO

Resumen.....	7
Summary.....	8
CAPITULO I.....	9
1.1 Introducción .....	9
1.2 Justificación.....	13
1.3 Pregunta de investigación.....	17
1.4 Hipótesis.....	17
1.5 Objetivos.....	17
1.5.1 Objetivo general.....	17
1.5.2 Objetivos específicos.....	17
CAPITULO II.....	18
2. 1 Marco teórico.....	18
2.1.1 Enseñanza.....	18
2.1.2 Aprendizaje.....	19
2.1.3 El Aprendizaje significativo de David Paul Ausubel.....	20
2.1.4 Aprendizaje Basado en Problemas como estrategia didáctica.....	22
2.1.6 Ideas previas acerca de la fotosíntesis y respiración celular.....	26
2.2Marco disciplinar.....	28
2.2.1 Metabolismo Celular.....	28
2.2.2. Fotosíntesis (Vía anabólica).....	29
2.2.3 Factores ambientales que influyen en el proceso de la fotosíntesis.....	31
2.2.4 Respiración Celular (Vía catabólica).....	32
2.2. 5 Factores ambientales que regulan la respiración celular de las plantas.....	33
2.2.6 Cambio climático.....	34

CAPITULO III.....	37
3. MÉTODO.....	37
3.1 Diseño de estudio.....	37
3.2 Población.....	37
3.3 Instrumentos de estudio.....	38
3.4 Procedimiento.....	40
3.5 Análisis de datos.....	52
CAPITULO IV.....	53
4. RESULTADOS.....	53
4.1 Análisis de Ideas previas.....	53
4.2 Análisis de cuestionario post aplicación de la secuencia didáctica.....	59
CAPITULO V.....	62
5. 1 Discusión.....	62
5.2 Conclusiones .....	65
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	67
ANEXOS.....	73
ANEXO 1. Cuestionario diagnóstico y evaluación final.....	73
ANEXO 2. Segundo cuestionario diagnóstico y evaluación final.....	75
ANEXO 3 Activación de conocimientos previos .....	76
ANEXO 4 Lectura, planteamiento de problema.....	77
ANEXO 5 Actividad experimental.....	78

## TABLAS

Tabla 3.1 Secuencia didáctica propuesta (ABP): Fotosíntesis y respiración celular de los vegetales ante el cambio climático .....	42
Tabla 3.2 Resumen por sesiones de secuencia didáctica (ABP), grupo experimenta.....	46
Tabla 3.3 secuencia didáctica; Fotosíntesis y respiración celular de los vegetales ante el cambio global. Aplicada al grupo control.....	48
Tabla: 3.4 Resumen de secuencia didáctica dirigida al grupo control.....	51

## FIGURAS

Figura 2 .1. Ecuación global de la fotosíntesis.....	29
Figura 2.3 Cloroplasto y su estructura.....	30
Figura 2.2. Los cloroplastos y su ubicación en las plantas.....	31
Figura 2.4. Panorama general de la fotosíntesis, fase luminosa con la fase oscura.....	31
Figura 3.1 experimento de Presley.....	42
Figura 4.1. Comparación de promedios en el cuestionario diagnóstico entre el grupo control (b) y grupo experimental (a).....	54
Figura 4.2. Ideas previas del grupo experimental acerca del lugar en el que se lleva a cabo la fosforilación oxidativa en los organismos fotosintéticos.....	55
Figura 4.3. Ideas previas del grupo control acerca del lugar en el que se lleva a cabo la fosforilación oxidativa en los organismos fotosintéticos.....	55
Figura 4.4 Ideas previas de los estudiantes del grupo control (a) y experimental (b) a la pregunta ¿Cuál es el producto final de la respiración celular en organismos aerobios?.....	56
Figura 4.5 Ideas previas del grupo control (a) y experimental (b) a la pregunta, ¿cuál consideras que sea el efecto del cambio climático en la vegetación nivel global? ¿será positivo o negativo? ¿por qué?.....	57
Figura 4.6 Ideas previas del grupo control (a) y grupo experimental (b) a la pregunta ¿cómo afectará el exceso de dióxido de carbono en la fotosíntesis de las plantas?.....	58

Figura 4.7 Ideas previas del grupo control (a) y experimental (b) a la pregunta ¿Cómo afectará el exceso de ozono (O <sub>3</sub> ) en la fotosíntesis de las plantas?.....	58
Figura 4.8. Comparación de promedios del cuestionario post aplicación entre el grupo control y grupo experimental. (a y b) diferencias significativas.....	59
Figura 4.9 Comparación de calificaciones del cuestionario diagnóstico y post aplicación de los estudiantes del grupo control.....	60
Figura 4.10 Comparación de calificaciones del cuestionario diagnóstico y post aplicación de los estudiantes del grupo experimental.....	61
Figura 4.11 Comparación de la Media de promedio del progreso del grupo control frente al experimental. (a y b) Diferencias significativas.....	61

## RESUMEN

Este trabajo de investigación aborda temas de Biología como son “La Respiración celular y Fotosíntesis”, que para el nivel de Educación Media Superior (EMS) presume un tópico de difícil aprendizaje y enseñanza, aunado a la falta de integración con otras disciplinas que pueden promover la relación de estos conceptos con la vida cotidiana.

Dicho lo anterior, el objetivo del presente trabajo se fundamenta en el desarrollo y la aplicación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), modelo que resulta ideal para fomentar el desarrollo de habilidades científicas, donde se promueve el uso de los conocimientos disciplinares y actitudinales que el estudiante debe de utilizar para resolver problemas. Esto a partir de una secuencia didáctica compuesta de estrategias individuales y grupales que incluyen el ABP, así como recursos impresos y digitales, por medio de los cuales los estudiantes identificaron el problema, la hipótesis y las consecuencias que tiene el cambio climático sobre los procesos metabólicos de los vegetales, específicamente sobre la respiración celular y la fotosíntesis.

La estrategia propuesta se aplicó a estudiantes de cuarto semestre que cursaban la materia de Ecología, en la preparatoria “Cuauhtémoc” de Huandacareo Michoacán. Se trabajó con dos grupos, de los cuales uno formó parte del grupo experimental que participó en la secuencia didáctica con ABP, mientras que al grupo control se le aplicó una enseñanza tradicional. Después de finalizados los temas y aplicadas las estrategias, se obtuvieron diferencias al comparar ambos grupos con relación al desarrollo de habilidades conceptuales y de reflexión, ya que el grupo experimental obtuvo mejores resultados.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Problemas, Respiración celular, Fotosíntesis, Cambio Global, Aprendizaje, Enseñanza, Estrategias Didácticas, Educación Media Superior.

## Summary

This research work addresses Biology topics such as "Cellular Breathing and Photosynthesis", which for the Higher Secondary Education level (EMS) presumes a topic of difficult learning and teaching, coupled with the lack of integration with other disciplines that can allow the association of these concepts with everyday life.

The objective of this study is based on the development and application of the Problem-Based Learning (PBL) strategy, a model that is ideal for promoting the development of the scientific and attitudinal skills that students must use to solve problems. For this purpose, we used a didactic sequence comprising individual and group strategies that include the ABP, as well as printed and digital resources through which the students have identified the problem, the hypothesis and the consequences of climate change on the plant metabolic processes, specifically on the cellular respiration and photosynthesis.

The proposed strategy was applied to fourth-semester students who were studying the subject of Ecology, in the "Cuauhtémoc" high school in Huandacareo Michoacán. We worked with two groups, one of them was part of the experimental group which participated in the didactic sequence including PBL, while traditional teaching was applied to the control group. After completing the topics and applying the strategies, significant differences were obtained when comparing both groups in relation to the development of conceptual and reflective skills and the experimental group obtained better results.

Key words: Problem Based Learning, Cellular respiration, Photosynthesis, Global Change, Learning, Teaching, Didactic Strategies, Upper Middle Education.

## CAPITULO I

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Si bien es cierto es que la Educación Media Superior está encaminada a encausar y cimentar los pilares del conocimiento ya adquirido para enfrentar la vida, el reto de los profesores es facilitar el acceso al conocimiento a partir estrategias que promuevan el aprendizaje en los estudiantes, así como habilidades que les permita afrontar los nuevos desafíos de la sociedad.

Para lograr lo anterior se han establecido lineamientos por parte de las autoridades educativas de México, los cuales tienen como principal objetivo que el estudiante comprenda la importancia del estudio de las ciencias tanto sociales como naturales, de forma que el estudiante se involucre en el estudio de ellas de una manera reflexiva, misma que le permita el aprendizaje de los conceptos y la utilización de estos en la vida cotidiana.

Sin embargo, la enseñanza de las ciencias naturales sigue inmersa en una educación tradicional donde los conceptos se transfieren como una colección de hechos, leyes, principios y reglas inmutables, que se considera no favorecen la comprensión y el aprendizaje por parte de los estudiantes, lo que genera en los jóvenes desinterés por el aprendizaje de éstas ya que las consideran aburridas y tediosas (Solbes y Furió, 2013)

La biología no escapa de esta problemática debido a los conceptos complejos y abstractos que posee, aunado a la relación de esta con otras ciencias como la física y la química que involucran conocimientos necesarios para el entendimiento de los distintos procesos que suceden en los organismos vivos, quienes constituyen su objeto de estudio..

Son muchos los tópicos y conceptos de biología que son difíciles de comprender debido a su alto grado de complejidad, entre estos se encuentra el tópico de metabolismo celular, que explica los procesos químicos como el de la síntesis de proteínas y los de la Fotosíntesis y Respiración celular.

El entendimiento de los procesos metabólicos de la fotosíntesis y respiración celular es necesario para comprender como es que los organismos vivos obtienen energía y el flujo de la misma dentro de un ecosistema, energía que es necesaria para que se lleven a cabo todos los procesos celulares que permiten a un organismo crecer y reproducirse. A pesar de la importancia que tienen estos procesos, los jóvenes le toman poco interés debido a que no comprenden los fenómenos químicos que suceden, y el profesor por su parte generalmente sintetiza la información de tal forma que se omiten procesos importantes por lo que en ocasiones las concepciones erróneas difícilmente se pueden cambiar (Charrier, Cañal y Vega, 2006; Vulto, 2014).

Si a lo anterior le añadimos la creciente y rápida evolución que está sufriendo la biología en cuanto a la nueva información que constantemente surge, esta se convierte en una disciplina dinámica que presenta continuos problemas que difícilmente se pueden comprender, y por ende resolver, si las bases con las que se enseña siguen el lineamiento tradicional donde los conceptos no cambian y las leyes son inamovibles.

No obstante, si la enseñanza de la disciplina toma como punto de partida generar en los estudiantes habilidades del pensamiento científico como son la indagación, síntesis y reflexión de los problemas que se presenta en la sociedad, el dinamismo de la Biología no presentará dificultad, sino al contrario, los problemas que se presenten serán una oportunidad de aprendizaje que conlleva a la comprensión y reflexión de los mismos.

De esta aseveración se desprende que los conceptos de Fotosíntesis y Respiración celular se pueden involucrar en estrategias que eviten la transferencia unívoca de los conceptos añadiendo para ello un factor problema donde el estudiante encuentre el interés apropiado para comprender estos y otros temas establecidos por la disciplina.

Es importante señalar que los problemas de aprendizaje que presentan los temas de fotosíntesis y respiración celular, han sido ya estudiados por distintos autores, quienes basados en el método constructivista evitan la forma tradicional de enseñanza, partiendo de los conocimientos previos que poseen los estudiantes acerca de la fotosíntesis y aplican estrategias lúdicas a grupos focales, cuyos resultados promovieron la motivación del aprendizaje de los

conceptos básicos de fotosíntesis y su importancia en el ambiente (Cházaro, 2009; Gómez, 2014; Sánchez, 2016).

Así mismo, se han realizado proyectos educativos que establecen la experimentación o la resolución de problemas dirigidos al aprendizaje de la respiración celular, a la vez que promueven el pensamiento crítico y científico. Estos procedimientos experimentales ponen al estudiante en contacto con técnicas que le permiten relacionar mejor los conceptos y obtener un aprendizaje significativo. Algunos de estos proyectos obtienen como resultado que el estudiante se observa motivado a aprender, sin embargo, algunos otros simplemente se limitan a crear la estrategia sin ser aplicada a grupos de estudiantes para valorar su resultado (Banschbach y Letovsky, 2015; Castelán, 2011; López y Boranat, 2013; Monguí, 2014).

Otros trabajos se han aplicado a la educación superior utilizando la estrategia de resolución de problemas (ABP) mediante la indagación. Sus resultados son positivos ya que promueven el pensamiento científico y su aplicación en la vida real. Cabe destacar que cada trabajo tiene una limitante, desarrollan la estrategia para solo uno de los tópicos, ya sea fotosíntesis o respiración celular, y no se encontró ningún trabajo en el cual se relacionaran los dos procesos metabólicos en organismos autótrofos.

Al observar tanto la limitante como las oportunidades, nace la idea de promover el aprendizaje integral de los conceptos de la respiración celular y fotosíntesis, así como el pensamiento científico a través de la resolución de un problema real. Para lograr estos objetivos fue necesario relacionar los conceptos con una problemática real como el “calentamiento global” y su repercusión en los procesos metabólicos de los vegetales. Al mismo tiempo se hizo uso de diversas estrategias que integran al Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como método que permita generar un aprendizaje significativo.

El uso del tópico de cambio climático se debe a la necesidad de integrar temas sobre los procesos fisiológicos de las plantas con las consecuencias del cambio climático. Esto como medida para brindar al estudiante una experiencia significativa al relacionar las repercusiones que el cambio climático tendrá sobre nuestra biodiversidad. Específicamente, el estudiante comprenderá los mecanismos fisiológicos que se alteran cuando los vegetales se enfrentan a los drásticos cambios de concentración de los gases de efecto invernadero junto con el aumento de la

temperatura ambiental. El conocimiento que el estudiante obtendrá a partir de su investigación promoverá, asimismo, un interés mayor por conservar el ambiente.

Por lo anterior, esta estrategia se toma como una intervención donde se promoverá el aprendizaje de los conceptos de fotosíntesis y respiración celular en el contexto del cambio climático, de tal manera que se integrarán conceptos de diferentes subdisciplinas de la biología, tales como la ecología y la fisiología.

Esta estrategia fue implementada en la Escuela Preparatoria “Cuauhtémoc” ubicada en Huandacareo, municipio de Michoacán de Ocampo, con una muestra constituida por 36 estudiantes de tercer semestre que cursaban la materia de Ecología. Esta muestra se dividió en dos grupos de 18 estudiantes cada uno, de los cuales, un grupo participó como grupo control y el segundo grupo fungió como grupo experimental. A este último se le aplicó la estrategia didáctica que incluía el método del Aprendizaje Basado en Problemas.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La enseñanza de las ciencias naturales en los últimos años en México se ha visto marcada por la deficiencia que los estudiantes presentan al intentar pensar crítica y científicamente ante la resolución de situaciones problemáticas. Esta afirmación se toma de los últimos resultados que México ha obtenido en la evaluación internacional denominada “Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE o PISA, por sus siglas en inglés (The Program for International Student Assessment,2015), institución que se encarga de medir el nivel educativo en el que se encuentran los jóvenes de los distintos países participantes. Esta se centra en valorar habilidades como la capacidad de razonar y analizar los planteamientos que le permitan al estudiante la interpretación y la resolución de problemas en una amplia diversidad de situaciones.

Los resultados que se muestran en la última valoración realizada por PISA en el año 2015 (Instituto Nacional de Evaluación de la Educación,2016), reportan que el nivel de los estudiantes mexicanos es muy homogéneo en cuanto a la competencia científica, lo que sugiere que no puede identificarse en qué áreas (habilidades conceptuales o habilidades actitudinales) muestran mayor fortaleza o debilidad. En cuanto al promedio obtenido, los jóvenes se encuentran ubicados en el nivel 2, lo que significa que poseen la capacidad de reconocer y extraer información relevante para resolver problemas que sugieren una respuesta directa, pero no poseen la habilidad de reflexión y uso del pensamiento científico que permita abordar temas y determinar una solución con posibles variantes.

Muchos son los factores que determinan los resultados descritos anteriormente como son las prácticas docentes, las normas de cada institución, el valor social otorgado a la importancia del estudio de la ciencia y sobre todo el factor motivante tanto intrínseco como extrínseco de cada joven. Este último es un tema que se ha abordado en diferentes investigaciones en las cuales se señala que los niños y jóvenes muestran empatía en cuanto al aprendizaje de las ciencias, ya que señalan que son interesantes, divertidas y aportan nuevos conocimientos a su vida, es decir, los jóvenes muestran motivación y disposición para aprender ciencias naturales (Cuevas et al. 2016; INEE, 2016).

Sin embargo, se ha detectado que, al introducir al estudiante al aprendizaje de conceptos más complejos y no contextualizados, estos van perdiendo el interés por las ciencias. Esta pérdida de interés es promovida también por los métodos clásicos de enseñanza que recaen en la transferencia de conceptos, sin precisar de estrategias que permitan generar habilidades de indagación y razonamiento al estudiante. Lo anterior sigue ocurriendo a pesar de las nuevas reformas y lineamientos que se han propuesto para la enseñanza en el Nivel Medio Superior (Chamizo, 2000; Alcántara, 2009; Alvarado y Flores – Camacho, 2010; Hernández, Gómez, Maltes, Quintana, Muñoz, Toledo, Riquelme, Henriquez, Zelada y Pérez, 2011; Pozo, 1998).

Estos resultados destacan la principal preocupación acerca de la enseñanza de las ciencias biológicas a nivel de bachillerato en nuestro país y colocan a la enseñanza de las ciencias como punto focal en la educación en México. Ahora se busca que el estudiante obtenga habilidades que le permitan comprender la importancia de la investigación en sus vidas, e integrar el quehacer científico como método que promueva la indagación y reflexión, no solo para el aprendizaje de los conceptos establecidos en el currículo de la Educación Media Superior (EMS), sino también para la resolución de problemas en su vida cotidiana (RIEMS, 2012).

Es importante señalar que la biología tiene una ventaja enorme en cuanto a repertorio de estrategias didácticas, ya que puede hacer uso de distintas estrategias que promuevan el pensamiento científico, por otro lado, un punto débil del estudiante en la comprensión de los procesos de la respiración celular y fotosíntesis, se puede observar a partir las concepciones erróneas que poseen los estudiantes acerca del lugar en donde se llevan a cabo cada uno de los procesos metabólicos y su función en los organismos vivos, así como, sobre la importancia de estos en la obtención de energía y su relación con el medio ambiente. (Charrier, Cañal y Vega, 2006; Domingos - Grilo, Mellado y Ruiz, 2004; Figueroa, 2012; González, Martínez y García, 2012; Quesada, 2011).

A partir de todo lo anteriormente expuesto, en este estudio se toman los tópicos de la respiración celular y fotosíntesis para ser abordados desde la perspectiva del aprendizaje significativo, desarrollando en los estudiantes habilidades que permitan hacer uso de la indagación, reflexión y resolución de un problema real.

Cabe señalar en este punto la importancia que tiene la enseñanza de estos temas en el bachillerato, ya que estos procesos son indispensables en la actividad celular de los seres vivos. De igual forma, estos conceptos son útiles en diversas disciplinas tales como la ecología, química, física y economía.

En cuanto a la Ecología se refiere se encuentra el tema del medio ambiente que está tomando mucho auge en la Educación Media Superior debido a las consecuencias que trae consigo. La RIEMS (2012) trata de integrar el tema de las causas y consecuencias de la contaminación en todas las disciplinas, tanto de las ciencias naturales como de las sociales, y la materia de Ecología, en específico, plantea las consecuencias del “Calentamiento global” y sus efectos sobre la Biodiversidad.

Sin embargo, los diferentes estudios que se han realizado acerca de las percepciones que los jóvenes poseen acerca del cambio climático y/o global indican que estos presentan percepciones generales de las consecuencias que trae consigo el cambio climático entre las que se encuentran, el deterioro del medio ambiente causado por la contaminación del agua aire y suelo, cambios drásticos de temperatura, desastres naturales y pérdida de la biodiversidad. No obstante, los jóvenes no tienen información de las consecuencias puntuales sobre los diferentes organismos, entre ellos las plantas, de tal manera que su interés por las consecuencias del cambio climático no es significativo. (Espejel y Flores, 2015; González-Gaudio y Maldonado-González, 2014; Meira-Carrea y Arto-Blanco, 2014; Ramírez y González-Gaudio, 2016) .

Se considera entonces que para la comprensión de estos procesos vitales se deben de desarrollar estrategias que permitan: 1. Incrementar la motivación del estudiante acerca de los temas complicados de biología, 2. Reafirmar la importancia del estudio de estos conceptos y 3. Ofrecer habilidades que incluyan el trabajo colaborativo, la indagación y la reflexión.

Diversos estudios manifiestan la importancia de la enseñanza de las ciencias desde la educación básica y las diferentes estrategias que se pueden usar para que este proceso suceda, cabe destacar que, cuando se habla de enseñar ciencias se buscan tanto objetivos conceptuales como procedimentales, es decir, se busca que el joven obtenga conocimientos que articulan a la ciencia estudiada pero a su vez se pretende guiar al estudiante a obtener habilidades que le

permitan vincular la teoría con la práctica y otorgarle herramientas que le permitan hacer uso del pensamiento científico para la resolución de problemas en su vida tanto educativa como social.

Para alcanzar estos objetivos de aprendizaje, existen distintos modelos o estrategias que permiten desarrollar las habilidades mencionadas, entre estos se incluye la enseñanza por recepción, descubrimiento o experimental, el cambio conceptual, el modelo de investigación, por último, uno de los que ha tomado mayor relevancia en los últimos años, el uso de herramientas de Tecnologías de la información y comunicación (TIC).

Al hablar acerca de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales se observa que la motivación que presentan los estudiantes influye de manera directa en el rendimiento escolar. Las causas de la falta de disposición por parte del estudiante para aprender ciencias son diversas por lo que Welch (1998, citado en Hernández – Barbosa, 2012) las ha clasificado en: a) variables endógenas o internas, las cuales se relacionan con el proceso cognitivo y social del estudiante (interés y disposición por aprender) y b) variables exógenas, que se relacionan directamente al proceso de enseñanza.

Para los fines de este proyecto se aplicó una estrategia didáctica, desarrollada a partir del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), cuya finalidad fue propiciar en los estudiantes las herramientas necesarias para un aprendizaje significativo de los conceptos de Respiración celular y Fotosíntesis. Se considera que el ABP fomenta el desarrollo de habilidades científicas y promueve en el estudiante el razonamiento y pensamiento crítico acerca de problemas reales que aquejan su sociedad, además de favorecer la comprensión de conceptos de difícil aprendizaje, así como la relación de los conceptos y la importancia de su estudio en la vida.

La utilización del ABP favorece también el “saber hacer”, ya que el estudiante a partir de la información, encuentra la mejor manera de poner en práctica los conocimientos obtenidos para transformar su entorno, lo que le permite resolver problemas de la vida real. Además, fomenta el trabajo en equipo que le permite aceptar el valor de las interrelaciones, desarrolla la habilidad de la comunicación que le proporciona los elementos para debatir, sustentar opiniones, discutir, aceptar otras ideas y valorar las ideas de los participantes.

### 1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿La estrategia de enseñanza Aprendizaje Basado en Problemas promoverá una mejor comprensión de los conceptos de fotosíntesis y respiración celular en los estudiantes del Bachillerato?

### 1.4 HIPÓTESIS

La utilización de la estrategia del Aprendizaje Basado en Problemas, promueve la comprensión de los conceptos de fotosíntesis y respiración celular el cual se ve reflejado en el rendimiento de los estudiantes.

### 1.5 OBJETIVOS

#### 1.5.1 Objetivo general

- Implementar una secuencia didáctica, utilizando el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), que promueva el desarrollo del aprendizaje significativo para los temas biológicos tales como la respiración celular y fotosíntesis, en estudiantes del Bachillerato.

#### 1.5.2 Objetivos específicos

- Diseñar una secuencia didáctica, utilizando el ABP, que integre conocimientos sobre el cambio climático con los conocimientos sobre Respiración celular y Fotosíntesis de los vegetales.
- Aplicar la secuencia didáctica a los estudiantes de Bachillerato que cursan la materia de Ecología en el tercer semestre.
- Evaluar el efecto de la estrategia de ABP sobre el rendimiento de los estudiantes.

## CAPITULO II

### 2. 1 MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1 Enseñanza

Desde tiempos remotos, la enseñanza ha sido considerada como aquella que se encarga de instruir al aprendiz de manera que lleve a la práctica sus habilidades. Como en la *Ilíada* de Homero, en donde Fénix adiestra a Aquiles en el “arte de la guerra”, en su enseñanza le otorga aptitudes como la noción de la virtud, el vigor, la salud, la valentía y todas aquellas cualidades que caracterizaban al héroe necesarias para actuar en el entorno social en el que se viva (Abbagnano, 1964).

Es de esperarse que en la actualidad la educación pretenda algo similar pero contextualizado al tiempo y a la sociedad que lo demanda, donde la enseñanza de las aptitudes y habilidades no van encaminadas a ser el más fuerte, pero si a promover habilidades que permitan la obtención de un aprendizaje significativo en todas las disciplinas que se consideran esenciales para el desarrollo de la sociedad.

Para que suceda lo anterior, se necesita el compromiso de muchos actores que forman parte de la Educación en México, entre estos están, las instituciones gubernamentales, las escuelas, los docentes y los mismos estudiantes que participan conjuntamente para alcanzar los objetivos que se plantean a nivel nacional acerca de la educación. Para la enseñanza de las ciencias en la Educación Media Superior (EMS), se busca que los conceptos teóricos sean los suficientemente significativos para poder aplicarlos en la investigación y en el área laboral, es decir, se busca que la educación en ciencias vincule a los jóvenes con habilidades del pensamiento científico (Catalá y Chamizo, 2010, RIEMS, 2012).

Ante estos objetivos, es determinante el papel que juega el docente en el aula, debido a que este tiene que buscar las alternativas que promuevan el desarrollo científico y tecnológico que desea alcanzar la EMS. Es decir, promover y propiciar en el estudiante la habilidad de pensar de forma crítica, y la obtención de los conocimientos que puedan ser aplicados tanto dentro como fuera de las aulas.

La enseñanza será encaminada por la disposición que el profesor presente hacia las diversas intervenciones que debe de aplicar según las necesidades que sus estudiantes presenten. Los docentes deben poseer un bagaje de estrategias didácticas que puedan ser utilizadas según sea conveniente. Además, deben de tomar en cuenta la motivación, los tipos de conceptos a aprender y sobre todo el nivel cognitivo que manejan los estudiantes (Arends, 2007; Shulman, 2005).

Por esta razón, el papel del docente es esencial como mediador en el proceso de aprendizaje del estudiante. Su función, no se limita a la transmisión de contenidos, sino también a la motivación del estudiante para la obtención de nuevos conocimientos.

### 2.1.2 Aprendizaje

Aristóteles afirmaba que el funcionamiento del intelecto es análogo al de la sensibilidad y es condicionado por esta, así que *“toda persona no podría aprender y entender nada sino aprendiese nada a través de los sentidos, y todo aquello que se piensa se piensa necesariamente en imágenes”* (Abbagnano, 1964:98).

Con relación al proceso de aprendizaje se han desarrollado distintos paradigmas que tratan de explicar cómo las personas aprenden, entre estos se encuentra el conductismo que considera que el resultado del aprendizaje es el cambio del comportamiento donde intervienen factores externos (enseñanzas de diversas fuentes) sobre el individuo. Posteriormente aparece la psicología cognitiva de la cual nacen dos líneas de estudio, la primera llamada mecanicista, que se involucra en el estudio del comportamiento humano y se dedica al análisis de los llamados “procesos mentales” como la atención, percepción y memoria. La segunda línea, llamada constructivista, se ocupa de estudiar de qué manera las personas construyen su propio conocimiento y las influencias cognitivas y sociales que pueda tener para dicha construcción (Pozo, 1989; Woolfolk, 2006; Zapata – Ros, 2015).

Por otro lado, el paradigma constructivista considera que el aprendizaje es el resultado de un proceso activo de la información, donde el individuo realiza una construcción interna que depende de las disposiciones intrínsecas como son, la capacidad cognitiva, social y actitudinal

para responder a las necesidades que se le presenten. El proceso de construcción del aprendizaje necesita de dos aspectos, el primero incumbe a la representación inicial de la nueva información, que implica la asociación y la confrontación de las ideas previas con las nuevas; el segundo aspecto determina el proceso de reestructuración de las ideas previas hacia esquemas más complejos que provocan el cambio conceptual (Carretero, 2011; Pozo, 1989).

Muchos son los investigadores que han desarrollado ideas acerca de cómo los individuos obtienen el aprendizaje, las cuales explican la evolución de los procesos cognitivos de los individuos. Jean Piaget, precursor de la teoría cognitiva, dice que el hombre desarrolla diferentes estadios en sus capacidades intelectuales a través de los años, lo que le permitirá adquirir estructuras más complejas que favorecerán la resolución de problemas que se le presenten en su vida. Por su parte, Vygotsky señala que el aprendizaje es el resultado del contexto social y no un producto individual, sostiene que el estudiante debe de mantener una interacción social que le permita intercambiar o recibir nuevos conocimientos (Carretero, 2011; Pozo, 1989).

A partir de la corriente o modelo constructivista distintos investigadores que explican cómo se lleva a cabo el proceso de aprendizaje. Todos los autores hablan acerca de los pasos que sigue un individuo en este proceso, el cual sigue un curso entre las ideas previas, el acercamiento al nuevo conocimiento y la internalización del mismo. Es importante subrayar que para este paradigma la contextualización entre el sujeto y la vida social es de suma importancia ya que favorece el aprendizaje.

### 2.1.3 El Aprendizaje significativo de David Paul Ausubel

Una de las ideas constructivistas que explica como el hombre aprende, está representada por Ausubel quien se dedicó al estudio y aplicación de sus ideas en contextos escolares y formuló la teoría del Aprendizaje significativo. Esta teoría toma como punto de partida lo que el estudiante ya conoce sobre lo que se le va a enseñar y esto facilita que el nuevo conocimiento se presente de forma más significativa y por ende el individuo logre construir su aprendizaje.

La teoría del Aprendizaje significativo se define como “*el proceso en el cual se relaciona una nueva información o conocimiento de manera no arbitraria y sustancial (no literal) con la estructura cognitiva del que aprende*” (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983:37). Entonces el aprendizaje se da cuando el nuevo material toma significado en relación con las ideas previas que el estudiante posee.

Una de las características del aprendizaje significativo es que se centra en el aprendizaje de los conceptos científicos que suceden a partir de la instrucción por parte del docente, ya que considera que la mayoría de los conocimientos adquiridos por los estudiantes dentro y fuera de las aulas, no los descubren los estudiantes por sí mismos, sino que les son dados. Esto enfatiza la importancia del aprendizaje por recepción como el medio principal para adquirir grandes cantidades de conceptos, donde el estudiante incorpora e internaliza la nueva información para que pueda recuperarla en tiempos futuros. Cabe destacar que para que el aprendizaje por recepción resulte significativo es necesario que presente condiciones y características que permitan esta finalidad (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983).

Al mismo tiempo, se considera el aprendizaje por descubrimiento que puede limitar o favorecer el aprendizaje significativo, esto a partir de las condiciones que se le presenten al estudiante, es decir, si la actividad que involucra la resolución de problemas no presenta relación con sus esquemas previos, la estrategia perderá valor significativo. Para Ausubel, el aprendizaje significativo por descubrimiento es más complejo debido a que sus etapas son contrarias a las de la recepción, ya que primero se busca la resolución de problemas antes de que el significado se exprese (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983).

Para que se produzca el aprendizaje significativo ya sea por recepción o por descubrimiento, es necesario el estudiante presente una buena actitud hacia este aprendizaje y la presentación por parte del profesor de un material potencialmente significativo. En cuanto al material potencialmente significativo, es necesario que el material se presente de manera organizada y que provoque un significado lógico en las ideas previas del estudiante (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983).

La importancia del aprendizaje significativo es que este genera una modificación en la estructura cognoscitiva del estudiante, una mayor retención de conceptos y la capacidad de utilizar estos para resolver problemas que se planteen durante su vida. Esto se logrará cuando el compromiso del profesor y el estudiante atiendan las condiciones necesarias para su proceso. El profesor debe de considerarse un guía que se encarga de presentar contenidos con una secuencia lógica y pertinente al nivel cognoscitivo del estudiante, así como, estrategias que proporcionen elementos para anclar los conceptos conocidos con la nueva información, además, debe de conducir al estudiante a encontrar las ideas elementales que le permitan resolver problemas e integrar conceptos significativos (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983).

Para esta teoría es imprescindible que el profesor conozca las ideas o concepciones que los estudiantes tienen sobre el tema y trabajar sobre estas. Como dijo Ausubel (1983:83) “... *de todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el estudiante ya sabe. Averígüese esto, y enséñese consecuentemente*”. Para cumplir con esta condición, el profesor debe de usar las estrategias necesarias que le permitan conocer que ideas tienen los estudiantes. Las estrategias pueden ir desde cuestionarios de opción múltiple hasta preguntas abiertas, también se puede hacer uso de la “lluvia de ideas”, ensayos o escritos que busquen conocer de qué manera entienden algún concepto (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983).

Al conocer las ideas previas, el profesor puede utilizar diversos métodos para presentar el material potencialmente significativo, tanto estrategias expositivas como de investigación, que le permitan al estudiante integrar el conocimiento previo con los nuevos conceptos. Para el desarrollo de este trabajo, se hizo uso del método de Aprendizaje Basado en Problemas que involucra el aprendizaje por investigación ya que el estudiante debe de indagar, sintetizar, realizar hipótesis y generar una reflexión que le permita resolver el problema planteado (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983).

#### 2.1.4 Aprendizaje Basado en Problemas como estrategia didáctica

Como se dijo anteriormente, en el proceso de enseñanza y aprendizaje se resalta la importancia del uso de estrategias didacticas, indispensables para la accion que se pretende llevar

a cabo. Para Díaz Barriga y Hernández (2010:118) las estrategias didácticas “... *son medios o recursos para prestar la ayuda pedagógica ajustada a las necesidades de progresos de la actividad constructiva de los estudiantes*”.

Existen distintos tipos de estrategias didácticas que pueden ser adaptadas según los diversos contextos o demandas del aula, las cuales son usadas para favorecer la creatividad y desarrollar el potencial intelectual de los estudiantes. Arends (2007), indica que las estrategias didácticas inician desde que el profesor comprende, transforma y presenta un contenido para enseñarlo, hasta que el estudiante integra la nueva información con los conocimientos previos. De esta manera, el profesor debe prestar atención a las problemáticas generales o específicas del aprendizaje que se presentan en el aula, esto con la finalidad de ofrecer a sus estudiantes herramientas que favorezcan la construcción de su aprendizaje.

Dado que la enseñanza de las ciencias naturales como Física, Química y Biología tiene la intención primordial de vincular los conceptos establecidos con la promoción del pensamiento científico, se han utilizado diversos modelos o estrategias de enseñanza que proporcionan al docente tácticas que facilitan la motivación, potencian el aprendizaje significativo y proporcionan habilidades que le permiten al estudiante desarrollarse en el mundo actual (Campanario y Moya, 1999; Pozo, 1998; Ruiz, 2007).

Entre estas estrategias se encuentran aquellas que fomentan la investigación guiada por el profesor, la cual se trata del “aprendizaje por descubrimiento”, en donde el estudiante busca respuestas a cuestionamientos planteados. Sin embargo, diversos autores llaman la atención al mal manejo que esta estrategia ha tenido desde sus orígenes, ya que mencionan que se usa para involucrar al estudiante a la experimentación sin que ellos fundamenten lo que están observando, esto a partir de que comúnmente se ofrecen prácticas de laboratorio como recetas de cocina, didáctica que provoca que en ocasiones los estudiantes no logren conectar los conceptos con el experimento que están observando (Ausubel et al., 1983; Campanario y Moya, 1999; Pozo, 1998; Ruiz, 2007).

Otra estrategia que puede favorecer el aprendizaje de las ciencias, es la de “cambio conceptual”, misma que toma las concepciones previas que poseen los estudiantes acerca de cualquier tópico y lo someten a un conflicto cognitivo, en el cual se hacen representaciones

distintas a lo que el estudiante siempre había concebido. Esta táctica funciona adecuadamente con los conceptos que son duros de cambiar debido a las creencias y la cultura (Campanario y Moya, 1999; Ruiz, 2007).

Una estrategia más que se encuentra valorada como una de las tácticas más funcionales es el “modelo por investigación”, que se fundamenta en la aplicación del pensamiento científico, ya que los jóvenes se ven expuestos a situaciones reales o problemas simulados que buscan tener respuesta y solución. Tal estrategia promueve que el estudiante construya su propio saber a partir de la indagación y razonamiento, que le permitirán obtener respuestas (Campanario y Moya, 1999; Ruiz, 2007).

Una de las estrategias que integra las estrategias antes mencionadas es la del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), la cual se caracteriza por ser un método de investigación, que es utilizado en los diferentes niveles de educación con distintos grados de dificultad según el nivel cognitivo del estudiante. Comúnmente esta estrategia es usada con la finalidad de que los estudiantes hagan uso de los conceptos comprendidos y aprendan a utilizarlos según la necesidad que corresponda. Además, funciona como puente para ayudar a aclarar aquellos conceptos que no fueron comprendidos (Chamizo y Robles, 2010; López, 2008; Morales y Landa, 2004).

La estrategia se caracteriza por los objetivos que desea alcanzar entre los cuales se encuentra que el estudiante se introduzca al pensamiento científico y crítico, a partir de la indagación, deducción y razonamiento de los probables resultados que se pueden obtener a partir del problema planteado. Para Díaz Barriga y Hernández (2003) *“la estrategia de enseñanza... ofrece una alternativa donde se puede promover aprendizajes experienciales y auténticos en los estudiantes, que les permita desarrollar habilidades y competencias similares o iguales a las que encontrará en situaciones de su vida cotidiana”*.

Por su parte diferentes autores (Chamizo y Robles, 2010; Latasa, Lozano y Ocerinjauregi, 2012; Fuentes, 2014; Mejías y Oñaderra, 2013; Sola et al. 2013) señalan que el uso de la estrategia basada en problemas ayuda a que el docente transforme su enseñanza basada en la transmisión de conceptos hacia los estudiantes y sean estos los que ahora inicien un aprendizaje autónomo a partir de la guía del profesor. De esta forma, al plantear el problema real o simulado a los estudiantes, se estimula el desarrollo de habilidades en la búsqueda de información como la

comprensión lectora, que implica análisis y jerarquización de contenidos a partir de la identificación de las necesidades de aprendizaje. Adicionalmente, se favorecerá la imaginación indispensable para la deducción de posibles respuestas.

Otra de las ventajas que se obtienen a partir del uso del ABP es que los estudiantes trabajan de manera colaborativa en grupos pequeños. Esto ayuda a que los estudiantes compartan el aprendizaje y aprendan a observar y reflexionar sobre valores tales como el respeto y el trabajo en equipo por mencionar algunos. Esto es opuesto a lo que se observa en el método convencional expositivo (Chamizo y Robles, 2010; Morales y Landa, 2004).

Este tipo de estrategias implican un trabajo extra en los estudiantes por lo que se debe de tomar en cuenta el factor carga de trabajo, la personalidad, la capacidad de integración, la flexibilidad y la tolerancia a la frustración, características que pueden afectar la motivación del estudiante hacia la resolución del problema. Si el estudiante se ve desmotivado por alguno de estos factores la disposición al desarrollo de la actividad influirá negativamente al objetivo de la estrategia y el estudiante difícilmente alcanzará un aprendizaje significativo (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983).

Al mismo tiempo, para que esta estrategia funcione, es necesario que el profesor integre de manera lógica las estrategias a utilizar para dirigir al estudiante a la resolución de problemas y que no intente ofrecerle guías establecidas para la resolución de los mismos, ya que esto propicia que el estudiante tenga una actitud pasiva ante la investigación. El profesor también debe promover el cambio conceptual a partir del uso de las ideas previas del estudiante y retarlo a que con ellas explique la respuesta, de manera que favorezca a la construcción de un nuevo conocimiento. Finalmente, el profesor debe plantear problemas o situaciones reales que no sean ajenas a los estudiantes (Chamizo y Robles, 2010).

Con estos elementos, en el presente proyecto se ha integrado un problema ambiental que de forma implícita afecta a la sociedad, en el que se utilizarán y transformarán los conocimientos que los estudiantes poseen para evaluar el impacto que tiene el cambio global en los procesos fisiológicos de las plantas, específicamente en la Respiración celular y la Fotosíntesis.

### 2.1.6 Ideas previas acerca de la fotosíntesis y respiración celular

Como se ha señalado anteriormente una condición esencial que se debe de tomar en cuenta a la hora de llevar a cabo el proceso de la enseñanza y aprendizaje es conocer las ideas previas que los estudiantes poseen acerca de los conceptos a estudiar. Esto con la finalidad de que se pueda abordar el tema de forma más lógica y potencialmente significativa. Para ello se han desarrollado diversos estudios acerca de las concepciones que los estudiantes de nivel medio superior poseen acerca del tema de Respiración celular y fotosíntesis (Cañal, 1997; Charrier, Cañal y Vega, 2006; Domingos - Grilo, Mellado y Ruiz, 2004; Figueroa, 2012; González, García y Martínez, 2012; Quesada, 2011).

Entre la problemática que incumbe la comprensión de estos temas se encuentra el mal manejo por parte del docente, ya que este no integra los procesos como unidad funcional en la nutrición de los organismos autótrofos y se limita en evidenciar las diferencias entre un proceso y otro como únicos de cada organismo, es decir la fotosíntesis propia de organismos autótrofos y la respiración celular de los heterótrofos (González et al., 2012). Asimismo, la falta de estrategias en la enseñanza de estos conceptos ha limitado el proceso del cambio conceptual en los estudiantes, ya que al tener enseñanzas tradicionales se limitan a memorizar los conceptos que en ocasiones se presentan de forma equivocada y no lógica (Cañal, 1997), lo que lleva al estudiante a arraigar conceptos erróneos que no le permiten resolver problemas y fundamentar respuestas concretas. Otro factor limitante son los textos escolares que se utilizan en la educación media superior, los cuales presentan deficiencias teóricas que difícilmente pueden explicar los procesos de la fotosíntesis y respiración celular, de forma que el estudiante se ve afectado al momento de acudir a ellos, y raramente, como señalan González et al. (2012), los estudiantes podrán diferenciar si la información que ahí se presenta es verídica, ya que implícitamente consideran que los textos poseen información precisa y actualizada.

Por último, se considera al estudiante como factor importante en cuanto a la adquisición de los conceptos erróneos, ya que comúnmente, a pesar de la instrucción, ellos siguen en la mayoría de los casos teniendo las mismas concepciones que al inicio. Esto como consecuencia de la percepción que tienen los estudiantes al observar lo complejo que son los procesos

metabólicos de Respiración celular y fotosíntesis, así como de la carencia de conceptos de química y física que son necesarios para comprender los temas. De manera que, cuando los estudiantes presentan saberes alternativos en cuanto a los temas que se necesitan para comprender el que nos compete, es necesario crear hilos conductores de acuerdo a las ideas previas que presente los estudiantes y generar estrategias didácticas que permitan conectar e integrar la información nueva dentro de los procesos internos del estudiante (Quesada, 2011).

Las concepciones alternativas o erróneas más representativas que poseen los estudiantes acerca de los procesos de Respiración celular y fotosíntesis, fueron estudiadas por diversos autores citados en Charrier (2006), y por otros tales como Domingos-Grilo et al., 2004, Figueroa, 2012; González et al., 2012; Quesada, 2011. Entre estas concepciones se encuentra que los estudiantes consideran a la respiración celular como un proceso único de los animales, esto como consecuencia de las analogías utilizadas por parte de los docentes con el sistema respiratorio, por ende, los estudiantes creen que las plantas no realizan la respiración celular. Aunado a la falta de conocimientos acerca de los organelos celulares que participan en la respiración celular y fotosíntesis, se observa que los estudiantes comprenden al cloroplasto como unidad de la fotosíntesis y la mitocondria de la respiración celular, pero piensan que la mitocondria es única de los organismos heterótrofos y no de los autótrofos, por lo tanto, las plantas no respiran (Charrier, 2006; Quesada, 2011).

Otra de las concepciones erróneas es en cuanto al momento en que se lleva a cabo la respiración celular en las plantas, comúnmente los jóvenes responden que esto no sucede y si así fuera lo hacen de noche mientras la fotosíntesis la realizan de día (Charrier, 2006). Además, los estudiantes tienen dificultad en transferir los procesos celulares que ocurren en las eucariotas a las procariotas, de manera que conciben a la fotosíntesis como un proceso único de las plantas y dejan a un lado a las bacterias autótrofas que también lo realizan (Domingos- Grilo et al., 2004).

Al observar las ideas erróneas que poseen los estudiantes sobre los conceptos de Fotosíntesis y Respiración celular se ha valorado diferentes alternativas de enseñanza y curriculares que permitan desarrollar una secuencia lógica de los conceptos sin que estos caigan en las mismas problemáticas de errores conceptuales (Cañal, 1997; Charrier, 2006). A este

respecto, González et al. (2012) proponen a los profesores incluir la relación de la Fotosíntesis y respiración celular de los vegetales frente a los factores ambientales que comúnmente son excluidos por los docentes en su enseñanza, de manera que permita generar en el estudiante actitudes, comportamientos y opiniones acerca de su naturaleza y la influencia de esta en la vida. Esto permitiría la integración de conceptos con significado.

## 2.2 Marco disciplinar

### 2.2.1 Metabolismo Celular

Las células de todos los organismos están en constante comunicación con el medio ambiente, lo que les permite obtener las sustancias que necesitan para nutrirse. Para que esto suceda las sustancias deben de ser sometidas a una serie de reacciones químicas que permitan construir o descomponer la materia asimilada y pueda ser convertida en energía, a este conjunto de reacciones químicas se le llama Metabolismo (Campbell, y Reece; Curtis, 2005; Karp, 2005).

El metabolismo comprende dos vías: 1) la vía anabólica, característica de organismos autótrofos, que representa la síntesis de compuestos complejos a partir de moléculas sencillas y 2) la vía catabólica, de la cual dependen los organismos heterótrofos, que se caracteriza por reacciones químicas que se encargan de transformar los compuestos complejos a sencillos, lo que proporciona la energía esencial para todos los organismos. Por lo tanto, el flujo de energía entre las plantas y su entorno se caracteriza principalmente por una transformación de la radiación del sol junto con sustancias sencillas, en formas moleculares más complejas que tienen la capacidad de almacenar la energía en forma química. Esta energía almacenada es utilizada por los organismos autótrofos para sus diversos procesos metabólicos internos como el crecimiento en biomasa y, a su vez, son el intermediario para la obtención de energía de los organismos heterótrofos que consumen estas formas moleculares complejas y las transforman en energía mecánica. Esta energía mecánica es utilizada para sus procesos fisiológicos y desprenden el resto en forma de calor (Campbell, y Reece; Curtis, 2005; Karp, 2005).

### 2.2.2. Fotosíntesis (Vía anabólica)

La propiedad más importante por la cual los vegetales se diferencian de los animales, es por la facultad que poseen de elaborar compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicas. Esto lo logran gracias a la capacidad de captar la energía radiante del sol para convertirla en energía química que se reserva en forma de carbohidratos. A este proceso se le conoce como Fotosíntesis.

Las reacciones químicas que se llevan a cabo en la fotosíntesis comprenden al carbono (C) como elemento fundamental para la obtención de las moléculas complejas ricas en energía. Las plantas toman el carbono del ambiente en forma de Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y lo fijan en el interior de las células vegetales. Con la ayuda de la energía solar y las moléculas de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), a partir del carbono las células producen compuestos orgánicos como la glucosa y fructosa. Además, desprenden oxígeno que es liberado a la atmósfera y utilizado por los organismos aerobios en su proceso de respiración celular (Figura 2.1)

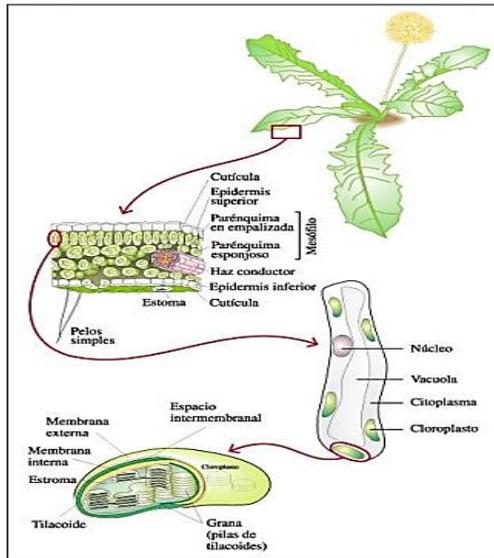


Figura 2 .1. Ecuación global de la fotosíntesis; Tomado de Karp, 2005

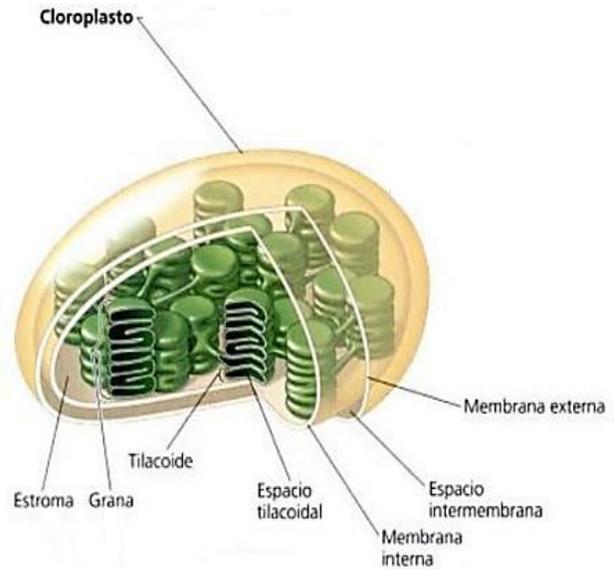
Los vegetales constituyen el grupo más abundante de organismos fotosintéticos sobre la tierra. En las plantas superiores la fotosíntesis tiene lugar en los tejidos fotosintéticos, presentes en su mayor parte en el mesófilo de las hojas. Estos tejidos están constituidos por los cloroplastos (Figuras 2.2), plastidos que se encuentran únicamente en las células eucariotas, que miden aproximadamente de 2-4  $\mu\text{m}$  por 4-7  $\mu\text{m}$ , y en condiciones normales su número varía de 20 a 40 por cada célula (Campbell, y Reece; Curtis, 2005; Karp, 2005).

Los cloroplastos están formados por una doble membrana que separa al cloroplasto del citoplasma celular y al mismo tiempo envuelve un material gelatinoso rico en enzimas llamado estroma. Es en este lugar donde ocurre la conversión del dióxido de carbono en carbohidratos.

Además, la membrana interna de los cloroplastos forma sacos cerrados y aplanados llamados tilacoides. Los tilacoides forman pilas denominadas granas, que están comunicados entre sí. En la membrana de los tilacoides se encuentra la clorofila que es un pigmento que ocasiona el color verde de las plantas y juega un papel importante al captar la energía luminosa para convertirla en energía potencial, la cual será utilizada para llevar a cabo la síntesis de moléculas complejas como la glucosa (Figura 2.3) (Campbell, y Reece; Curtis, 2005; Karp, 2005).



**Figura 2.2.** Los cloroplastos y su ubicación en las plantas. Tomado de Curtis (2005)



**Figura 2.3** Cloroplasto y su estructura. Tomado de Campbell y Reece (2005).

En el proceso de la fotosíntesis se distinguen dos fases; la fase luminosa o fotoquímica que se encarga de la absorción y transformación de la energía, y la fase oscura o el ciclo de Calvin, fase en la cual se convierten las sustancias sencillas en moléculas orgánicas (Figura, 2.4).

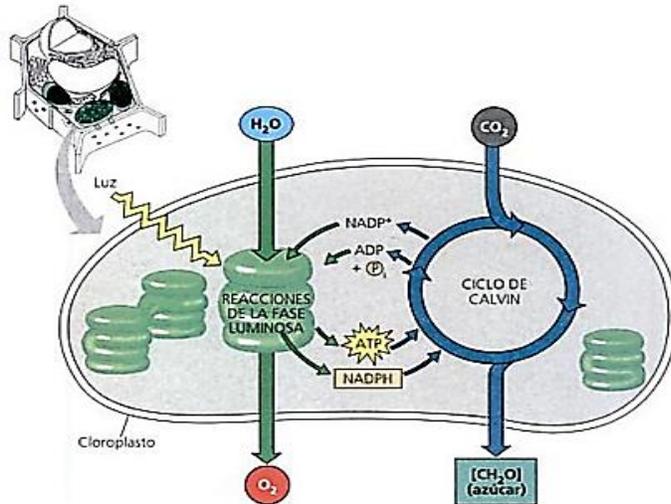


Figura 2.4. Panorama general de la fotosíntesis, relación de la fase luminosa con la fase oscura. Tomado de Campbell y Reece (2006).

### 2.2.3 Factores ambientales que influyen en el proceso de la fotosíntesis.

Los organismos autótrofos se ven influenciados por distintos factores ambientales que pueden favorecer o limitar el rendimiento de la fotosíntesis, esto como consecuencia de las diversas estructuras enzimáticas que participan en el proceso, las cuales dependen de condiciones ambientales como la temperatura, las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), los minerales y la intensidad de la luz. Estas condiciones participan de forma directa en el trabajo que realizan las enzimas dentro de cada organismo fotosintético (Azcón- Bieto y Talón, 2013).

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).** El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como principal sustrato del proceso de la fotosíntesis, se considera el compuesto esencial que determina la tasa fotosintética. Es decir, para que se pueda llevar a cabo la fijación de CO<sub>2</sub> en las plantas, es necesario que este mantenga una concentración deseable. Sin embargo, la absorción del CO<sub>2</sub> condiciona la pérdida de agua en la planta, esto debido a que la absorción del gas se lleva a cabo por la apertura de estomas y estos, cuando están abiertos, ocasionan pérdida de moléculas de vapor de agua, misma que puede derivar en estrés hídrico. Cuando esto ocurre las plantas cierran los estomas, lo que disminuye la absorción de CO<sub>2</sub>. En las plantas tipo C<sub>3</sub>, esta disminución de CO<sub>2</sub> estimula la fotorrespiración y en consecuencia una menor fijación de carbono que inducirá la pérdida de biomasa en las plantas (Azcón- Bieto y Talón, 2013).

- **Luz.** La luz representa una pieza clave para la producción de energía, además de que actúa como un factor regulador en el crecimiento y desarrollo fisiológico de las plantas. En ausencia de luz la fotosíntesis es prácticamente nula, sin embargo, dependiendo de la clase de vegetales y la cantidad de clorofila, la fotosíntesis se comienza a manifestar a intensidades lumínicas diferentes (Azcon-Bieto, 2013).
- **Temperatura.** Las plantas viven en una gran variedad de hábitats que presentan diferencias en cuanto a la temperatura. Por ejemplo, algunas plantas inician la fotosíntesis alrededor de los 0°C, sin embargo, podemos encontrar algunos árboles que la llevan a cabo a temperaturas bajo cero, así como plantas que resisten a más de 50°C, como los cactus. El factor temperatura tiene relación con la tasa de asimilación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), de tal manera que si el vegetal alcanza una temperatura óptima, la absorción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es máxima, contrario a cuando la temperatura es mínima, ya que esto provoca una asimilación nula de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Si la temperatura es bastante mayor a la óptima, la fotosíntesis se inhibe como consecuencia de la desnaturalización de las enzimas que participan en el proceso, así como de la activación de la fotorrespiración en plantas de tipo C<sub>3</sub>. La fotorrespiración es un proceso que ocurre en las plantas C<sub>3</sub> cuando se encuentran en estrés hídrico. Esta ocasiona el cierre de los estomas y por lo tanto una menor asimilación de CO<sub>2</sub>. Como consecuencia, hay mayor afinidad de la enzima Rubisco por el O<sub>2</sub>, al incrementar este gas en el entorno de la planta. Esto inhibe la fotosíntesis y por lo tanto ocasiona pérdida de biomasa (Azcon-Bieto, 2013).

#### 2.2.4 Respiración Celular (Vía catabólica)

Cuando un organismo heterótrofo consume los alimentos ricos en moléculas orgánicas deben de transformar estas moléculas complejas a formas de energía potencial almacenada (Adenin trifosfato, ATP). Esto lo hacen a partir de las vías catabólicas que le permitirán obtener la energía cinética necesaria para poder realizar los procesos vitales, como la síntesis de

proteínas, el movimiento ciliar, la contracción muscular y la sinapsis de las neuronas entre otras funciones más.

A su vez, los vegetales utilizan la vía catabólica en cuyo proceso se toman los compuestos orgánicos que se obtuvieron de la fotosíntesis y se oxidan para formar dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y energía que es almacenada en forma de ATP, misma que se utiliza para el mantenimiento de las hojas viejas, el crecimiento y la reproducción. Además de la síntesis de ATP, las plantas utilizan la respiración celular para obtener precursores de aminoácidos, ácidos grasos, glicerol y pigmentos (Azcon-Bieto, 2013).

En los vegetales la respiración celular comprende cuatro etapas: 1) degradación de almidón y sacarosa, 2) la glucólisis (división de azúcares), 3) el ciclo del ácido cítrico o ciclo de Krebs y 4) la fosforilación oxidativa. Por el contrario, la respiración celular de los organismos heterótrofos comúnmente se da en tres fases, las cuales son glucólisis, ciclo de Krebs y fosforilación oxidativa, cuando la obtención de energía se da de forma directa. Esto cambia únicamente cuando la energía se obtiene de las reservas de glucógeno o grasas, lo que suma un paso más al proceso.

## 2.2. 5 Factores ambientales que regulan la respiración celular de las plantas

Al igual que la fotosíntesis la respiración celular se llevará a cabo dependiendo de la disponibilidad de compuestos orgánicos, así como de la intervención de los factores tanto bióticos como abióticos que regulen tal proceso. Entre algunos factores que destacan en este punto están la concentración de  $\text{O}_2$  y la temperatura.

- **Temperatura.** Es un factor externo que influyen directamente en las tasas de respiración celular de una planta. Si la planta se encuentra en condiciones de temperatura diferente a la acostumbrada, el proceso de respiración celular cambia. Cuando la temperatura es igual o menor a  $0^\circ$ , la respiración disminuye debido a la pérdida de fluidez de las membranas; por el contrario, si la temperatura es más elevada a la acostumbrada, la respiración aumenta. Sin embargo, si la temperatura aumenta aún más, la planta activa el

cierre de los estomas y como consecuencia la reducción de concentración de oxígeno, lo cual provoca una mayor disminución de la respiración celular. En caso de que la temperatura rebase los 45°, el proceso de respiración celular se detiene debido a la desnaturalización de proteínas y disociación de las membranas mitocondriales (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

- **Oxígeno.** Es el gas esencial para que se lleve a cabo la respiración celular. Si la concentración de oxígeno aumenta, no se observa ningún cambio en la respiración celular, en cambio, si la concentración se ve limitada, la respiración se reduce o se llega a suspender. En este caso algunos vegetales utilizan la vía de la fermentación y algunos animales utilizan la vía del ácido láctico con la finalidad de obtener un poco de energía (Azcón- Bieto y Talón, 2013).

#### 2.2.6 Cambio climático

La interacción de los organismos con los factores abióticos es de vital importancia para su funcionamiento fisiológico, ya que sus procesos metabólicos dependen de las condiciones ambientales que existan en el planeta. Por consiguiente, una variación del ambiente que promueva cambios en las condiciones normales, promoverá que los organismos traten de aclimatarse a dicha variación modificando sus procesos fisiológicos.

En los últimos años se ha observado que el clima está cambiando como consecuencia de la influencia que ejerce el hombre sobre sus ecosistemas, como son la tala inmoderada para crear tierras agrícolas y el uso indiscriminado de combustibles fósiles y aerosoles que promueven el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, entre muchas otras actividades. Esto ha traído como consecuencia “un cambio Global” que se manifiesta en la degradación del medio ambiente, el calentamiento global y la pérdida de la biodiversidad (IPCC, 2014).

El cambio climático en particular, es definido por la Convención Marco de las Naciones Unidas como “el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima

observada durante períodos de tiempo comparables” (CMNUCC, 1992). Con respecto a esto, los estudios científicos recientes del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) indican que, como consecuencia del aumento de las concentraciones de dióxido de carbono y ozono en la atmosfera, el planeta alcanzará temperaturas muy elevadas provocando alteraciones meteorológicas (IPCC, 2014).

### *2.2. 6.1 Las plantas frente al cambio climático*

El clima es uno de los factores que determinan la distribución de las especies vegetales en el planeta, así como su reproducción y crecimiento. Por lo tanto, es de esperarse que el cambio climático afecte de forma directa a la fisiología de las plantas. Aparte de la temperatura, factores como la concentración de dióxido de carbono y de diversos nutrientes se encuentran alterados como consecuencia del cambio global (Yépez, 2011). Por este motivo, en los últimos años se han estudiado los efectos del cambio climático actual sobre los vegetales, ya sea para entender de qué manera pueden mitigar el cambio climático, o bien, para saber cómo responden los cultivos y favorecer la producción de alimentos (Deis et al., 2014; Jarma, Cardona y Araméndiz, 2012; Mata, 2015; Yépez, 2011).

**Respuesta de las plantas a cambios en la temperatura.** Generalmente, las plantas pueden aclimatarse a temperaturas que se elevan a 5° por encima de su tolerancia, esto como consecuencia de la inhibición de proteínas normales y la activación de síntesis de proteínas de choque térmico. Sin embargo, estos cambios son temporales ya que, si las temperaturas elevadas continúan, cesa el crecimiento y por ende la producción de biomasa a causa de la inhibición de la fotosíntesis y la respiración celular (Yépez, 2011).

**Respuesta de las plantas a altas concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).** En teoría, las altas concentraciones de CO<sub>2</sub> favorecen la fotosíntesis y disminuyen la respiración celular. Sin embargo, las altas concentraciones de este gas en la atmosfera crean también el efecto invernadero, mismo que incrementa la temperatura global y las pérdidas de agua en el suelo. Esto ocasiona, a su vez, estrés hídrico a las plantas, lo que provoca el cierre de los

estomas, la activación de la fotorrespiración (en plantas C3) y por ende una baja asimilación de CO<sub>2</sub> (Yépez, 2011; Jarma et. al, 2012).

**Respuesta de las plantas a las altas concentraciones de Ozono (O<sub>3</sub>).** El ozono es un gas natural que constituye el 90% de los gases que forman la capa de ozono que protege contra los rayos ultravioleta provenientes del sol en la estratosfera. Sin embargo, las altas emisiones antropogénicas de los gases precursores del ozono, tales como los compuestos orgánicos volátiles (COV), el monóxido de carbono (CO) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), han aumentado la concentración de este gas sobre la troposfera de la tierra.

Al ser un gas oxidante, el ozono repercute sobre la fisiología de los organismos. En los vegetales en particular, tiende a dañar las hojas, la reproducción y el crecimiento, ya que reduce la fotosíntesis y por tanto limita la producción de compuestos orgánicos ricos en energía. Específicamente, el carácter oxidante del ozono afecta a los fotosistemas, inhibe la acción de la Rubisco, disminuye la cantidad de clorofila e induce el cierre estomático, lo que repercute en una baja asimilación de dióxido de carbono. En cuanto a la respiración celular, esta se ve aumentada debido a la necesidad de la planta por obtener energía necesaria para sus procesos bioquímicos. Se puede decir que la planta tratará de aportar el dióxido de carbono necesario para la fotosíntesis, sin embargo, al tener problemas la enzima Rubisco, la fotosíntesis no puede llevarse a cabo normalmente (Garay, et al., 2012; Jarma, 2012).

## CAPITULO III.

### 3. MÉTODO

#### 3.1 Diseño de estudio

El siguiente proyecto se desarrolló con la finalidad de intervenir en el proceso de aprendizaje de los conceptos biológicos como son la Fotosíntesis y la Respiración celular, para ello se utilizó la estrategia de Aprendizaje Basado en problemas como método que favorece el aprendizaje significativo. Para relacionar los conceptos de fotosíntesis y respiración celular con un problema real, se utilizó el fenómeno del cambio global (climático) y su repercusión en los procesos metabólicos de las plantas.

#### 3.2 Población

El presente trabajo se realizó en la preparatoria “Cuauhtémoc” incorporada a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMNSH), ubicada en el municipio de Huandacareo de Michoacán de Ocampo, la cual cuenta con un universo de 110 estudiantes. El plantel es pequeño y consta de 8 aulas las cuales se dividen en 4 salones de clase, una biblioteca, aula audiovisual, salón de cómputo y laboratorio.

La población utilizada estuvo constituida por estudiantes del tercer semestre turno vespertino de la escuela preparatoria “Cuauhtémoc”. Se contó con una muestra de 39 estudiantes (16 mujeres y 23 hombres) los cuales fueron divididos en dos grupos al azar, el grupo experimental y el grupo control, que quedaron conformados por 20 y 19 estudiantes, respectivamente. Las edades oscilaban entre los 15 y 16 años de edad.

Cabe destacar que el grupo fue dividido con la autorización de la dirección de la institución, la cual permitió se modificara la estructura del grupo, únicamente para la materia de Ecología. De tal forma, que el grupo ya dividido contaba con 19 estudiantes de los cuales 9 son mujeres y 10 hombres que formaron el grupo control. Mientras que el grupo experimental se conformó por 20 estudiantes de los cuales 7 son mujeres y 13 son hombres.

De la muestra antes señalada se hizo uso del criterio de eliminación de estudiantes que dejaron inconcluso el proyecto o faltaron a alguna sesión de trabajo, de tal manera que al final la evaluación del proceso se realizó únicamente con 36 estudiantes de los cuales 18 estudiantes formaban cada uno de los grupos estudiados.

La estrategia fue aplicada al tema V; “Contaminación ambiental” del programa de Ecología (tercer semestre) del plan de estudios de la División Académica del Bachillerato Nicolaita de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). La materia de Ecología se encuentra dentro del área académica del plan de estudios de ciencias naturales, cuenta con una frecuencia semanal de 3 horas, más una hora destinada a las prácticas del laboratorio.

Los objetivos de estudio de la disciplina de Ecología planteados en el programa determinado por la UMSNH, pretende lograr la formación integral del estudiante, esto gracias a que retoma los conocimientos de otras ciencias, como Biología, Química y Física, y las relaciona con la materia de Ecología. Además, los temas abordados en el plan de estudios de la disciplina de Ecología, pretenden facilitar la aplicación de los conocimientos obtenidos a la vida cotidiana, además, de ayudar a entender su relación con el ambiente que los rodea. De tal manera que el estudiante conoce la estructura y función del medio ambiente y permite la reflexión acerca de las diversas alternativas que puede utilizar para la solución a la problemática de la contaminación ambiental (UMSNH, 2002).

### 3.3 Instrumentos de estudio

El diseño del instrumento para la evaluación se realizó a partir del objetivo planteado en este trabajo, el cual está dirigido a obtener información cuantitativa acerca del progreso que los estudiantes obtuvieron a partir de la aplicación de la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas (grupo experimental), así como de los estudiantes a los que no se les aplicó dicha estrategia (grupo control).

El instrumento constó de dos cuestionarios, el primer cuestionario de tipo test (Anexo 1) fue extraído del realizado por Domingos –Grillo y Mellado (2004), cuestionario que contaba con

siete preguntas que buscan conocer y evaluar los conceptos que los estudiantes poseen acerca de la respiración celular y fotosíntesis. Sin embargo, el cuestionario fue adaptado, ya que se consideró que las respuestas a las preguntas tendían a tener más de una opción correcta, situación que provocaría confusión en los estudiantes al momento de su aplicación. Así mismo, se agregó una pregunta que se considera complementaria para la evaluación de los conceptos previos y finales de los estudiantes. Por lo que, el cuestionario aplicado consistió de 8 preguntas cerradas de tipo test con cuatro opciones de las cuales solo una es la respuesta correcta.

El segundo cuestionario (Anexo 2), es un cuestionario de preguntas abiertas, que consta de 10 reactivos, de los cuales los primeros cinco fueron diseñados con la finalidad de obtener respuestas concisas acerca de los procesos metabólicos de la respiración celular y la fotosíntesis, y del reactivo seis al diez las preguntas dirigidas a obtener información acerca de las ideas previas, así como, de las nuevas concepciones que los estudiantes obtendrán acerca de la relación de los procesos metabólicos (Fotosíntesis y respiración celular) de las plantas ante los factores del cambio global después de aplicada la secuencia didáctica, que incluyó un problema del cambio global y su repercusión en la fotosíntesis y respiración celular de las plantas.

Ambos cuestionarios fueron sometidos a una validación sistematizada, que incluye la valoración por expertos en la disciplina, así como, la evaluación por parte de estudiantes que se encuentran cursando el tercer semestre de bachillerato, cuyas edades oscilan entre los 15 y 16 años. Los estudiantes que intervinieron en la validación se encuentran estudiando en la preparatoria Novel ubicada en el municipio de Morelia, cuyo programa académico está incorporado a la SEP específicamente a la Dirección General de Bachillerato (DGB).

En cuanto a la validación por parte de los estudiantes, se consideraron las opiniones que estos aportaban acerca de los cuestionarios evaluados. Se aplicó a una población de 38 estudiantes divididos en dos grupos de 19 estudiantes cada uno, que se encuentran cursando la materia de biología, por lo que los conceptos generales y palabras que fueron utilizados en cada reactivo no eran ajenos a sus conocimientos. En cuanto a la valoración de la redacción de los reactivos, los participantes comentaron que no había ningún problema.

Por lo que respecta al segundo cuestionario cabe señalar que la intención era comenzar con una lectura acerca de los cambios de las concentraciones de dióxido de carbono en la

atmósfera en las distintas eras geológicas y la participación de los organismos fotosintéticos en la regulación de este gas, seguido del cuestionario. No obstante, los estudiantes mostraron confusión al no encontrar respuestas a las preguntas, ya que la instrucción decía “lee el siguiente texto posteriormente contesta lo que se te pide”, por lo que su lógica consistió en comprender que a partir de la lectura tendrían respuestas, de forma que se mostró confusión al resolver los reactivos.

Por otra parte, los académicos que se encargaron de valorar los cuestionarios, de manera general, señalan que los cuestionarios tienen preguntas bien planteadas y con respuestas univocas, lo que permite que la evaluación de los conocimientos sea pertinente. Así mismo, se sugirió se añadiera un reactivo en el cuestionario adaptado de Domingos- Grillo y Mellado (2004) (Anexo 1) que hablara acerca de “el lugar en donde las células eucariotas llevan a cabo la fotosíntesis”. Los académicos también comentaron que la lectura causaba confusión al no responder las preguntas establecidas en el segundo cuestionario. Finalmente, se determinó eliminar de los instrumentos de evaluación la lectura, a consecuencia de las observaciones de los expertos en la disciplina, así como de lo visto al momento de su aplicación con el grupo de estudiantes anteriormente señalados.

### 3.4 Procedimiento

La secuencia didáctica que se presenta a continuación incluye una serie de sesiones en las que se trabajó la comprensión de conceptos y la aplicación del método de enseñanza apoyado por el Aprendizaje Basado en Problemas, con la finalidad de permitir la adquisición de habilidades del pensamiento científico y reflexión, además, de que apoyó el cumplimiento de los objetivos que se desarrollan a continuación.

#### *3.4.1 Objetivos de aprendizaje de la secuencia didáctica*

1. El estudiante identifica las vías metabólicas de la Fotosíntesis y Respiración celular y su importancia en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

2. Reconoce los factores abióticos (la luz, temperatura concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>) del ambiente, que participan de manera directa o indirectamente en la Fotosíntesis y Respiración celular de las plantas.
3. Diseña experimentos sencillos para comprobar las diferentes hipótesis acerca de la Fotosíntesis y Respiración Celular y su relación con los factores ambientales.
4. Reflexiona acerca de los daños que provocan la excesiva producción de gases de efecto invernadero que ocasionan el cambio global y relaciona la repercusión de estos en la Fotosíntesis y Respiración Celular en las plantas.
5. Interpreta la relación existente entre los cambios de temperatura, así como las emisiones de gases como CO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en el ambiente, y los procesos metabólicos de la Fotosíntesis y Respiración Celular en las plantas.
6. Reconoce las aportaciones del quehacer científico para el diagnóstico y resolución de problemas.

Para lograr estos objetivos anteriormente expuestos, los estudiantes trabajaron de manera colaborativa, se distribuyeron en equipos heterogéneos que fueron elegidos al azar por la profesora, de forma que el trabajo en equipo favoreciera el aprendizaje de los estudiantes. En el transcurso de la secuencia didáctica se fomentó la investigación de documentos de categoría científica (artículos de revistas científicas), con la finalidad de potenciar en el estudiante la comprensión lectora, y por ende la aplicación de los conocimientos obtenidos para la resolución del problema propuesto. Cabe destacar que la investigación fue previamente estructurada y guiada por la profesora, por lo tanto, se llevó un control continuo de lo que los estudiantes hacían cada día con el fin de resolver las dudas que estos se generaban durante el desarrollo de la secuencia didáctica.

Mientras tanto, al grupo control se le aplicó una secuencia didáctica distinta que no contiene la estrategia de ABP, en donde la profesora se apoyó de una enseñanza expositiva que pretendía que el estudiante adquiriera los conocimientos necesarios acerca de la fotosíntesis y la Respiración Celular de las plantas, así como los factores que benefician o alteran su función y producción de biomasa, además se hizo uso de actividades audiovisuales para relacionar las consecuencias del efecto del cambio global en el metabolismo de las plantas.

La secuencia didáctica propuesta se desarrolló en 6 sesiones con duración total de 12 horas. En los siguientes apartados se describen cada una de las actividades propuestas y su relación con los objetivos de aprendizaje por cumplir (Tabla 3.1 y Tabla 3.3).

Tabla 3.1 Secuencia didáctica propuesta (ABP): fotosíntesis y respiración celular de los vegetales ante el cambio climático.

#### SESIÓN 1. Conocimientos previos acerca de los conceptos de Fotosíntesis y Respiración celular

##### Actividad 1. Ideas previas (15 min)

Los estudiantes responderán dos cuestionarios, el primero es de tipo Test, el cual fue extraído de Domingos – Grillo (2004) (Anexo1) y el segundo cuestionario de preguntas abiertas acerca de la Fotosíntesis y Respiración celular ante el cambio climático (Anexo 2).

##### Actividad 2. Focal introductoria, “el experimento de Priestley (30 minutos).

En esta actividad se presenta como medio focal el experimento que realizó el investigador inglés Joseph Priestley, experimento que sirvió para demostrar la fotosíntesis. Este investigador concluyó que “las plantas producen un nuevo gas deflogistado, el  $O_2$ , que es capaz de renovar el aire viciado por la combustión de una vela” (Figura 3.1).



Figura 3.1 experimento de Priestley.

##### 2.1 Activación de ideas previas.

A partir del elemento focal introductorio, los estudiantes en equipos analizan y formulan una hipótesis acerca del fenómeno que ocurre en el experimento mostrado, el profesor guiará con preguntas clave (Anexo 3) que les permitirá a los estudiantes llegar a una conclusión acerca de lo que está sucediendo en dicho experimento. Al mismo tiempo, los estudiantes realizarán un mapa mental, donde coloquen cada una de las respuestas de las preguntas clave de tal manera que les permita vislumbrar un panorama general acerca de los conceptos a utilizar.

##### 2.2 Sesión plenaria (15 min).

Al terminar el mapa mental, los estudiantes en equipos expondrán su trabajo en equipo de tal forma que se pueda comparar las distintas ideas que los estudiantes poseen acerca de los conceptos, al mismo tiempo se dará el tiempo para esclarecer aquellos conceptos que se encuentren mal formulados y el estudiante comprenda el sentido de cada error o acierto en su trabajo.

**SESIÓN 2. Planteamiento del problema. El cambio Global ¿Cómo afecta el cambio global, a los procesos de Fotosíntesis y Respiración Celular de las plantas? (120 minutos)**

Actividad 1. Documental. Se presentará los primeros 20 minutos del documental llamado “Cambio Climático”. Seis grados que pueden cambiar el mundo Documental National Geographic (resumen)

<https://www.youtube.com/watch?v=0MYtfM08Zi0&t=63s> (8 min 19 seg).

Actividad 2. Socialización por equipos de la información proveniente del video (35 min).

Los estudiantes en equipos identificaran y sintetizaran las ideas e información proveniente del video. Para lograr esto, los estudiantes deberán de hacer uso de organizadores de información que les permita sintetizar las ideas principales del video, como son causas del cambio climático, factores ambientales que se afectan ante el cambio climático, efecto invernadero y sus consecuencias en la biodiversidad del planeta.

Socialización del video, los estudiantes hablaran acerca del efecto del cambio climático y sus repercusiones ante el grupo, de tal manera que se obtenga una conclusión general y permita la generación de dudas y la respuesta y el análisis de la misma.

Actividad 3. Planteamiento del problema. ¿Cómo experimentan las plantas el impacto del cambio climático? (30 min).

Se presenta lectura (Anexo 4) acerca de la relación de los organismos autótrofos ante el cambio climático.

Los estudiantes en equipos previamente organizados, analizan la información y tratan de dar respuesta a la pregunta planteada en la lectura, después de dar respuesta el profesor les asignará un planteamiento de problema con base a un factor ambiental en específico. Los cuáles serán la base de su investigación, estos son;

1. Relación de la fotosíntesis con el incremento en la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
2. Relación de la fotosíntesis con el incremento de Temperatura.
3. Relación de la Fotosíntesis con el incremento en la concentración de ozono (O<sub>3</sub>).
4. Relación de la Respiración celular en plantas con el incremento de la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
5. Relación de la Respiración celular en plantas con el incremento de la Temperatura.
6. Relación de la Respiración celular en plantas con el incremento de la concentración de ozono (O<sub>3</sub>).

#### Actividad 4. ¿Qué conocemos y que desconocemos del tema? (30 minutos)

Los equipos al tener el planteamiento del problema, deberán desarrollar la estrategia integradora de conceptos, llamada cuadros C-Q-A (Díaz-Barriga y Hernández, 2010), actividad que permitirá organizar, reflexionar y comprender la actividad didáctica al estudiante. Los equipos realizarán un cuadro de tres columnas, a la primera columna la denominarán “lo que ya se conoce (C)”, en la segunda columna, “lo que se quiere conocer o aprender (Q)” y en la tercera columna se le asignará el nombre de “lo que se ha aprendido (A)”. En esta actividad el docente debe de orientar con los conceptos y principios que se deben de estudiar para resolver el problema.

Al finalizar la actividad los equipos deben de estructurar sus objetivos (lo que se quiere conocer) de tal forma que se organice una búsqueda documental entre todos los integrantes del equipo con la finalidad de que la siguiente sesión se obtengan los objetivos e hipótesis para su investigación. En esta etapa, el profesor realiza los ajustes pertinentes de los contenidos a desarrollar en las fases siguientes.

En esta parte se explican al estudiante los objetivos del trabajo y las condiciones para su realización.

Trabajo extra clase: El equipo se organizará y distribuirá los temas necesarios de lo que se pretenden conocer, de tal forma, que cada miembro del equipo va analizar, investigar y concluir acerca del tema que le toco investigar. Esto posibilitará que, en la siguiente sesión, se pueda hacer el planteamiento de una hipótesis, para su investigación.

#### SESIÓN 3. Socialización de las conclusiones obtenidas por la investigación de los diferentes medios de información. (60 minutos)

Los estudiantes en equipos, en esta sesión tendrán la posibilidad de profundizar acerca de los temas que deben de conocer. Para que esto suceda cada miembro del equipo informará acerca de las conclusiones que obtuvo de los documentos que le toco investigar, de forma que puedan integrarse cada una de las conclusiones que otorgue cada miembro del equipo.

En este punto el profesor funge como asesor y guía en cuanto a las dudas que puedan surgir en esta didáctica. Además, intervendrá de forma pertinente para corregir los errores conceptuales que presenten los estudiantes. La finalidad, que el equipo logre hacer el planteamiento de sus objetivos y la formulación de la hipótesis.

#### SESIÓN 4. ¡Descubriendo para aprender! Factores ambientales en la Fotosíntesis y Respiración celular. (120 minutos).

En esta actividad los jóvenes realizarán una práctica de laboratorio, “Fotosíntesis y Respiración celular” (anexo 5).

Los jóvenes, previa lectura de la práctica asistirán al laboratorio, y según sus observaciones darán respuestas a las preguntas establecidas en la práctica (anexo 4), además reportarán sus observaciones y reflexionarán de qué manera pueden enlazar estas mismas en el problema que tienen por resolver.

#### SESIÓN 5. Revisión del proceso de investigación. (60 minutos).

##### Actividad 1. Revisión de conclusiones, obtenidas por la investigación. (30 min)

Los estudiantes por equipo entregarán un reporte de los resultados y conclusiones que han obtenido a lo largo de las sesiones de la didáctica establecida. Al mismo tiempo se realizará una plenaria donde participan el equipo junto con el profesor de tal manera que el profesor pueda valorar a cada uno de los miembros e identificar las deficiencias y actitudes que presenta cada integrante.

##### Actividad 2. Esbozo de cartel. (30 minutos)

El equipo realizará un esbozo del cartel que presentarán al final de las actividades, el profesor en esta etapa presentará los elementos que debe de llevar el cartel, así mismo revisará y guiará a los equipos en la realización del esbozo de su cartel.

Trabajo extra clase: Los estudiantes realizarán el cartel del tamaño cuyas dimensiones serán específicas para cada uno al igual que el orden de distribución de la información según Guardiola (2010).

#### SESIÓN 6. Foro/Coloquio (120 minutos).

##### Actividad 1. Exposición de cartel/Foro. (60 minutos)

En esta sesión que cerrará la didáctica en el tema de Fotosíntesis y Respiración Celular, se hará la presentación por parte de los estudiantes que conforman cada equipo, mediante la exposición de un cartel donde expresarán sus resultados y conclusiones a las que van a llegar. Seguido por preguntas, comentarios y recomendaciones de los espectadores presentes.

##### Actividad 2. Mesa redonda (60 minutos)

En esta actividad todos los equipos que serán expertos en el tema que investigarán, sostienen sus puntos de vista acerca del tema. Con la finalidad de obtener información especializada y actualizada sobre cada tópico, esta estrategia ayudará a confrontar los diversos puntos de vista que se desarrollen durante la actividad.

El fin, obtener una conclusión general acerca del problema y reconocer las aportaciones de sus compañeros para la misma.

Las mesas redondas siempre son dirigidas por un moderador, en este caso el profesor fungirá como tal, de manera que tendrá la batuta para iniciar la discusión anunciando el tema y el objetivo al que se pretende llegar, mantendrá animada la discusión, evitará que los participantes se salgan del tema, realizará un resumen de la discusión y motivará a la obtención de una conclusión final.

La mesa redonda tendrá una duración máxima de 30 minutos.

El moderador iniciará con una pregunta dirigida a cada uno de los participantes y su respuesta no durará más de 2 minutos. Los comentarios que realicen los miembros de otros equipos tendrán 1 minuto para dar su opinión o en su debido caso alguna pregunta que en ese momento sea expuesta por parte de los equipos.

Se pedirá a cada equipo que elijan a un miembro del equipo para que funja como secretario, y escriba una relatoría de lo sucedido en la discusión de la mesa redonda.

#### Conclusiones

Las conclusiones serán realizadas por cada equipo y se pedirá sea expuesta para partir de una sola y llegar a una conclusión general.

Actividad 3. Evaluación de los conocimientos obtenidos a partir de la secuencia didáctica. (30 minutos).

Los estudiantes responderán los dos cuestionarios (Anexo 1 y Anexo 2), que respondieron al inicio de la secuencia didáctica, con la finalidad de analizar el progreso obtenido a partir de la aplicación y participación en el proceso de aprendizaje.

Tabla 3.2. Resumen por sesiones de secuencia didáctica (ABP) dirigida al grupo experimental

Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 6
Evaluación de los conocimientos previos.	Reproducción de video; “Calentamiento global”	Investigación bibliográfica y síntesis	Realización de práctica de laboratorio.	Revisión del proceso de investigación	Coloquio
Actividad, focal introductoria	Socialización del video	Socialización de conclusiones entre los integrantes de cada equipo.	Comprobación de resultados y conclusiones.		Presentación del cartel.
Presentación de ideas previas	Planteamiento del problema	Resolución de dudas.		Realizar esbozo de cartel.	Mesa redonda

	Integración de conceptos (C-Q-A).				Evaluación de la unidad didáctica.
--	---	--	--	--	--

Con la finalidad de que ambos grupos trabajaran a partir de los mismos objetivos de aprendizaje planteados anteriormente, se realizó y aplicó al grupo control una secuencia didáctica que permitió establecer las actividades que los estudiantes del grupo desarrollaron durante el desarrollo del proyecto. De esta manera, se visualizaron los alcances que permitieron a los estudiantes obtener los mismos conceptos que el grupo experimental. La secuencia didáctica propuesta para el grupo control se desarrolló en seis sesiones con un aproximado de 10 a 12 (Ver tabla 3.4).

Tabla 3.3 Secuencia didáctica: fotosíntesis y respiración celular de los vegetales ante el cambio global.  
Aplicada al grupo control.

#### SESION 1. Activar y hacer uso de los conocimientos previos acerca de la Respiración celular y Fotosíntesis

##### Actividad 1. Ideas previas (15 min)

Los estudiantes responderán dos cuestionarios, el primero es de tipo Test, el cual fue extraído de Domingos – Grillo (2004) (Anexo1) y el segundo cuestionario de preguntas abiertas acerca de la Fotosíntesis y Respiración celular ante el cambio climático (Anexo 2).

Ambos cuestionarios serán aplicados al inicio y al finalizar la secuencia didáctica propuesta.

##### Actividad 2. Lluvia de ideas (15 min)

Se organizará una lluvia de ideas acerca de los conocimientos previos que se tienen de los conceptos de respiración celular y fotosíntesis.

- ¿Qué es metabolismo?
- ¿Qué es fotosíntesis?
- Sustancias químicas que participan en la fotosíntesis.
- ¿Qué es respiración celular?
- Sustancias químicas que participan en la respiración celular.
- Relación que existe entre ambas vías.
- Factores abióticos, ¿qué son?, ¿Cómo intervienen en los procesos metabólicos antes mencionados?
- De qué manera actúa el flujo de energía en ambos procesos metabólicos (Respiración celular y Fotosíntesis)

Terminando la sesión de lluvia de ideas los jóvenes en equipos de 4 personas, realizarán un esquema (dibujo) que represente la relación entre ambas vías metabólicas. (15 minutos)

Enseguida expondrán sus ideas al grupo, de forma que los demás contribuyan a complementar dicho esquema.

#### SESIÓN 2. Respiración celular (120 minutos)

##### Actividad 1. Exposición por parte del profesor acerca del tema de Respiración celular. (60 minutos)

Por medio del uso del proyector el profesor explicará en que consiste la Respiración celular y sus fases. Se apoyará de videos que le aporten la parte visual que equilibre la información dada. Respiración celular video; [https://www.youtube.com/watch?v=Hx3b2\\_uggqU](https://www.youtube.com/watch?v=Hx3b2_uggqU) (6 min)

El estudiante actuará como receptor de la información, expondrá sus dudas acerca del tema y estas serán abordadas con todo el grupo de tal forma que se establezca un consenso para obtener la respuesta correcta.

##### Actividad 2. Realización de una maqueta.

Actividad extra clase; Los jóvenes en equipos de 4 personas se organizarán para la realización de una maqueta. La cual usarán para explicar los pasos de cada una de las fases de la Respiración celular.

A cada equipo se le otorgará una de las tres fases de la Respiración celular aerobia y a otro se le entregará la vía anaerobia.

Equipo 1; Glucolisis

Equipo 2; Ciclo de Krebs

Equipo 3, Fosforilación oxidativa

Equipo 4; Respiración anaerobia (Fermentación)

Equipo 5; Respiración anaerobia (ácido láctico)

Actividad 3. Socialización de las maquetas realizadas por cada equipo. (60 min)

Los estudiantes expondrán los puntos relevantes que presenta su maqueta, con la principal finalidad de sintetizar los datos que ofrece cada tema. En caso de que no se termine con la socialización de cada maqueta, será indispensable ocupar minutos de la siguiente sesión, esto con la tarea de finalizar con el tema de Respiración celular.

### SESIÓN 3. Fotosíntesis (120 min)

Actividad 1. Exposición por parte del profesor acerca del tema de fotosíntesis.

De forma exponencial el profesor ofrecerá la clase del proceso anabólico de la fotosíntesis, enfatizará ambas vías, y explicará el proceso de cada una.

Se ayudará de un video que permita la visualización de ambas vías.

Fase luminosa <https://www.youtube.com/watch?v=BQDHk4jax7E&t=4s> (14 min 26 seg).

Fase oscura: <https://www.youtube.com/watch?v=GlqJCOcHO7M> (10 min 8 seg).

Rol del estudiante; Actuará como receptor de la información, y participará en cada una de las preguntas que el profesor exprese.

Actividad extra clase (1 hora). Los estudiantes en equipos de 3 personas realizarán una investigación bibliográfica, que complemente el tema acerca de la fotosíntesis y sus distintas fases, así como, los factores abióticos que intervienen en la fotosíntesis.

### SESIÓN 4. ¡Descubriendo para aprender! Factores ambientales en la Fotosíntesis. (120 minutos).

Actividad extra clase; En esta actividad los jóvenes irán al laboratorio y realizarán la práctica de laboratorio, “Fotosíntesis y la relación de los factores abióticos del medio ambiente”.

Para la realización de esta sesión los jóvenes ya han investigado acerca de los factores abióticos que favorecen la fotosíntesis, por lo que llegarán con un experimento (que puede haber realizado desde su casa) que explicará el proceso de fotosíntesis, los factores que intervienen, así como, los productos que se obtienen.

Cada quipo expondrá su experimento y dará una explicación del proceso que está sucediendo. Los otros equipos tendrán 5 minutos para realizar preguntas y comentarios acerca de la exposición de sus compañeros.

Cierre; todos los equipos realizaran sus conclusiones acerca de los experimentos que realizaron cada uno de los equipos, esto con la finalidad de que al final de la clase se realice una conclusión general de todos los conceptos.

#### SESIÓN 5 Contaminación ambiental y calentamiento global. (60 minutos).

Actividad 1. Lluvia de ideas.

¿Qué es la contaminación?

Tipos de contaminación ambiental

¿Qué es el calentamiento global?

Factores que causan el calentamiento global.

Actividad 2. Presentación del tema

El profesor expondrá el tema de calentamiento global mediante un video informativo acerca de la contaminación ambiental y sus consecuencias.

<https://www.youtube.com/watch?v=IHQ-vLLPo4g> (7 min 3 seg)

Con este video los estudiantes observaran los factores que causan el calentamiento global y sus consecuencias. Contestarán las preguntas realizadas en la lluvia de ideas, con la finalidad de corregir las ideas previas que los jóvenes poseen.

Tarea extra clase: En equipos, los estudiantes realizaran un trabajo acerca del calentamiento global y sus repercusiones en los vegetales y sus procesos metabólicos (fotosíntesis y respiración celular).

#### SESIÓN 6. Calentamiento global y sus consecuencias sobre el metabolismo celular (fotosíntesis y respiración celular). (120 min)

Actividad 1. (90 min)

En esta sesión el profesor con ayuda de las investigaciones realizadas por los estudiantes expondrá el tema de la relación del cambio global ante la fotosíntesis y respiración celular de los vegetales.

En su exposición hablaran de calentamiento global, causas y consecuencias. Factores abióticos que se modifican con el calentamiento global y la relación de estos con la fotosíntesis y respiración celular de las plantas (consecuencias).

Conclusiones

Las conclusiones serán realizadas por equipos y se pedirá sea expuesta para partir de una sola y llegar a una conclusión general.

Rol de profesor; será observador y espectador, su participación se dará para guiar y evaluar la exposición de los jóvenes. Corregirá en su momento aquellos conceptos que estén mal fundamentados. Y en su debido caso intervendrá para aportar algún comentario que se haya omitido en las aportaciones de cada equipo.

Cierre; Conclusión presentada por el profesor a partir de las presentaciones de los estudiantes.

Actividad 3. Evaluación de los conocimientos obtenidos a partir de la secuencia didáctica. (30 minutos).

Los estudiantes responderán los dos cuestionarios (Anexo 1 y Anexo 2), que respondieron al inicio de la secuencia didáctica, con la finalidad de analizar el progreso obtenido a partir de la aplicación y participación en el proceso de aprendizaje.

Tabla: 3.4 Resumen de secuencia didáctica dirigida al grupo control.

Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 6
Evaluación de las ideas previas	Presentación clase exponencial “Respiración celular”	Presentación clase “Fotosíntesis”	Presentación de experimentos, “factores abióticos sobre la fotosíntesis”	Presentación clase “cambio Global”	Presentación clase “cambio global y sus repercusiones sobre la fotosíntesis y respiración celular”
Lluvia de ideas	Realización de maquetas.		Socialización y conclusiones.	Visualización de video	
Representación de lluvia de ideas	Presentación y socialización de maquetas.			Síntesis de ideas principales.	Socialización de conclusiones.
Conclusiones				Socialización	Evaluación de la unidad didáctica.

### 3.5 Análisis de datos

Para un análisis objetivo de la eficiencia que tuvo la aplicación de la estrategia de Aprendizaje basado en problemas, se contrastaron los resultados que obtuvieron los estudiantes que conformaban tanto el grupo control como el grupo de intervención (experimental), Ambos grupos fueron sometidos a la misma evaluación, que incluyó un cuestionario diagnóstico y un cuestionario final (Anexo 1 y Anexo 2), el cual se aplicó después de la intervención de la estrategia de aprendizaje.

Ambos cuestionarios sumaban en total 18 reactivos, donde cada uno tiene un valor de un punto si la respuesta era correcta, un valor de 0.5 si lo estudiantes tenían ideas de la respuesta correcta y un valor de 0 cuando la respuesta era incorrecta, de tal manera que la suma de aciertos era igual a 18 y se calculó el promedio por estudiante en una escala de 0 a 10. De la misma forma, se midió el progreso del estudiante, el cual se obtuvo a partir de la diferencia del número de aciertos del cuestionario post aplicación menos el número de aciertos del cuestionario diagnóstico.

Para el análisis de los resultados que se obtuvieron tanto del grupo control como del grupo de intervención, se utilizó estadística descriptiva, misma que permite analizar y representar los datos de forma sintetizada y representativa, de tal manera que posibilitó la visualización de los cambios que surgieron a partir de la intervención de la secuencia didáctica. Para la representación gráfica se tomó en cuenta la media de las evaluaciones de cada grupo.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS

Para el análisis de los resultados tanto del grupo control como del grupo experimental se tomaron en cuenta las calificaciones de los cuestionarios aplicados antes y después de la intervención.

#### 4.1 Análisis de ideas previas

Como se describió anteriormente, el cuestionario constó de 18 preguntas que contemplan habilidades conceptuales y procedimentales y que miden tanto las ideas previas como las ideas obtenidas a partir de la aplicación de las secuencias didácticas al grupo control y experimental.

Con respecto a los resultados del cuestionario previo que fue aplicado a los estudiantes de ambos grupos, la prueba de ANOVA con la que se compararon las medias, mostró que no existieron diferencias significativas entre los mismos ( $F(1,34) = 0.233$ ;  $P = 0.633$ ) ya que, en una escala del 0 al 10, el grupo control presentó un promedio de 2.56 y el grupo experimental presentó un promedio de 2.42. De este modo, consideramos que los grupos al inicio del proyecto se encontraban en el mismo nivel en cuanto a los conocimientos previos que tenían acerca de los conceptos de fotosíntesis, respiración celular y el efecto del cambio global sobre estos procesos metabólicos en los vegetales (Figura 4.1).

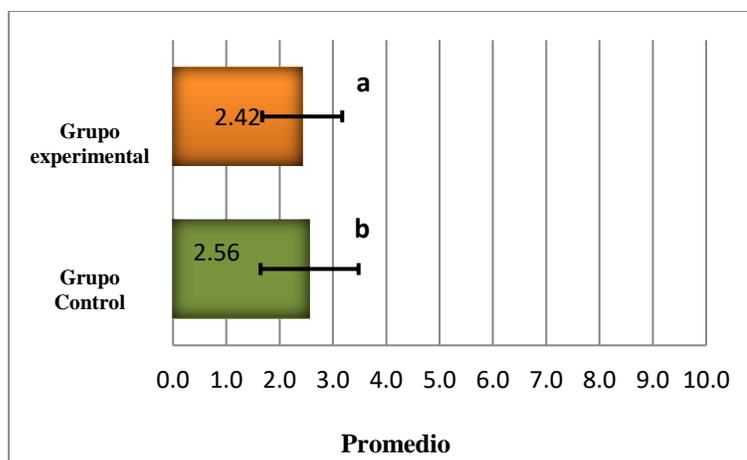


Figura 4.1. Comparación de promedios en el cuestionario diagnóstico entre el grupo control (b) y grupo experimental (a). No existen diferencias significativas.

En cuanto a las ideas previas que presentaron los estudiantes al momento de realizar el cuestionario diagnóstico, se encontró que los estudiantes muestran ideas conceptuales acerca de la fotosíntesis y respiración celular variadas, ya que aproximadamente el 50% de los estudiantes acertó en las respuestas correspondientes. Sin embargo, con respecto a las preguntas procedimentales en las que se relaciona el cambio climático frente a la respiración celular y fotosíntesis, los jóvenes mostraron problemas para responder las preguntas y no presentaron ideas previas.

Entre las ideas previas en las que los estudiantes presentaron más áreas de oportunidad, se encontró la referente al lugar específico donde las células eucariotas y procariotas llevan a cabo la respiración celular y la fotosíntesis. Los jóvenes tanto del grupo experimental como del grupo control que respondieron la pregunta, coinciden acerca de que la mitocondria es el lugar en donde se realiza la respiración celular; tal idea está tan arraigada que consideran que tanto las células eucariotas y procariotas poseen estos organelos. No obstante, la mayoría de los estudiantes no contestaron (NC) a la pregunta (Figura 4.2 y 4.3).



Figura 4.2. Ideas previas del grupo experimental acerca del lugar en el que se lleva a cabo la fosforilación oxidativa en los organismos fotosintéticos.

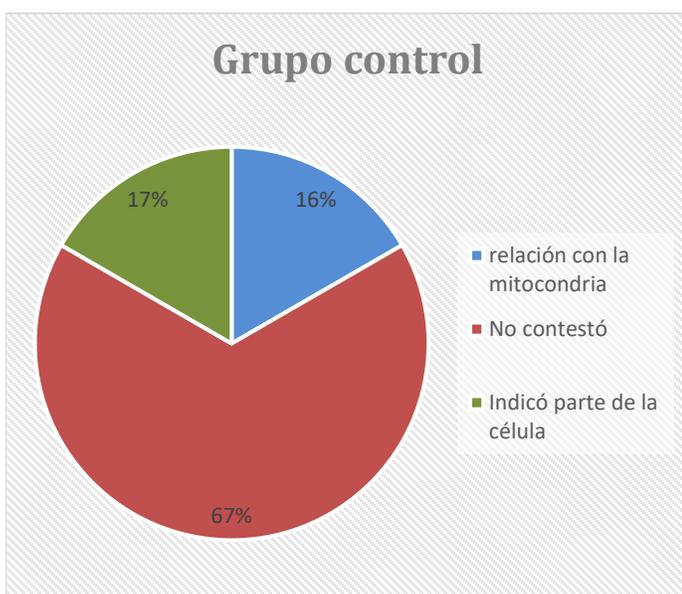


Figura 4.3. Ideas previas del grupo control acerca del lugar en el que se lleva a cabo la fosforilación oxidativa en los organismos fotosintéticos.

También se observa que, al hablar de acerca del producto final de la respiración celular, los grupos muestran ideas generales, sin embargo, más del 50% de la población estudiada presentó confusión entre los productos y los insumos que utilizan los organismos para llevar a cabo la respiración aerobia(Figura 4.4).

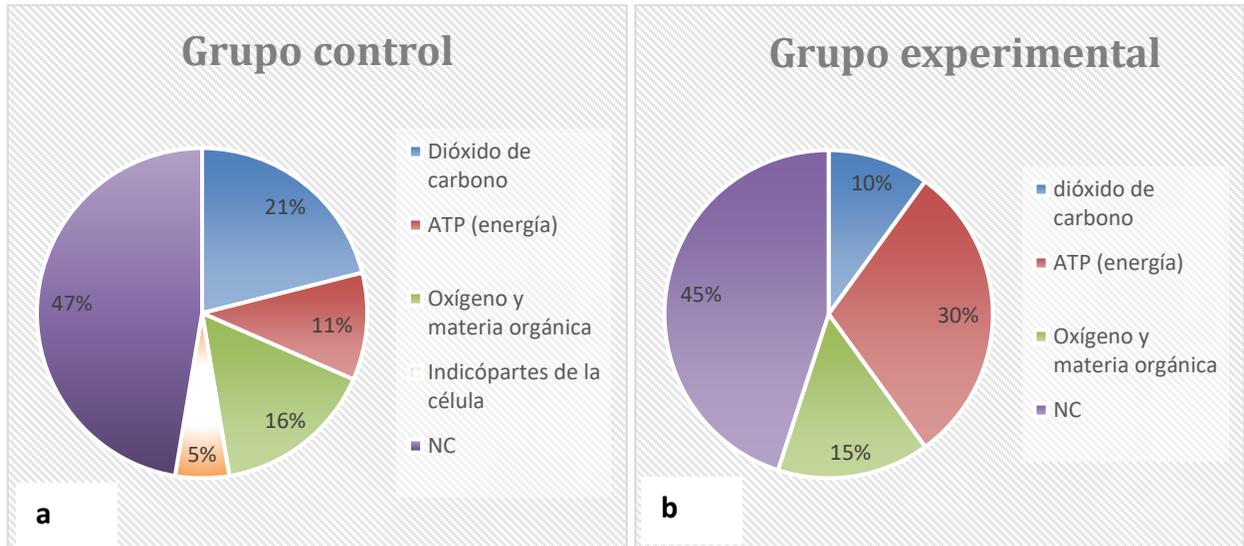


Figura 4.4 Ideas previas de los estudiantes del grupo control (a) y experimental (b) a la pregunta ¿Cuál es el producto final de la respiración celular en organismos aerobios?

Así mismo, consideran que las plantas no llevan a cabo el proceso de la respiración celular ya que lo identifican como un proceso único de organismos que poseen un sistema respiratorio para llevarla a cabo, y por ende consideran que las plantas no poseen los organelos que participan en este proceso. Estas ideas fueron extraídas de las respuestas al cuestionario diagnóstico así como de las ideas que muchos jóvenes expusieron en las primeras sesiones de las secuencias didácticas.

Por otra parte, al analizar las respuestas que los estudiantes ofrecieron acerca de la relación del cambio climático frente a la fotosíntesis y respiración celular, se observa que ambos grupos consideran que los efectos del cambio climático serán negativos para lo vegetales, señalan que la fotosíntesis es el proceso metabólico más perjudicado ante el cambio climático y no mencionan a la respiración celular como un proceso metabólico que pudiera verse afectado (Figura 4.5).

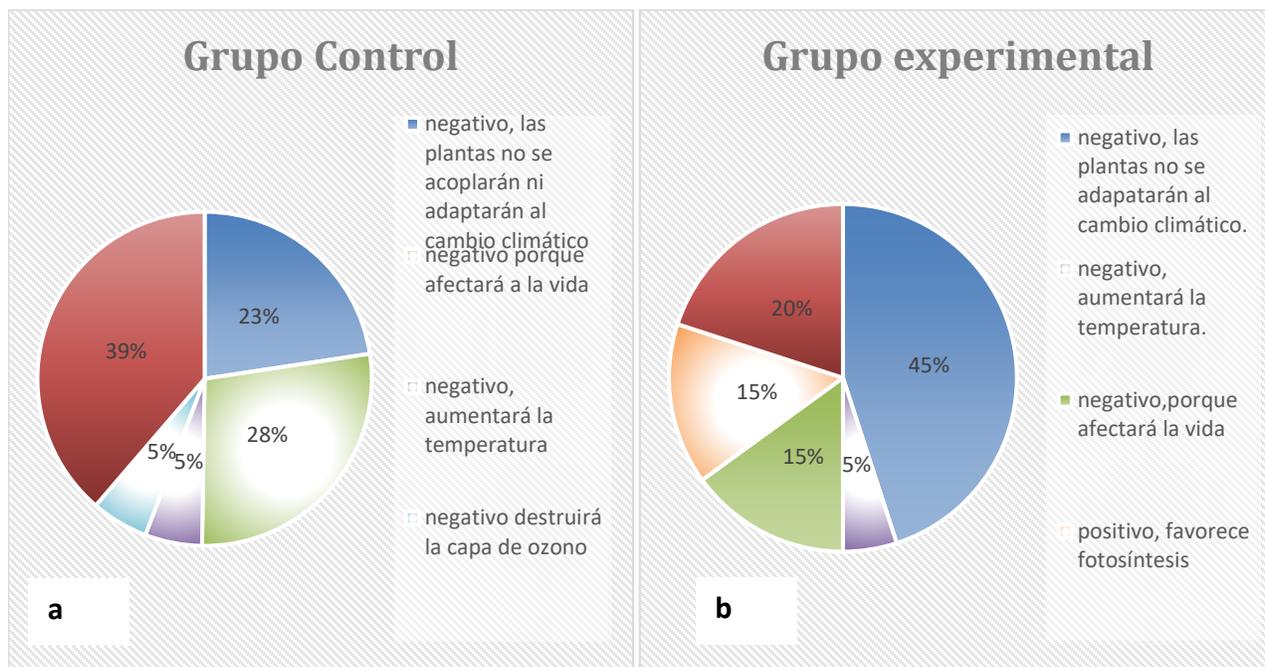


Figura 4.5 Ideas previas del grupo control (a) y experimental (b) a la pregunta, ¿Cuál consideras que sea el efecto del cambio climático en la vegetación nivel global? ¿será positivo o negativo? ¿por qué?

Entre las respuestas más representativas en el grupo experimental, se encuentra en la respuesta acerca del efecto del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) sobre la fotosíntesis; los estudiantes señalan que al aumentar este gas los vegetales tendrán más moléculas para llevar a cabo la producción de oxígeno y por lo tanto saldrá beneficiada la fotosíntesis (Figura 4.6). En cuanto a la pregunta del efecto del ozono sobre la fotosíntesis y respiración celular, aproximadamente el 50% de ambos grupos respondieron que a la fotosíntesis no le pasará nada, y solo el 20% habló acerca de una inhibición sobre el proceso. Con respecto a la respiración celular, indicaron que esta se verá afectada ya que requiere de oxígeno y la planta morirá (Figura 4.7).

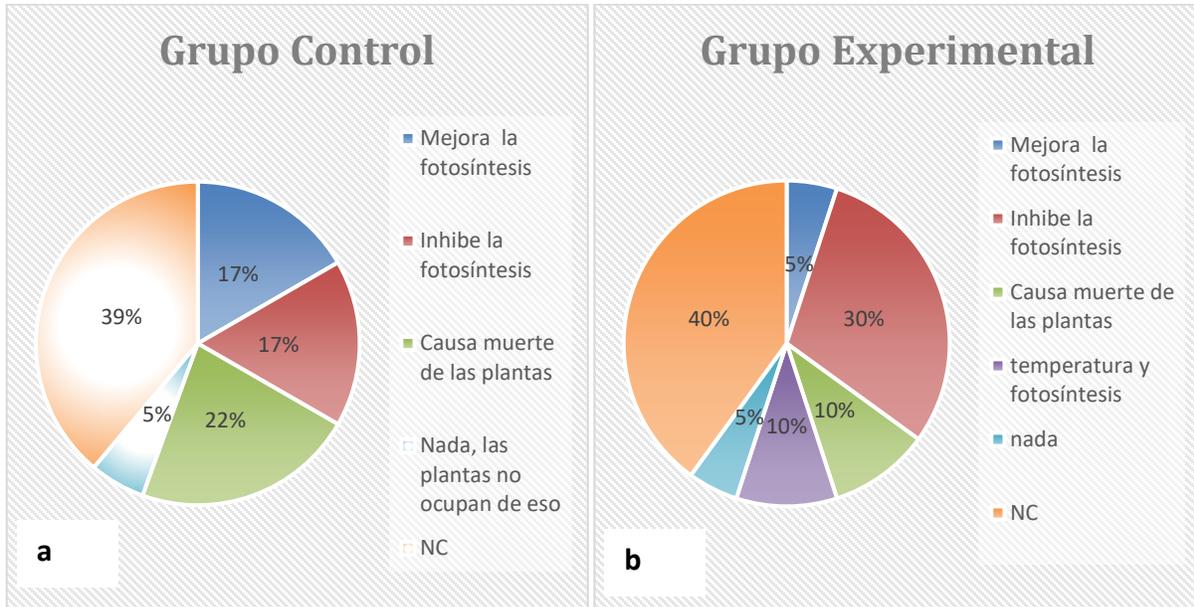


Figura 4.6 Ideas previas del grupo control (a) y grupo experimental (b) a la pregunta ¿Cómo afectará el exceso de dióxido de carbono en la fotosíntesis de las plantas?

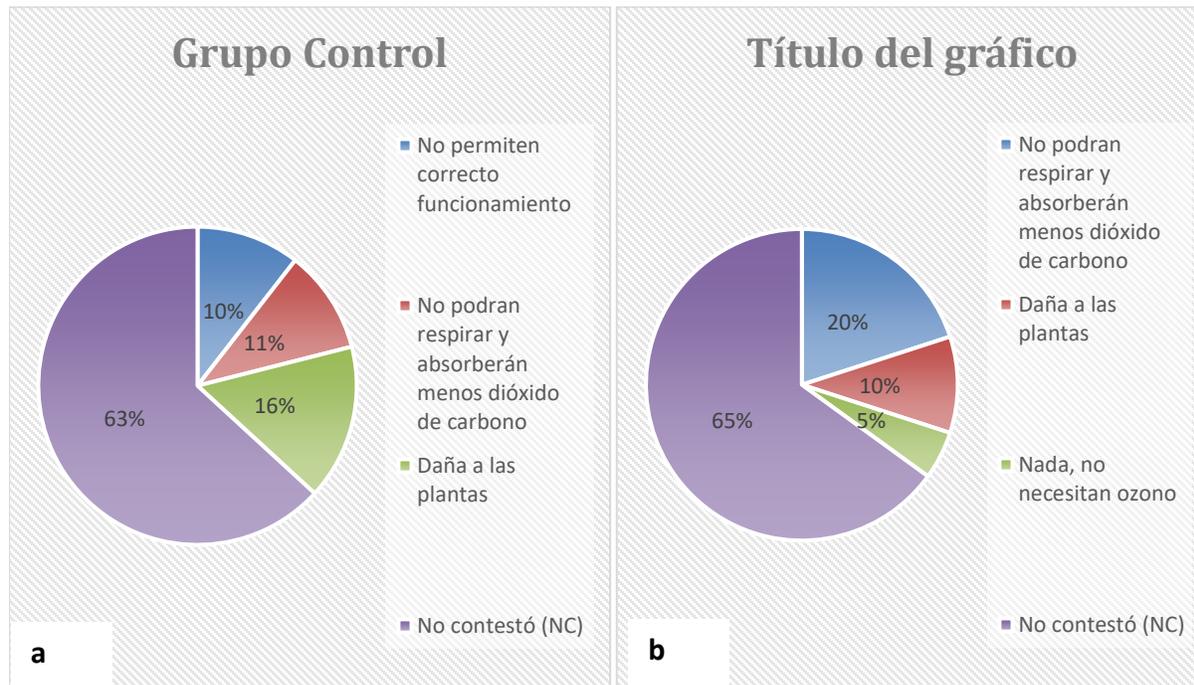


Figura 4.7 Ideas previas del grupo control (a) y experimental (b) a la pregunta ¿Cómo afectará el exceso de ozono (O<sub>3</sub>) en la fotosíntesis de las plantas?

Estas ideas previas permitieron la integración de la secuencia didáctica en el aula, ya que la falta de conceptos acerca del impacto del cambio climático en estos procesos metabólicos, brindaron una motivación hacia el estudio de dichos procesos, mismos que los jóvenes comúnmente estudian, sin necesariamente comprender su importancia o aplicación en la vida cotidiana.

#### 4.2 Análisis del cuestionario post aplicación de la secuencia didáctica

Posterior al desarrollo de la secuencia didáctica que integra el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el grupo experimental y la secuencia didáctica tradicional en el grupo control, se aplicó el cuestionario post. Los resultados de este cuestionario se evaluaron a partir del promedio por grupo, donde se evidencia que el grupo control logró un promedio de 3.24 en una escala de 0 a 10 frente al promedio del grupo experimental que consiguió un promedio de 4.2 (Figura 4.8). Se observa también que, en ambos grupos, el progreso es pequeño. Sin embargo, los resultados del análisis del efecto del tratamiento en el examen post (ANOVA) [ $F(1,34) = 5.396$ ;  $P = 0.026$ ] muestran que existe una diferencia significativa en el promedio del grupo experimental frente al grupo control, siendo el primer grupo el que obtuvo calificaciones más favorables.

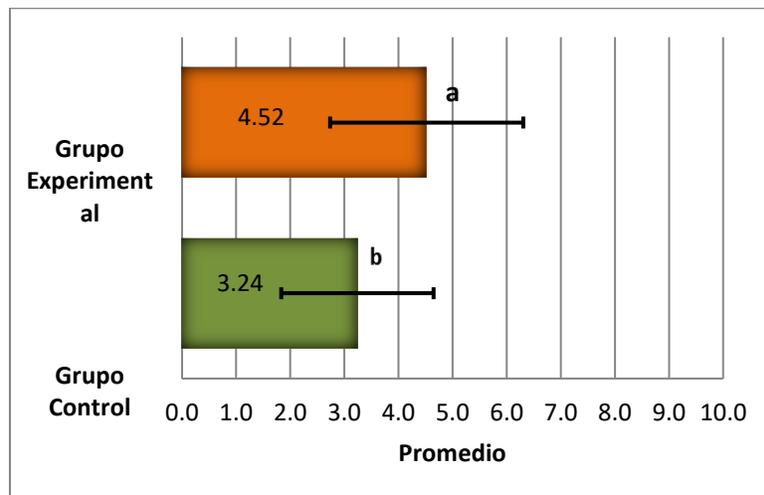


Figura 4.8. Comparación de promedios del cuestionario post aplicación entre el grupo control y grupo experimental. Las letras a y b indican que se encontraron diferencias significativas.

Asimismo, la comparación entre las calificaciones que los estudiantes obtuvieron en los cuestionarios pre y post, muestra que el 83.3% de los estudiantes del grupo control mantuvieron calificaciones similares en ambos cuestionarios, por lo que el progreso que estos estudiantes lograron mediante la estrategia didáctica tradicional (que no incluye la resolución de problemas como marco de enseñanza), no mostró un avance significativo (Figura 4.9). El resto del grupo control, la minoría, presentó un mayor progreso mismo que no rebasó los 3.06 puntos en una escala de 0 a 10.

Por otro lado, cuando se compararon las calificaciones del cuestionario pre frente al cuestionario post aplicación que obtuvieron los estudiantes del grupo experimental, se encontró un mayor progreso en este grupo, ya que el 50% de los estudiantes obtuvieron un progreso en sus calificaciones que van desde 2.2 a 5.5 (escala de 0 a 10 puntos) en sus calificaciones (Figura 4.10). Esto apunta a una mayor eficacia de la secuencia didáctica que incluía la resolución de problemas como método de aprendizaje y enseñanza.

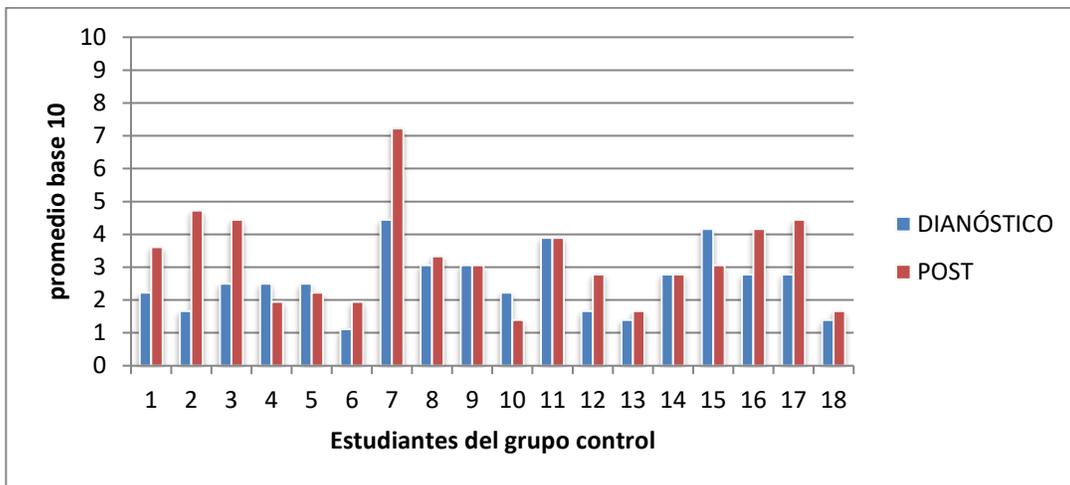


Figura 4.9 Comparación de calificaciones de los cuestionarios pre y post aplicación de los estudiantes del grupo control.

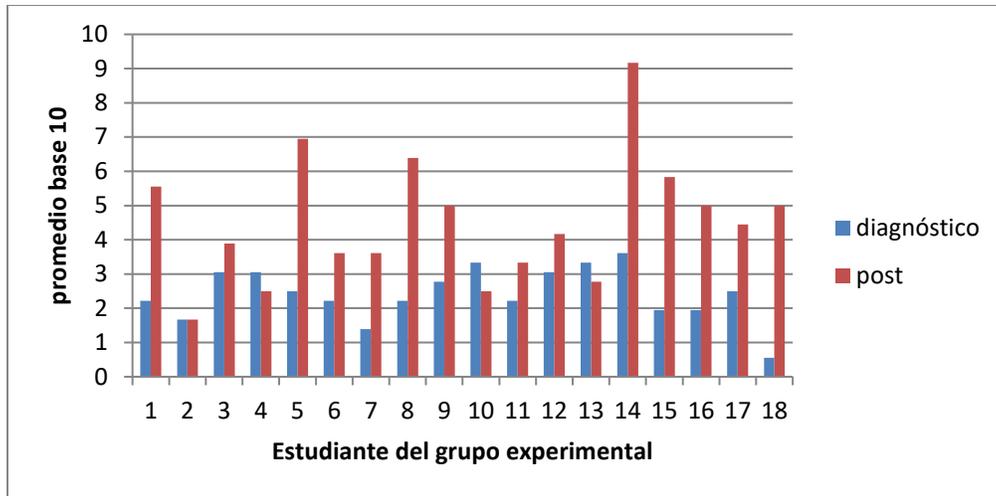


Figura 4.10 Comparación de calificaciones del cuestionario pre y post aplicación de los estudiantes del grupo experimental.

Por tanto, el grupo experimental alcanzó un promedio de progreso mayor al del grupo control despues de la intervención. La comparación del progreso de ambos grupos (medido como la diferencia entre la calificación del cuestionario post aplicación menos la calificación del cuestionario pre), mediante un análisis del efecto del progreso indicó que hubo un progreso significativamente mayor ( $F(1,34):7.03; P:0.01$ ) en el grupo experimental frente al grupo control (Figura 4.11).

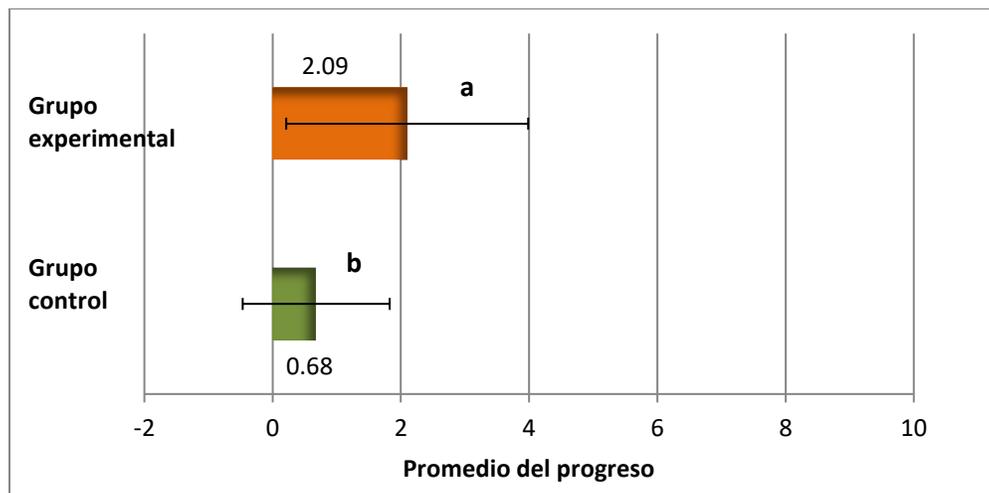


Figura 4.11 Comparación de la Media de promedio del progreso del grupo control frente al experimental. Las letras a y b, indican la detección de diferencias significativas.

## CAPITULO V

### 5. 1 DISCUSIÓN

La fotosíntesis y respiración celular como procesos metabólicos que utilizan los vegetales para llevar a cabo su nutrición, son dos de los conceptos biológicos que toman mayor relevancia en la educación de las ciencias, ya que permite comprender la importancia de estos procesos para el funcionamiento de los seres vivos y su interacción con el ambiente. Sin embargo, se considera un tema de difícil comprensión por parte de los estudiantes debido a su contenido abstracto y complejo que requiere de un nivel cognitivo elevado e interés por aprender estos tópicos.

Una de las problemáticas que se observaron y que impulsaron el desarrollo de este proyecto, es la falta de integración del concepto de respiración celular como proceso metabólico que realizan los seres vivos para la obtención de energía, en particular en el caso de las plantas (Charrier, 2006; Monguí, 2014), quienes producen los insumos de este proceso mediante la fotosíntesis. En este sentido, integrar dos temas como son la respiración celular y la fotosíntesis dentro de los organismos vegetales, para impulsar la comprensión del flujo de la materia y de la obtención de energía en todos los seres vivos, representa un desafío en la enseñanza.

Al evaluar el cuestionario pre aplicación de la secuencia didáctica, se encuentra que, en una escala del 0 al 10, la media de promedio del cuestionario diagnóstico por grupo fue de 2.46 para el grupo control y de 2.42 para el grupo experimental, al cual se le aplicó la secuencia didáctica que contenía el ABP como estrategia. Entonces, los jóvenes evaluados presentan un promedio muy bajo considerando que ya han tenido cursos de estos tópicos en la disciplina de Biología en su educación básica y en el primer año de la preparatoria según el programa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Estos resultados muestran las deficiencias e ideas erróneas que los estudiantes poseen acerca de la Respiración celular y fotosíntesis, resultados que se coinciden con los estudios de Charrier et al. (2006), Domingos – Grilo (2004) y Quesada (2011). Estas deficiencias se extienden, por supuesto, a la comprensión de la relación que existe entre estos procesos metabólicos y el medio ambiente, escenario que se relaciona con los últimos resultados que México ha obtenido en la evaluaciones internacionales dirigidas por

PISA (INEE, 2016), donde los estudiantes muestran carencias conceptuales y procedimentales en cuanto a la resolución de problemas reales que requieren del uso del pensamiento científico.

Ahora, al comparar los resultados del cuestionario pre frente al cuestionario post aplicación de la secuencia didáctica, se encuentra que la media de calificaciones es de 3.24 para el grupo control y de 4.52 para el grupo experimental. Estos resultados siguen revelando promedios bajos, sin embargo, se observa que el rendimiento en el grupo experimental mostró un incremento respecto al grupo control, que estamos relacionando con la inclusión del aprendizaje basado en problemas dentro de la estrategia de enseñanza.

Es necesario señalar que los jóvenes a los cuales se les aplicó dicha estrategia didáctica, mostraron un avance significativo de acuerdo al número de respuestas correctas que obtuvieron, contrario a los estudiantes del grupo control que nuevamente contestaron de forma mecánica y memorística. Esto sugiere que la estrategia didáctica utilizada en los estudiantes del grupo control no aportó habilidades procedimentales, mismas que sí pudo haber aportado, hasta cierto punto, la estrategia basada en el aprendizaje basado en problemas (Chamizo y Robles, 2010; Latasa, Lozano y Ocerinjuregi, 2012; Fuentes, 2014; Mejías y Oñaderra, 2013; Sola et al. 2013).

Con respecto al progreso que los estudiantes obtuvieron al aplicar el ABP como estrategia en el aprendizaje, es importante destacar que diversas variables pueden influenciar este proceso de aprendizaje. Chamizo (2010) y Ausubel (1983), por ejemplo, mencionan que cuando la personalidad del estudiante se manifiesta en una falta de reflexión, indagación, escasa tolerancia a la frustración y además el estudiante considera a este tipo de estrategias como una carga excesiva de trabajo, esto ocasiona que su motivación se vea afectada y por ende el aprendizaje que involucra la resolución de problemas puede no representar una mejora en el aprovechamiento. Si por el contrario, existe interés por parte del estudiante por la disciplina y este se esfuerza en el estudio, habrá un efecto más positivo de esta estrategia de aprendizaje y, por tanto, habrá un mayor rendimiento del estudiante; como dice Hernández – Barbosa (2012) “los gustos e intereses de los estudiantes en la disciplina tienen un efecto directo sobre el rendimiento que esté presente”. En este sentido, las distintas personalidades de los integrantes del grupo experimental así como sus diferentes grados de interés en la disciplina, pueden contribuir a la explicación de las diferencias en progreso al interior del grupo.

Dicho brevemente, el proceso que conlleva la aplicación de una nueva estrategia activa a un contexto educativo que tiende a la enseñanza tradicional, es lenta y progresiva. Tal transición no dependerá solamente de la disposición del docente ni del desarrollo de estrategias y metodologías potencialmente significativas, sino también de la participación activa del estudiante, de tal manera que se conforme una triada profesora –estrategia – estudiante fundamental para el aprendizaje.

Por otra parte, el uso del método de Aprendizaje Basado e Problemas permite llevar al estudiante una enseñanza distinta que favorece habilidades del pensamiento científico como son la indagación, síntesis y reflexión, mismas que le permitirán resolver problemas que se encuentre en la vida real (Chamizo y Robles, 2010; Latasa et al. 2012; Fuentes, 2014; Mejías y Oñaderra, 2013; Sola et al. 2013), sin embargo, y como se dijo anteriormente la estrategia tiene limitantes que van desde la actitud que presenten los estudiantes hacia la disciplina y las actividades propuestas, hasta la falta de habilidades y herramientas necesarias para llevar a cabo el proceso de resolución del problema. Si estos factores no están presentes, difícilmente se obtendrá rendimiento favorable, por lo que es necesario insistir en una adecuación en la formación básica del estudiante para que se promuevan habilidades y se ofrezcan herramientas que promuevan una disposición más favorable ante estos tipos de estrategias (Chamizo, 2010).

## 5.2 CONCLUSIONES

En este trabajo se ha diseñado una secuencia didáctica que utiliza el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la materia de Ecología, con la finalidad de: a) contribuir en la integración de nuevas habilidades procedimentales en los estudiantes que les permitan resolver problemas y b) analizar la influencia que tiene esta estrategia sobre su aprendizaje.

Los resultados que se obtuvieron después de la implementación de la estrategia del ABP en un grupo experimental, muestran que esta estrategia otorga habilidades procedimentales como son la investigación, síntesis, y reflexión que les sirven a los estudiantes para la resolución de problemas planteados, lo que se traduce en un aprendizaje con significado del cual pueden hacer uso en la vida cotidiana. Lo anterior se dedujo a partir de los resultados estadísticos que muestran diferencias significativas entre el progreso del grupo experimental y el grupo control, y en donde el primer grupo alcanzó un progreso mayor. Esta diferencia se atribuyó a las habilidades procedimentales que los estudiantes adquirieron y utilizaron durante el desarrollo de la secuencia didáctica. Estos resultados apoyan la hipótesis acerca de que el ABP mejora el aprendizaje de los temas de la respiración celular y fotosíntesis, aunque se considera también que las personalidades de los estudiantes, así como sus diferentes grados de interés en la disciplina, pueden contribuir a la explicación de las calificaciones relativamente bajas que se obtuvieron en los dos grupos estudiados.

Es importante señalar que el tema que se le eligió para integrar la secuencia didáctica con un problema de la vida real (Cambio climático frente a la fotosíntesis y Respiración celular), fue un tema transversal importante para que el estudiante comprendiera la importancia del estudio del metabolismo vegetal (respiración celular y fotosíntesis), lo que generó la motivación necesaria para aprender estos tópicos. Sin embargo, es importante señalar que este proyecto presenta limitaciones, ya que sólo fue aplicado en una sola ocasión y por ello no es posible comparar su eficacia y comprobar si en realidad la estrategia permite aumentar, sistemáticamente, el aprendizaje significativo de los conceptos en los estudiantes en otros contextos.

Se concluye también que la actitud puede considerarse como un factor a estudiar por el docente al momento de llevar a cabo su enseñanza, pues como dice Hernández – Barbosa (2012), el interés, el nivel socioeconómico, las buenas o malas notas del estudiante son factores que determinan su actitud hacia las distintas disciplinas, y puede ser un factor que genere bajo rendimiento académico en los jóvenes, ya que estos juegan un papel de suma importancia en el aprendizaje. Si el joven no tienen interés y por lo tanto disposición a aprender, puede verse afectado el rendimiento.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arends, R.I. (2007). Bases científicas del arte de enseñar. En: *Aprender a Enseñar* (7a Edición). 3-37. México: Mc Graw Hill.
- Ausubel, D., Novak, J., y Hanesian, H. (1983). Significado y aprendizaje significativo. En *Psicología educativa*, 46-83 Segunda edición, Trillas, 1983, México.
- Ausubel, D., Novak, J., y Hanesian, H. (1983). Factores cognoscitivos en el aprendizaje. *Psicología educativa*, 110-145. Segunda edición, Trillas, 1983, México.
- Azcón – Bieto, J. y Talón, M. (2013). La luz y el aparato fotosintético. En J. De las Rivas. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, 165 – 190. Segunda Edición. Madrid, España. Mc Graw Hill Education.
- Azcón – Bieto, J. y Talón, M. (2013). *Utilización de la energía luminosa en la fotosíntesis*. En J. De la Rivas. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, 191- 209. Segunda Edición. Madrid, España. Mc Graw Hill Education.
- Azcón – Bieto, J. y Talón, M. (2013). Fijación del dióxido de carbono y biosíntesis de fotoasimilados. En H. Medrano, J. Galmés, y J. Flexas. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, 2011- 220. Segunda Edición. Madrid, España. Mc Graw Hill Education.
- Azcón – Bieto, J. y Talón, M. (2013). Fotorrespiración y mecanismo de concentración del dióxido de carbono. En H. Medrano, J. Galmés, y J. Flexas. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, 221-245. Segunda Edición. Madrid, España. Mc Graw Hill Education.
- Azcón – Bieto, J. y Talón, M. (2013). Fotosíntesis, factores ambientales y cambio climático. En J. Azcón – Bieto, I. Fleck, J. Aranda y N. Gómez – Casanovas. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, 247-263 Segunda Edición. Madrid, España. Mc Graw Hill Education.
- Azcón – Bieto, J. y Talón, M. (2013). La respiración de las plantas. En M. Ribas – Carbo, I. Flores – Sarasa y M. González – Meles. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, 265-285. Segunda Edición. Madrid, España. Mc Graw Hill Education.
- Beltrán, S. (2009). Elaboración de estrategias de aprendizaje en Biología con énfasis en la fotosíntesis. Tesis

- Bermejo, V., Alonso, R., Elvira, S., Rábago, I., & García, M. (2010). El ozono troposférico y sus efectos en la vegetación. *Ministerio de Medio Ambiente Y Medio Rural Y Marino. Madrid.*
- Campanario, J., y Moya, A. (1999). *¿Cómo enseñar ciencias?* Enseñanza de las Ciencias, 17(2), 179-192.
- Campbell N.A. y Reece J.B. (2005). Introducción al Metabolismo, Respiración celular y Fotosíntesis. *Biología*, séptima edición, 141- 200. México, Pearson Education.
- Cañal, P. (1997). *La fotosíntesis y la “respiración inversa” de las plantas:¿ un problema de secuenciación de los contenidos.* Alambique, 14, 21-36.
- Carretero, M. (2011). *Constructivismo y educación.* Buenos Aires, Editorial Paidós.
- Charrier, M, Cañal, P. y Rodrigo, M. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (3), 401- 410.
- Covarrubias, P. (2010). Origen y enfoques contemporáneos de la Psicología Educativa. En; F, Tirado, M. Martínez, P. Covarrubias, M. López, R. Quezada, A. Olmos, F. Díaz- Barriga. *Psicología educativa para afrontar los desafíos del siglo XXI.* 1-59. México: Mc Graw Hill.
- Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5 (2). 1-13.
- Domingos-Grilo, P., Mellado V., Ruiz, C.(2004). Evolución de las ideas alternativas de un grupo de estudiantes portugueses de secundaria sobre fotosíntesis y respiración celular. *Revista de educación en biología*, 7(1), 10-20
- Espejel, A., y Flores, A. (2015). Conocimiento y percepción del calentamiento global en jóvenes del bachillerato, Tlaxcala. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(6), 1277-1290.
- García, M., Segovia, Y. (2013). Aprendizaje basado en problemas en Biología Celular: una forma de explorar la ciencia. *Revista de Educación en Biología*, Vol. 16 N° 2. 67-77.

- Gargallo, B., Pérez, C., Serra, B., Sánchez, F., Ros, I., (2007). Actitudes ante el aprendizaje y rendimiento académico en los estudiantes universitarios. *Revista Iberoamericana de educación*, no 42/1 - 25 de febrero 2007, 1-11.
- González, C., García, S., y Martínez, C. (2012). La nutrición vegetal desde el pensamiento docente. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 9, núm. 1, 2012, pp. 93-105.
- Gómez, A., Calderón, C., Saiz, J.A., y Manzanera, J.A. (2012). Efectos sobre la fotosíntesis por exposición a ozono en especies leñosas. *Reduca (Biología)*, 5 (2), 25-33.
- Gómez, G.A. (2014). Propuesta didáctica para la enseñanza de la fotosíntesis dirigida a estudiantes del ciclo V del Colegio Rural Pasquilla I. E. D. (Tesis final, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales) Bogotá D.C., Colombia.
- Hernández, V., Gómez, E., Maltes, L., Quintana, M., Muñoz, F., Toledo, H., Riquelme, V., Henríquez, B., Zelada, S., y Pérez, E. (2011). La actitud hacia la enseñanza y aprendizaje de la ciencia en estudiantes de Enseñanza Básica y Media de la Provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos-Chile. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 37(1), 71-83.
- Hernández – Barbosa, R. (2012). Actitudes hacia la ciencia en estudiantes de grado undécimo de algunos colegios públicos y privados de Bogotá. *Revista de la facultad de psicología Universidad de Colombia*, 8 (14 enero - junio 2012), 93-103.
- Hernández, I; Recalde, J. y Luna, J. A. (2015). “Estrategia didáctica: una competencia docente en la formación para el mundo laboral”. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 1 (11) , 73-94.
- Hernández-Sampier, R; Fernández, C; Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. 5ta Edición. México. Mc. Graw Hill.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (2012). Resultados de México en las pruebas de PISA en: [http://www.inee.edu.mx/images/stories/2016/PISA2016/noviembre/PISA\\_2015-informe.pdf](http://www.inee.edu.mx/images/stories/2016/PISA2016/noviembre/PISA_2015-informe.pdf). Recuperado el 25 de febrero 2016.

- Ibáñez, M y Barrau, J. (2014). El balance energético en escenarios reales. Propuesta didáctica en la formación inicial de maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 11(2), 216-230, 2014
- Jiménez-Tenorio, N., y Oliva, J. M. (2016). Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado de Educación Secundaria: descripción de una experiencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (1), 121-136.
- Karp, G. (2005). *Biología celular y molecular. Conceptos y experimentos*. California, San Diego: McGraw-Hill Interamericana.
- Latasa, I. Lozano, P. y Ocerinjauregi, N. (2012). Aprendizaje Basado en Problemas en Currículos Tradicionales; Beneficios e Inconvenientes. *Formación Universitaria*, 5 (5), 15-26.
- López-Bonilla, G y Tinajero, G. (2009). Los Docentes ante la Reforma del Bachillerato. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, octubre-diciembre 2009, 1191-1218.
- López, J.P y Boronat, R. (2013). Estudio de la inhibición de la respiración/fermentación en células de levadura por fluoruro de sodio. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (1), 133-138.
- Martínez, C.L; García, B.E; Gallegos, L; López, S. (2014). Transformación de las ideas sobre catabolismo de estudiantes de Bachillerato, después de participar en la aplicación de una secuencia didáctica diseñada para el proyecto Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM. *Revista de Educación en Biología*, Vol. 17 N° 1. pp. 25-37.
- Mazzitelli , C., y Aparicio, M. (2009). Las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias naturales, en el marco de las representaciones sociales, y su influencia en el aprendizaje. *Revista electrónica de la enseñanza de las ciencias*. 8. (1), 193-215. Recuperado de [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART11\\_Vol8\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART11_Vol8_N1.pdf).
- Meira-Carrea, P. y Arto-Blanco, M. (2014). Representaciones del cambio climático en estudiantes universitarios en España: aportes para la educación y la comunicación. *Educar em*, no 3, 15-33.

- Mejías, A., Oñaderra, M. (2013). Aplicación del “Aprendizaje basado en problemas” (ABP) a la docencia de la asignatura Bioquímica en el Grado en Biología. *REDUCA (Biología)*, 6(3)
- Morales, P y Landa, V. (2004). APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS. *Theoria*, 145-157.
- Moreira, M. (1993). Aprendizaje significativo: un concepto subyacente. *Actas del encuentro internacional sobre el aprendizaje significativo, Burgos España*, 19-44.
- Monereo, C. (2008). La Enseñanza Estratégica: enseñar para la autonomía. En: C. Monereo (Coord.), A. Badia, M. V. Baixeras, E. Boadas, M. Castello, I. Guevara, E. Miguel Bertrand, M. Monte, E. M. Sebastiani. *Ser estratégico y autónomo aprendiendo. Unidades didácticas de enseñanza estratégica para la ESO*.11-40
- Monereo, C. (1990). Las estrategias de Aprendizaje en la Educación Formal: enseñar a Pensar y sobre el Pensar. *Infancia y Aprendizaje*, 50. pp. 3-25
- Núñez, L.D. (2013). Estrategia Metodológica para el Aprendizaje Significativo de los Procesos de División Celular de los estudiantes del Curso de Biología General de la Facultad de Ciencias. *Tesis para grado de maestría. Medellín, Colombia, 2013. PAGINAS*
- Pantoja, J. C. (2013). La enseñanza de la biología en el bachillerato a partir del aprendizaje basado en problemas (ABP). *Perfiles educativos*, XXXV (139), 2013, 93-109.
- Peragón, J. et al. (2008). ABP. Aplicación del “Aprendizaje Basado en Problemas” a la docencia de las asignaturas del área de Bioquímica y Biología Molecular. *Iniciación a la Investigación*, 3,1-8.
- Penluas, J., Llusía, J. (2003). Emisiones piogénicas de COV's y cambio global. ¿se defienden las plantas contra el cambio climático?. *Ecosistemas*, XII (1, enero - abril), pp. 1-7.
- Pozo, J. I. (1989). Teorías cognitivas del aprendizaje. Ediciones Morata. Quinta edición, 1997. España.
- Pozo, J. I. (2003). Adquisición de conocimiento: cuando la carne se hace verbo. Morata. España.
- Rodríguez L. (2010). Estrategias de enseñanza utilizadas por los docentes en la educación media superior. *Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo*, Universidad Autónoma de Baja California.

- Quesada, B. (2011). La respiración celular: Representaciones y conceptos de los estudiantes de bachillerato de la Institución Educativa Departamental Serrezuela de Madrid y de la Fundación Universitaria Juan N. Corpas (Doctoral disertación) Universidad Nacional de Colombia.
- Ramírez - Vázquez, M. y González - Gaudiano, E. (2016). Representaciones sociales del cambio climático en estudiantes de dos universidades veracruzanas. *CPU-e. Revista de Investigación Educativa*, (22), 1-27.
- Romero–Bojórquez, L., Utrilla–Quiroz, A., Utrilla–Quiroz, V., (2014). Las actitudes positivas y negativas de los estudiantes en el aprendizaje de las matemáticas, su impacto en la reprobación y la eficiencia terminal. *Ra Ximhai*, Julio-Diciembre, 291-319.
- Santandreu, N., Pandiella S., y Macías, A. (2010) Actitudes hacia las ciencias y el rendimiento académico de estudiantes de nivel secundaria. *Revista IBOREOAMERICANA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA*. 2, (2- Noviembre 2010), 47-67
- Solbes, M, & Furió, C. (2013). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, no. 21, 91-172

## ANEXOS

### ANEXO 1. CUESTIONARIO DE DIAGNÓSTICO

Cuestionario de diagnóstico y evaluación final, tomado y adaptado de Domingos – Grillo y Mellado (2004)

Número de folio: _____	Nombre del estudiante: _____
	Sexo: _____ Edad: _____
Título del proyecto: Aprendizaje Basado en Problemas en búsqueda del aprendizaje significativo en estudiantes de bachillerato en el área de Biología.	
Objetivos:	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Explorar e identificar las ideas previas que los estudiantes poseen acerca de los procesos metabólicos de la Respiración celular y Fotosíntesis y su relación ante los factores que intervienen en el cambio global.</li><li>• Evaluar los cambios conceptuales, posterior a la revisión de los temas que incluyen los procesos metabólicos de la Respiración Celular y Fotosíntesis y su relación con los factores que intervienen en el cambio global.</li></ul>	

Lee con cuidado las instrucciones y contesta correctamente según lo que se te pida.

I. Lee con atención las siguientes preguntas y subraya la respuesta correcta.

- Las plantas realizan la fotosíntesis:
  - Sólo de día.
  - Sólo de noche.
  - De día y de noche.
  - Siempre que haya luz, sea de día o de noche.
- Son todos productos de la fotosíntesis:
  - Agua y dióxido de carbono.
  - Materia orgánica y Oxígeno.
  - Dióxido de carbono y Glucosa.
  - Materia orgánica y dióxido de carbono.
- En las células procariotas fotosintéticas, la fotosíntesis ocurre:
  - En cualquier lugar de la célula
  - En la membrana citoplasmática y en los clorosomas.
  - En el cloroplasto.

d) En el citoplasma.

4. La respiración celular ocurre:

- a) En todos los seres vivos aerobios.
- b) Sólo en los animales.
- c) Sólo en las plantas.
- d) Ninguno de los anteriores.

5. Las plantas:

- a) No respiran
- b) Respiran de día y de noche.
- c) De día hacen fotosíntesis y de noche respiran
- d) Respiran solo de noche.

6. Son los lugares en donde las células eucariotas llevan a cabo la respiración:

- a) En cualquier lugar de la célula.
- b) En el cloroplasto y mitocondria.
- c) En el citoplasma y en la mitocondria.
- d) En el citoplasma y en el cloroplasto.

7. En las células procariotas la respiración ocurre:

- a) En toda la célula.
- b) En la mitocondria.
- c) En la membrana citoplasmática y citoplasma.
- d) En el cloroplasto.

8. Es el lugar en donde las células eucariotas llevan a cabo la fotosíntesis;

- a) En toda la célula
- b) En la mitocondria
- c) En el cloroplasto
- d) En el citoplasma y cloroplasto

## **ANEXO 2. SEGUNDO CUESTIONARIO DE DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN FINAL**

Segundo cuestionario de diagnóstico y evaluación final.

II. Contesta correctamente las siguientes preguntas.

1. ¿En qué fase o etapa de la fotosíntesis se produce el oxígeno?
2. En el organelo de la respiración celular, indica el lugar en donde se lleva a cabo la obtención de energía (fosforilación oxidativa).
3. ¿Cuál es el producto final de la respiración celular en los organismos aerobios?
4. ¿Cómo afectarán a la Fotorrespiración el aumento de temperatura y de CO<sub>2</sub> atmosférico asociados al cambio climático?
5. Al aumentar la temperatura del ambiente, ¿Qué tipo de moléculas dentro de la mitocondria se verían más afectadas y de qué manera?
6. ¿Cómo afectará el exceso de dióxido de carbono en la fotosíntesis de las plantas?
7. ¿Cómo afectará el exceso de ozono (O<sub>3</sub>) en la fotosíntesis de las plantas?
8. Al elevarse la temperatura, factor del cambio global, ¿Cómo afectará las tasas de fotosíntesis y respiración celular?
9. Describe cual es el efecto del ozono en la actividad de los estomas y como interfiere esto en la respiración de la planta
10. De manera general, ¿cuál consideras que sea el efecto del cambio climático en la vegetación a nivel global?  
¿Será positivo o negativo? ¿Por qué?

## ANEXO 3 ACTIVACIÓN DE CONOCIMIENTOS PREVIOS

### ACTIVACIÓN DE CONOCIMIENTOS PREVIOS

#### PREGUNTAS GUIA

- ¿Qué es lo que sucede en cada uno de los experimentos observados?
- ¿De dónde proviene el oxígeno que desprenden las plantas?
- ¿Qué sustancia da el color verde a las plantas?, ¿Qué función tiene?
- ¿Qué sustancias químicas son utilizadas para el proceso de la fotosíntesis?
- ¿Qué organelo se encarga de llevar a cabo el proceso de la fotosíntesis?
- ¿Respiran las plantas?
- ¿Qué función tiene la respiración en las plantas?
- ¿Qué organelo de las células vegetales, se ocupa de llevar a cabo la respiración celular?
- ¿Cuáles son las sustancias químicas necesarias, para llevar a cabo la respiración celular?
- ¿Qué factores ambientales favorecen a la Fotosíntesis y Respiración celular?

## ANEXO 4 LECTURA, PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### LECTURA, PLANTEAMINETO DEL PROBLEMA

I. Lee con atención el siguiente documento.

En las últimas décadas la tierra se ha caracterizado por presentar de manera exponencial diversos cambios en el medio ambiente. El origen de este cambio se da de manera natural y también por la actividad humana (actividad antropogénica). Durante el siglo XX esta actividad antropogénica ha sido la causante del rápido cambio climático que está sufriendo la tierra, destacando como principal factor el uso excesivo de la combustión de restos fósiles (como el petróleo) para la obtención de energía. Esta combustión libera aerosoles y gases de efecto invernadero a la atmósfera, como son el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), los clorofluorocarbonos (CFC), los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ , precursores del ozono  $\text{O}_3$ ), y productos orgánicos volátiles, producidos por lo vehículos y las industrias.

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) ha predicho que, de seguir consumiendo de forma indiscriminada los productos fósiles como principal fuente de energía, los niveles de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) incrementaran sus concentraciones a niveles extraordinarios. Se pronostica que para finales del siglo XXI la emisión de  $\text{CO}_2$  aumentaran hasta un 180% por encima de los valores actuales, (IPCC, 2007).

Otro problema radica en que dichas emisiones contribuyen de manera directa al cambio global, ya que se produce un aumento de la temperatura debido a la capacidad del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) de absorber la luz y retenerla en forma de calor. El cambio climático ya está provocando cambios en los ecosistemas, dando lugar a fenómenos naturales extremos, como son inundaciones, sequías, olas de calor (IPCC, 2014) que ya están repercutiendo gravemente en las distintas formas de vida del planeta, entre ellas la vegetación.

La relación que ha establecido la vegetación con el medio ambiente durante la evolución de la tierra se ve reflejada en las concentraciones históricas de oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosféricos, las cuales han variado en el transcurso de las diferentes eras geológicas.

Un claro ejemplo de esto, se observa en la primera etapa de la tierra donde las concentraciones de dióxido de carbono superaban por mucho a las concentraciones de oxígeno (por no decir que estas eran casi nulas). No fue hasta la aparición de las cianobacterias (primeros organismos fotosintéticos), que comenzaron a utilizar el dióxido de carbono como materia prima para la fotosíntesis, que las concentraciones de este gas disminuyeron y las concentraciones de oxígeno aumentaron a nivel global. Esto provocó la desaparición de organismos incapaces de resistir el oxígeno, pero a su vez, promovió la aparición de distintos grupos vegetales que consumían el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera (Mercado, 1999).

En la Figura 1, se representa como los niveles de concentración de  $\text{CO}_2$  han disminuido a través de las distintas eras geológicas a causa del aumento de la biomasa vegetal en la tierra. Los cambios en la concentración de los gases atmosféricos son constantes, y en la actualidad estamos atravesando por uno de ellos (aumento de  $\text{CO}_2$ ) a causa de las actividades antropogénicas. Hasta hoy, los organismos vegetales se consideraban como capaces de adaptarse a cada cambio que su medio ambiente presenta, pero, ¿será posible que las plantas puedan resistir a los efectos que produce el cambio climático?

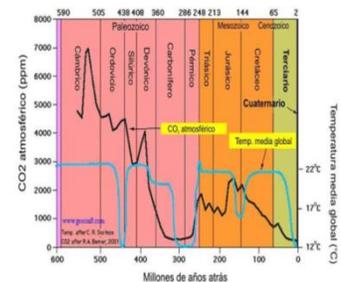


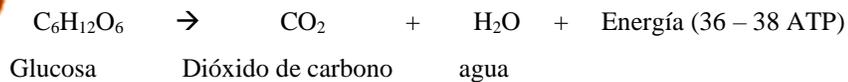
Figura 1. Cambios en las concentraciones de  $\text{CO}_2$  atmosférico (línea negra) y en la temperatura global de la tierra (línea azul) en los últimos 600 millones de años

## ANEXO 5 ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

### PRÁCTICA DE LABORATORIO

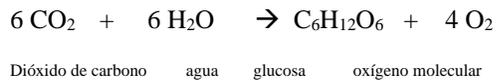
Las células de los organismos vivos llevan a cabo diversas funciones, muchas de las cuales requieren energía, por lo que hacen uso de la respiración celular. La respiración celular es un proceso que consiste en la oxidación de compuestos orgánicos a partir de la utilización del oxígeno, con la obtención de energía (ATP) y el desprendimiento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

En la respiración celular se usa glucosa como materia prima, la cual se metaboliza a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua, así como, la producción de energía que se guarda en forma de ATP, energía química que es utilizada en la mayoría de las reacciones metabólicas de la célula.



La respiración celular se caracteriza por una serie de etapas definidas como; Glucólisis en el citoplasma y las reacciones del ciclo de Krebs y fosforilación oxidativa en la mitocondria. Esta ruta metabólica puede seguir una ruta diferente en presencia o ausencia de oxígeno.

Por otro lado, la fotosíntesis es un proceso metabólico que tiene gran influencia sobre todos los organismos del planeta. Tanto la vida vegetal y animal dependen de la biomasa vegetal obtenida mediante la fotosíntesis para subsistir. La fotosíntesis se realiza principalmente por organismos fotosintéticos, como son las plantas, algas y algunas bacterias, las cuales utilizan compuestos simples como el agua y el dióxido de carbono en presencia de luz, para producir compuestos orgánicos como la glucosa.



#### OBJETIVOS:

- Conocer y distinguir los procesos metabólicos como son la fotosíntesis y respiración celular de los organismos vivos.
- Medir la tasa de respiración aeróbica de los organismos, a partir del cálculo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) producido por los distintos organismos.
- Calcular la absorción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de los organismos fotosintéticos.

Para la realización de este experimento se tomará en cuenta los niveles de dióxido de carbono en distintas soluciones que contienen diferentes organismos. El dióxido de carbono en solución acuosa se convierte en ácido carbónico, cuya concentración se medirá por medio de una titulación usando un indicador de pH (fenolftaleína), con este indicador se busca encontrar un punto de equilibrio entre pH ácido y pH básico. Este cambio de pH sucede al añadirle una solución básica (NaOH) a la muestra acida, y se observa por un cambio de color.

Material	Reactivos
✓ Cinco vasos de precipitación de 150 ml.	✓ Fenolftaleína
✓ Cinco vasos de precipitación de 100 ml.	✓ Solución de NaOH 0.25 M (para diluir 1:100).
✓ papel de aluminio.	✓ Elodea fresca
✓ Lámpara	✓ Frijoles germinados
✓ Pipetas graduadas	✓ Peces pequeños (2)
✓ Bureta para titular	
✓ Popotes.	

**Antes de comenzar a obtener conclusiones, formule una hipótesis y haga una predicción de los posibles resultados.**

---

### PROCEDIMIENTO CALCULO DE PRODUCCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO

1. Rotule cinco vasos (150 ml) del 1 al 5 y añádale a cada uno:
  - Vaso 1: Añadir 100 ml de agua + 1 o 2 peces.
  - Vaso 2: Añadir 25 ml de agua + frijol germinado.
  - Vaso 3: Añadir 25 ml de agua + una rama de *Elodea* fresca.
  - Vaso 4: Añadir 25 ml de agua + una rama de *Elodea* fresca.
  - Vaso 5: Añadir 25 ml de agua.
2. Tape la boca de los vasos con papel de aluminio, y el vaso 4 que se cubrirá por completo para mantener la *Elodea* en oscuridad.
3. Coloque el vaso 3 cerca de una bombilla.
4. Después de 30 minutos, remueva los organismos y devuélvalos a los recipientes correspondientes.
  - En este paso es importante determinar el volumen del organismo a utilizar. Para determinar el volumen siga estos pasos;
    - a) Con el organismo todavía en el interior, haga una marca donde queda el menisco.
    - b) Remueva el organismo. Con mucho cuidado, evita derramar líquido.

- c) Con una pipeta llena añada agua hasta llegar a la marca.
  - d) La diferencia de lectura en la pipeta indicará el volumen del organismo.
  - e) Repita para cada organismo.
5. Transfiera 25 ml de la solución del vaso 1 a un vaso pequeño.
  6. Añada cuatro gotas de fenolftaleína y mezcle.
  7. Llene la bureta de titulación con la solución de 0.0025 M de NaOH.
  8. Comience a titular. Mueva el vaso en círculos y añada gotas de la solución de NaOH hasta obtener un color rosado persistente.
  9. Anote en la Tabla 1 la cantidad de NaOH que utilizó para la titulación.
  10. Repita el proceso con los demás vasos.

Tabla 1. Reporte de Respiración celular				
Muestra	Organismo	Volumen del organismo	NAOH en ml	Cantidad de CO <sub>2</sub> ml
1				
2				
3				
4				
5				

➤ **Calcule la producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), mediante la siguiente ecuación.**

$$[\text{CO}_2] = \frac{[\text{ml NaOH (experimental)} - \text{ml NaOH (control*)}] \times 2.5 \text{ ml NaOH}}{\text{Volumen del organismo (ml)} \times \text{tiempo (horas)}}$$

Volumen del organismo (ml) x tiempo (horas)

\*Se obtiene al titular el agua del vaso 5.

### **CALCULO DE ABSORCION DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)**

1. Rotule tres vasos (100ml) del 1 al 3 y añádale a cada uno:
  - Vaso 1. Añadir 25 ml de agua + una rama de *Elodea* fresca.
  - Vaso 2. Añadir 25 ml de agua + una rama de *Elodea* fresca.
  - Vaso 3. Añadir 25 ml de agua.
2. Sople vigorosamente durante 2 minutos con un popote en los tres frascos.
3. Tape herméticamente con papel aluminio los tres frascos y al frasco 2 cúbralo completamente con el papel aluminio.

4. Coloque el frasco 1 y 3 cerca de una fuente luminosa y espere 30 minutos.
5. Al finalizar los 30 minutos, retire las elodeas de los frascos y mida el volumen de los organismos, siguiendo los pasos del punto número 4 del experimento anterior.
6. A cada vaso añada cuatro gotas de fenolftaleína y mezcle.
7. Llene la bureta de titulación con la solución de 0.0025 M de NaOH.
8. Mueva el vaso en círculos y añada gotas de la solución de NaOH hasta obtener un color rosado persistente.
9. Anote en la Tabla 2, la cantidad de NaOH que utilizó para la titulación.
10. Calcule el consumo de dióxido de carbono a partir de la siguiente ecuación.

$$[\text{CO}_2] = [\text{ml NaOH (experimental)} - \text{ml NaOH (control*)}] \times 2.5 \text{ ml NaOH de CO}_2$$

Volumen del organismo (ml)

\* Se obtiene al titular el vaso con agua.

Tabla 2. Reporte de absorción de dióxido de carbono				
Muestra	Organismo	Volumen del organismo	NAOH ml	Cantidad de CO <sub>2</sub> en ml
1				
2				
3				

**CUESTIONARIO:**

1. Según tus resultados, ¿Cómo detectas que los organismos han llevado a cabo la respiración celular?

---



---



---



---

2. ¿Qué organismo tiene el metabolismo más alto? ¿Por qué?

---



---



---



---

3. ¿Qué organismo tiene el metabolismo más bajo? ¿Por qué?

---

---

---

---

4. ¿Por qué las plantas llevan a cabo fotosíntesis y también respiración celular?

---

---

---

---

5. Compare los resultados de *Elodea* en la oscuridad y en la luz. ¿Cuál tiene una mayor tasa de respiración celular? ¿Por qué?

---

---

---

---

6. Compare los resultados de *Elodea* en la oscuridad y en luz. ¿Cuál tiene una mayor tasa de Fotosíntesis? ¿Por qué?

---

---

---

---

7. ¿Qué función tiene el soplar en los vasos que contienen las plantas y el agua?

---

---

---

---