



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

**FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLOGÍA**

**DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA ESTRATEGIA CONSTRUCTIVISTA CON USO DE
MODELOS PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA FOTOSÍNTESIS EN EL
BACHILLERATO**

TESIS

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

**PRESENTA:
BIÓL. BRENDA MARTÍNEZ CARREÑO**

**DIRECTORA DE TESIS:
M. EN D. MARÍA DEL ROSARIO LÓPEZ MENDOZA
FACULTAD DE CIENCIAS**

MÉXICO, CIUDAD DE MÉXICO

ENERO 2017



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.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca otorgada desde agosto de 2014 hasta julio 2016.

CON TODO MI RESPETO Y ADMIRACIÓN DEDICO ESTE TRABAJO A:

Mi querida tía Ene.

Tu fortaleza y valentía son inspiración.

Dr. Lisker y familia.

La vida no me alcanzará para agradecer todo lo que han hecho por nosotros.

AGRADECIMIENTOS

A mi *Alma Mater*, la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM, por abrirme sus puertas y permitirme formarme como profesional.

A mi amada madre, por su infinito apoyo y comprensión, por mostrarnos a mis hermanos y a mí el camino de la educación y enseñarnos con el ejemplo que el trabajo constante, la paciencia y la dedicación, son el medio para alcanzar nuestras metas. Gracias por nunca dejar de creer en nosotros. Te amo mamá.

A mis hermanos, Javier y Oswaldo, por su compañía, cariño y comprensión. La vida no sería tan divertida sin ustedes. Los amo.

A Carlos Cortés, a quien admiro y respeto no sólo como profesional, sino como persona. Tu compañía y consejo han sido definitivos en mi vida, pero sobre todo invaluable. Esta travesía no sería lo mismo sin ti. Te amo.

A mi comadre Mariana Galindo y mi compadre Elías Rocha, por la confianza y cariño. Estaré infinitamente agradecida con ustedes por el honor que me otorgaron.

A la Sra. Yolanda Martínez y al Sr. Carlos Cortés, por todo el apoyo y cariño.

A mis amigos Laura, Cecilia y Raúl, por su amistad incondicional. A lo largo de varios años han sido compañeros de extraordinarias aventuras. Es siempre un placer compartir con ustedes.

A mi tutora, la Maestra María del Rosario López Mendoza, no sólo por las valiosas aportaciones realizadas al trabajo de tesis a lo largo de más de dos años, también por mostrarnos la importancia de luchar por lo que se cree a pesar de las adversidades.

A la Maestra Hilda Claudia Morales Cortés, por su entusiasmo y dedicación hacia la docencia. Su tenacidad y compromiso con sus alumnos es una pequeña muestra de lo excelente persona que usted es.

Al profesor Maestro Alejandro Martínez Mena, por transformar lo ordinario en extraordinario y convertir cada enseñanza en algo memorable.

A la Maestra Consuelo Arce Ortiz, por la confianza depositada en mí y por el gran aporte realizado al trabajo de tesis.

A la Doctora Reyna Elena Calderón Canales, por las aportaciones realizadas al trabajo de tesis.

A mis compañeros MADEMS, por los buenos momentos compartidos.

EN MEMORIA DE:

Mi amada Victoria Rocha Galindo.

Mi abuelo Daniel Martínez Toribio.

Sólo dijimos hasta luego.

Índice

Resumen

Introducción

Capítulo 1. Marco teórico	1
1.1 Educación Media Superior en México	1
1.1.1 El Colegio de Ciencias y Humanidades, el proyecto de la “Nueva Universidad”	4
1.1.1.1 Modelo educativo del Colegio de Ciencias Humanidades	5
1.1.1.1.1 Importancia del aprendizaje de la Biología en el Colegio de Ciencias y Humanidades	6
1.1.1.1.2 Importancia del aprendizaje de la fotosíntesis	8
1.2 Dificultades en la enseñanza y aprendizaje de la Ciencia	9
1.2.1 Constructivismo	11
1.2.1.1 Aprendizaje significativo	13
1.2.1.1.1 Teoría del aprendizaje verbal significativo de Ausubel	14
1.2.1.1.2 Teoría de la equilibración de Piaget	17
1.2.1.1.2.1 Limitaciones de la teoría piagetiana	19
1.3 Estrategias de enseñanza	19
1.3.1 Modelo de exposición-discusión	21
1.3.2 Modelos didácticos	22
1.3.2.1 Vídeos y animaciones	24

Capítulo 2. Justificación	25
Capítulo 3. Objetivos	28
3.1 Objetivo general	28
3.2 Objetivos particulares	28
Capítulo 4. Metodología de la investigación	29
4.1 Diseño de la estrategia	29
4.2 Datos generales de la aplicación de la estrategia	33
4.2.1 Población estudiantil	33
4.2.2 Tipo de investigación	34
4.2.3 Evaluación	34
4.3 Planeación de la estrategia didáctica	36
Capítulo 5. Análisis de resultados	42
5.1 Análisis cuantitativos	42
5.2 Análisis cualitativos	58
Capítulo 6. Conclusiones	95
Perspectivas	97
Bibliografía	98
Anexos	104
Anexo 1. Preguntas del instrumento de evaluación.....	104
Anexo 2. Cuadro comparativo entre dos especies y sus funciones.....	106
Anexo 3. Partes que conforman el modelo de luces LED	107
Anexo 4. Fotografías de los modelos elaborados por los alumnos.....	112

Índice de tablas, gráficas y fotografías

Tablas

Tabla 1. Etapas del desarrollo cognoscitivo de Piaget	18
Tabla 2. Fases del modelo exposición-discusión	22
Tabla 3. Número de alumnos que participaron en la investigación	33
Tabla 4. Preguntas del test para identificar concepciones alternativas	35
Tabla 5. Estrategia didáctica. Secuencia día uno	37
Tabla 6. Estrategia didáctica. Secuencia día dos	38
Tabla 7. Estrategia didáctica. Secuencia día tres.....	39
Tabla 8. Estrategia didáctica. Secuencia día cuatro.....	40
Tabla 9. Estrategia didáctica. Secuencia día cinco	41
Tabla 10. Comparación entre los cuatro grupos	44
Tabla 11. Comparación estadística entre grupo control A vs. control B (pos-test)	45
Tabla 12. Comparación entre grupo experimental C vs. experimental D (pos-test)	46
Tabla 13. Comparación estadística entre grupo control A vs. experimental C (pos-test).....	48
Tabla 14. Comparación estadística entre grupo control A vs. experimental D (pos-test)	49
Tabla 15. Comparación estadística entre grupo control B vs. experimental C (pos-test).....	50
Tabla 16. Comparación estadística entre grupo control B vs. experimental D (pos-test)	51

Tabla 17. Comparación estadística entre pre-test vs. pos-test, grupo control A	53
Tabla 18. Comparación estadística entre pre-test vs. pos-test, grupo control B	54
Tabla 19. Comparación estadística entre pre-test vs. pos-test, grupo experimental C	56
Tabla 20. Comparación estadística entre pre-test vs. pos-test, grupo experimental D	57
Tabla 21. Interpretación pre-test vs. pos-test pregunta 4, del grupo control A, B y experimentales C, D, e interpretación del profesor	62
Tabla 22. Interpretación pre-test vs. pos-test pregunta 13, grupo control A, B y experimentales C, D, e interpretación del profesor	70
Tabla 23. Interpretación pre-test vs. pos-test pregunta 20, grupo control A, B y experimentales C, D, e interpretación del profesor	80
Tabla 24. Cuadro comparativo entre dos especies y sus funciones	106
Tabla 25. Partes que conforman el modelo de luces LED	107

Gráficas

Gráfica 1. Comparación entre medias de los resultados globales (pos-test) para todos los grupos (control y experimental)	44
Gráfica 2. Medias de resultados globales en el examen pos-test entre grupo control A y B	45
Gráfica 3. Medias de resultados globales en el examen pos-test entre grupo experimental C y D	46
Gráfica 4. Medias de resultados globales en el examen pos-test entre grupo control A y experimental C	48

Gráfica 5. Medias de resultados globales en el examen pos-test entre grupo control A y experimental D	49
Gráfica 6. Medias de resultados globales en el examen pos-test entre grupo control B y experimental C	50
Gráfica 7. Medias de resultados globales en el examen pos-test entre grupo control B y experimental D	51
Gráfica 8. Medias de resultados globales entre el examen pos-test y pre-test en grupo control A	53
Gráfica 9. Medias de resultados globales entre el examen pos-test y pre-test en grupo control B	54
Gráfica 10. Medias de resultados globales entre el examen pos-test y pre-test en grupo experimental C	56
Gráfica 11. Medias entre resultados globales entre el examen pos-test y pre-test en grupo experimental D	57

Fotografías

Fotografía 1. Modelo LED con las partes que lo conforman	108
Fotografía 2. Modelo fase lumínica grupo C	112
Fotografía 3. Modelo ciclo de Calvin grupo C	112
Fotografía 4. Modelo fase lumínica grupo D	113
Fotografía 5. Modelo ciclo de Calvin grupo D	113

Resumen

El siguiente trabajo de investigación tuvo como objetivo diseñar, aplicar y evaluar una estrategia con enfoque constructivista para la enseñanza y el aprendizaje de la fotosíntesis con uso de modelos.

Para el diseño de la estrategia se adaptaron y probaron diversos recursos didácticos, que articulados de manera ordenada y flexible, generó una estrategia didáctica que aproxima a los estudiantes de Nivel Medio Superior al aprendizaje significativo de la fotosíntesis.

Se tomó como cimiento pedagógico la teoría del aprendizaje verbal significativo de David Paul Ausubel y la teoría de la equilibración de Jean Piaget.

El uso de modelos a escala fue un elemento central dentro de la estrategia debido a que es una manera eficaz de observar fenómenos que ocurren a un nivel microscópico. Estos, fomentan el aprendizaje de procesos abstractos como la fotosíntesis.

Dicha estrategia se trabajó con alumnos del Colegio de Ciencias y Humanidades del Plantel Oriente de la Universidad Nacional Autónoma de México. Participaron cuatro grupos; con dos de ellos se trabajó la estrategia (grupos experimentales) y los otros dos grupos revisaron el tema de manera regular con el profesor titular (grupos control).

Los resultados fueron evaluados mediante dos tipos de análisis; cuantitativo y cualitativo. Los cuantitativos se analizaron con ayuda de la estadística, se utilizó la prueba t de student. Los cualitativos se analizaron a través de la interpretación de las respuestas de los estudiantes comparando el momento previo y posterior a la intervención.

Al finalizar el estudio se concluyó que los alumnos con los que se trabajó la estrategia (grupos experimentales) aprendieron significativamente la fotosíntesis a diferencia de los alumnos con los que no se trabajó la estrategia (grupos control).

Los estudiantes de los grupos experimentales, fueron capaces de enunciar el proceso fotosintético con sus propias palabras de manera organizada, coherente, mencionando fases productos y subproductos, apegados al conocimiento científico. En el caso de los grupos control, los alumnos no pudieron hacer dicha descripción pues carecían de los conceptos básicos para realizarla.

Introducción

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias han representado un gran reto tanto para profesores como para estudiantes en prácticamente todos los niveles educativos, pues su origen es multifactorial, siendo la acumulación de concepciones alternativas al conocimiento científico, uno de los obstáculos más difíciles de resolver (Pozo, 2007). Frecuentemente los alumnos buscan respuestas en la inmediatez del sentido común, forjando así explicaciones poco científicas de los fenómenos de una forma empírica; generalmente imprecisas.

Por ello, se ha buscado que los alumnos logren aprender ciencias de un modo significativo y menos memorístico, sin embargo, esto requiere un cambio profundo en la concepción de la enseñanza y el aprendizaje, para de esta forma lograr generar estrategias didácticas más eficientes.

En el área de Ciencias Experimentales, particularmente en la disciplina de Biología, se ha encontrado que los estudiantes presentan múltiples problemas en el aprendizaje de temas que requieren un alto grado de abstracción para su entendimiento, como es el caso del proceso fotosintético.

Particularmente la enseñanza y aprendizaje de la fotosíntesis presenta problemáticas particulares y difíciles de solucionar; por ejemplo, investigaciones realizadas con alumnos de Argentina, Brasil, México, España, Estados Unidos, Francia, Israel, Nueva Zelanda, Portugal, Reino Unido y Turquía; han mostrado que a pesar de ser países relativamente poco relacionados o distantes geográficamente, sus estudiantes comparten la gran mayoría de concepciones alternativas acerca del proceso fotosintético; siendo el origen de dichas concepciones los niveles básicos, que en muchos casos se extienden hasta la universidad (Charrier, 2006).

Con base en lo anterior, este trabajo de investigación busca generar nuevas alternativas en la enseñanza de la fotosíntesis, en la que se conjuntan y articulan diversos recursos didácticos para favorecer las necesidades cognitivas e intereses de los alumnos, para de esta forma generar en ellos aprendizajes significativos.

Por lo tanto, el diseño de dicha estrategia didáctica se basó en la recopilación e interpretación de datos que aproximaron al investigador a establecer necesidades específicas en la población estudiantil, para posteriormente diseñar una estrategia didáctica piloto¹, precediendo a la estrategia didáctica definitiva.

En la investigación participaron cuatro grupos de Biología I, impartida en el tercer semestre del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el turno vespertino. Con dos de ellos se trabajó la estrategia (grupos experimentales) y los resultados obtenidos se compararon con otros dos grupos (control) los cuales revisaron el tema con el profesor a cargo.

El trabajo de investigación está conformado por 7 capítulos:

Capítulo 1. Presenta el marco teórico de la investigación en el que se encuentra una breve revisión del surgimiento, evolución y diversificación del bachillerato Mexicano en el tiempo; así como algunos detalles del surgimiento del Colegio de Ciencias y Humanidades, su modelo educativo y la concepción de enseñanza adoptada por el Colegio. Adicionalmente, se enuncia la importancia del aprendizaje de la Biología, así como la fotosíntesis. Posteriormente se indica el sustento teórico didáctico y pedagógico que respalda el diseño de la estrategia didáctica. Finalmente se mencionan y definen los recursos didácticos que conforman la estrategia.

Capítulo 2. Justifica el desarrollo de la investigación.

Capítulo 3. Presenta el objetivo general y los objetivos particulares.

Capítulo 4. Describe de forma general cómo se articulan los elementos que conforman la estrategia, así como la población estudiantil. Además se precisan los instrumentos de evaluación utilizados.

¹ Piloto se refiere al diseño y aplicación de una estrategia para la enseñanza de la fotosíntesis de prueba.

Capítulo 5. Muestra los resultados cuantitativos y cualitativos de la investigación con sus respectivos el análisis.

Capítulo 6. Se concluyen los hallazgos y se enuncian perspectivas de continuidad para la investigación.

Capítulo 1. Marco teórico

En este primer capítulo se presenta, en los apartados; Educación Media Superior en México, dificultades en la enseñanza y aprendizaje de la Ciencia y estrategias de enseñanza, el contexto general que enmarca la investigación.

En el primero, se establece un breve y reciente recorrido histórico de la Educación Media Superior (EMS), en el que se mencionan los orígenes de algunas de las instituciones más importantes que actualmente conforman el Sistema de EMS mexicano, siendo el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la institución en la que se centra la atención del subcapítulo, debido a que este trabajo se desarrolló en el CCH, Plantel Oriente.

En el segundo apartado se mencionan las bases psicopedagógicas de la investigación; el constructivismo. Particularmente se retoman los trabajos de David Paul Ausubel y Jean Piaget.

Finalmente en el tercer apartado, se define, explica y fundamenta la importancia de una estrategia, así como los elementos vertebrales que conforman la estrategia presentada en este trabajo de investigación.

1.1 Educación Media Superior en México

En México, la Educación Media Superior usualmente la cursan jóvenes de entre 15 y 17 años y comprende el nivel bachillerato (INEE, 2015). Los objetivos generales de ésta son, en las palabras de José de Jesús de Bazán Levy (ex-Director General del Colegio de Ciencias y Humanidades, 1998-2006):

“[...] educar, es decir, capacitar, formar a los alumnos, contribuir a su desarrollo humano y cultural” (Bazán, 2001:17 citado en Bazán y García, 2001).

De acuerdo con lo mencionado, se espera que los alumnos egresados de cualquier institución de Educación Media Superior sean hombres y mujeres cultos y útiles a la sociedad (Bazán y García, 2001).

Para tal propósito en México se cuenta actualmente con diversos subsistemas de EMS, también llamados bachilleratos, los cuales se agrupan en tres modelos educativos (INEE, 2016):

- **Bachillerato general o propedéutico.** Surge con la promulgación de la Ley Orgánica de Instrucción Pública del Distrito Federal (ahora Ciudad de México). En 1867, en esta ley se estableció que la Escuela Nacional Preparatoria (bachillerato que actualmente pertenece a la UNAM), prepararía a los estudiantes para que pudieran cursar estudios de Educación Superior. En la actualidad, el objetivo original de este tipo de bachilleratos no ha cambiado, pues aún es de carácter propedéutico y se prepara a los estudiantes en todas las áreas del conocimiento para que posteriormente cursen estudios superiores (INEE, 2011).
- **Bachillerato tecnológico.** Igual que el bachillerato general, el tecnológico ofrece a los alumnos la oportunidad de cursar estudios de nivel superior, además de capacitarlos para que puedan participar en las ramas agropecuarias, industriales y de servicios, pesqueras, forestales y del mar (SEP, 2004). Este modelo educativo de EMS es bivalente por la formación propedéutica y técnica que ofrece a los estudiantes. El referente histórico más cercano del bachillerato tecnológico se encuentra en la década de los treinta, con el proyecto de la Escuela Politécnica que fue creada por la Secretaría de Educación Pública (SEP) en 1931. Entre las instituciones vigentes que se rigen bajo este modelo podemos encontrar el Centro de Bachillerato Tecnológico y de Servicios (CBTIS), el Centro de Estudios Tecnológicos en Aguas Continentales (CETAC) y el Centro de Estudios Científico y Tecnológicos (CECyT) perteneciente al Instituto Politécnico Nacional (IPN) (INEE, 2011).

- **Profesional técnico.** Este bachillerato fue fundado en la década de los setenta con la creación de la Dirección General de Educación Tecnológica Industrial (DGETI) en 1971 y el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP) en 1978, los cuales siguen operando en la actualidad (Ibarrola, 1991). Originalmente este modelo se trataba de una opción terminal pues sólo se buscaba formar profesionales técnicos con la finalidad de incorporar a sus egresados de inmediato al mercado de trabajo del país (INEE, 2011), sin embargo, el CONALEP, con base en los acuerdos 442 y 653¹ en los que se establece el Sistema Nacional de Bachillerato, reforma el perfil de sus egresados a Profesional Técnico Bachiller, lo cual significa que los jóvenes podrán cursar un bachillerato bivalente con la oportunidad de continuar estudios de nivel superior (INEE, 2014).

A partir de 1940 y como resultado del desarrollo y de la industrialización en México, la demanda de Técnicos de Nivel Medio Superior se incrementó, esto implicaba contratar mano de obra especializada, por lo que, para subsanar dichas necesidades en el bachillerato, se optó por la formación de las diversas opciones técnicas que permitiera a los jóvenes incorporarse a la vida laboral una vez terminada la Educación Media Superior (García, 2001; citado en García y González, 2013).

Ya para 1970 el país se encontraba en medio de una fuerte crisis económica, política y social, por ello se internó en un proceso de desarrollo económico denominado progresista. Para esta época, los sistemas educativos se encontraban en problemas, pues el país no contaba con las preparatorias suficientes para cubrir la demanda de Educación Media Superior. En este marco, el entonces Rector de la UNAM, Pablo González Casanova, inició el proyecto “Nueva Universidad”. Como resultado de esta propuesta nace el Colegio de Ciencias y Humanidades, CCH (García, 2011).

¹ Dichos acuerdos fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación el 26 de septiembre del 2008 y el 4 de septiembre de 2012, respectivamente.

1.1.1 El Colegio de Ciencias y Humanidades, el proyecto de la “Nueva Universidad”

El Colegio de Ciencias y Humanidades, fue creado por la UNAM en el año de 1971 en medio de grandes expectativas sociales, políticas, educativas y de una creciente demanda en todos los niveles educativos (Díaz, 2001, citado en García y González, 2013). En aquel entonces, la demanda por la Educación Media Superior era la mayor de la historia, pues para el año de 1971 la Escuela Nacional Preparatoria, contaba con 30,000 solicitudes de alumnos de nuevo ingreso, pero ésta sólo disponía de 13,000 plazas (Flores, 2001, citado en García y González, 2013).

En 1970, el recién nombrado Rector de la UNAM, Pablo González Casanova, casi un mes después de haber tomado posesión del cargo, emitió el acuerdo para crear el Consejo de la “Nueva Universidad”, nombrando a Roger Díaz de Cossío como Coordinador. El objetivo de dicho proyecto era estudiar sistemas de enseñanza y proyectos específicos para la creación de nuevas unidades académicas. Díaz de Cossío realizó un estudio denominado “El futuro de nuestras universidades”, en el cual hace una crítica, exponiendo las carencias del sistema educativo (García y Palencia, 2001, citado en García y González, 2013).

Poco tiempo después de esta petición, en la sesión Ordinaria del día 26 de enero de 1971, el Consejo Universitario aprobó por unanimidad la creación del Colegio de Ciencias y Humanidades. Con ello se abrió una nueva ventana de oportunidad en la que se ofreció una educación con la posibilidad de ser propedéutica o profesional, colaborando así con el desarrollo del país. La creación del CCH sería el resultado de la movilización de los recursos universitarios para orientar por nuevos rumbos la enseñanza y la investigación científica dentro de la UNAM (Gaceta UNAM, 1971).

1.1.1.1 Modelo educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades

De acuerdo con el doctor José de Jesús Bazán, el Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades:

“Es un conjunto de opciones filosóficas, culturales, disciplinares y didácticas cuyo propósito es la formación de estudiantes de un ciclo y con propósitos coherentes con una concepción de la naturaleza humana histórica que se considera portadora de valores socialmente reconocidos” (Bazán, 2012:69 citado en CCH, 2012).

Desde la planeación del CCH, se proyectó egresar alumnos para los que:

“Tener información no era tan importante como el saber cómo encontrarla, cómo manejarla, cómo servirse de ella para crear nuevos conocimientos, que respondieran adecuadamente a preguntas de toda índole que le hagan la Ciencia, la Sociedad, y que se haga como profesional” (García y Palencia, 2013:43).

Es decir, el modelo del Colegio apuesta por una educación creativa y constructiva como alternativa al enciclopedismo imperante, siempre considerando como centro del proceso didáctico a los alumnos y atendiendo a tres principios pedagógicos esenciales:

- Aprender a aprender. “Es un concepto multidimensional que incluye aspectos metacognitivos (saber qué se sabe, cómo se aprendió, cómo se relaciona lo aprendido con el bagaje de conocimientos y cómo seguir aprendiendo), habilidades complejas de pensamiento, autorregulación y autoestima (estos dos últimos permiten determinar y administrar los momentos del aprendizaje y su aplicación) que son la base para aprender a lo largo de la vida y propician que el alumno sea capaz de adquirir nuevos conocimientos por cuenta propia; asumiendo la responsabilidad sobre su propio aprendizaje, situándolo como el actor central del acto educativo”

- Aprender a hacer. “Implica que los alumnos desarrollen y fortalezcan habilidades cognitivas y destrezas manuales que les permitan leer todo tipo de textos, escribir, expresar sus ideas, resolver problemas, elaborar gráficas, llevar a cabo un proyecto o un experimento, manipular un dispositivo de laboratorio, cuidar su cuerpo, elaborar una encuesta, trabajar en equipo, impulsar procedimientos de trabajo que les permitan apropiarse de estrategias y a elaborar las suyas para analizar, inducir, deducir y exponer información obtenida de fuentes documentales y experimentales”.
- Aprender a ser. “Implica que los profesores pueden integrar a sus cursos, dentro del aula-laboratorio, los valores que como sociedad nos permiten convivir mejor, sea el respeto, la tolerancia, la responsabilidad, la honestidad, valores implícitos en cada sesión de nuestros cursos” (CCH, 2016:10, 11).

En resumen, el CCH busca que sus egresados sean personas críticas, expresen sus ideas y posean los principios de cultura básica (CCH, 2006).

1.1.1.1.1 Importancia del aprendizaje de la Biología en el Colegio de Ciencias y Humanidades

Es sustancial que los jóvenes comprendan lo relevante de aprender acerca de Ciencia y Tecnología en el mundo actual para encarar los retos de la sociedad moderna; el conocimiento científico promueve en los estudiantes habilidades de investigación con base en fuentes científicas, explicación de fenómenos fundamentados en el saber científico, además de favorecer la participación ciudadana responsable y reflexiva (INEE, 2013).

En efecto, la Ciencia es parte y producto de la cultura humana, a la vez que ésta colabora con construcción, reconstrucción y ampliación de la cultura; en consecuencia, cualquier habitante requiere una comprensión general de las

Ciencias, para entender sus alcances, límites e implicaciones sociales (CCH, 2013).

En el Colegio de Ciencias y Humanidades se cuenta con un Área de Ciencias Experimentales conformada por Química, Física, Biología, Ciencias de la Salud y Psicología, para proveer a los estudiantes los fundamentos correspondientes al conocimiento científico y tecnológico, para que ellos puedan interactuar con su entorno responsable, informada y críticamente (CCH, 2006).

Particularmente, la asignatura de Biología busca que los alumnos generen sus propias explicaciones con base en argumentos científicos, acerca de los seres vivos y su entorno, a través del aprendizaje y articulación de conceptos y principios, mediante la construcción y reconstrucción del conocimiento (CCH, 2013).

En términos generales, el aprendizaje de las materias que conforman el Área de Ciencias Experimentales provee a los alumnos de:

- La habilidad para solucionar problemas de manera lógica y sistemática.
- La capacidad de búsqueda, interpretación, análisis, utilización, y comunicación de información destacada, en el ámbito científico y tecnológico.
- El interés por adquirir hábitos más saludables y por la conservación del medio ambiente (CCH, 2006).

De acuerdo con el Programa de estudio del CCH, en el área de Ciencias experimentales de Biología I-II (2016), se pretende dotar a los alumnos de:

- Los conocimientos globales o principios que sustentan a esta Ciencia y que a los alumnos se les presentan en forma de teorías.

- Las habilidades básicas para tener acceso a la información biológica y a su utilización para un mejor desempeño en su vida adulta.

1.1.1.1.2 Importancia del aprendizaje de la fotosíntesis

Como se menciona antes, la enseñanza de las Ciencias provee a los alumnos de habilidades para enfrentar los retos de la sociedad moderna y cada una de las disciplinas que la conforman contribuye con dicha misión. Específicamente la Biología fomenta en los estudiantes la capacidad de investigación, el desarrollo de sus propias explicaciones acerca de fenómenos naturales con base en fuentes científicas e impulsa en ellos una percepción diferente del mundo, permitiéndoles un comportamiento responsable con el medio (CCH, 2016).

Indiscutiblemente todo el conocimiento que conforma la Biología es de gran trascendencia para el alumno, sin embargo, el estudio del tema Fotosíntesis, se valora como articulador entre conceptos clave de la Biología como; la célula, estructura y crecimiento de las planta, algas y cianobacterias, respiración celular, metabolismo, energía y nutrición. Además de su transversalidad con las disciplinas de Física y Química. Es un tema en el que se cimientan las interacciones ecológicas de los ecosistemas, otorgando al alumno la capacidad de generar una opinión propia acerca de cuestiones económicas y políticas del país, como la producción de alimentos o el uso de biocombustibles, por mencionar algunos (Garnica y Roa, 2012). Dicho tema contribuye de manera importante a alcanzar algunas de las metas que el Colegio establece; que los alumnos puedan interactuar con su entorno responsable, informada y críticamente (CCH, 2016).

1.2 Dificultades en la enseñanza y aprendizaje de la Ciencia

En las últimas tres décadas, la investigación didáctica ha hecho de nuestro conocimiento la presencia de severos problemas en la enseñanza y el aprendizaje de todos los campos disciplinares, en todos los niveles educativos (Charrier *et al.*, 2006).

Particularmente, entre los maestros de Ciencias existe un incremento de desilusión e inquietud al darse cuenta del poco alcance que tienen sus esfuerzos docentes, pues al parecer es creciente el número de estudiantes que aprenden poco y no les atrae lo que aprenden (Pozo y Gómez, 2004).

Se ha documentado una cuantiosa cifra de estudiantes que incurren en errores elementales, no sólo en los niveles básicos de educación, sino también en los universitarios, debido en parte a una continua comunicación de imprecisiones. En este sentido, resulta preocupante que un estudiante que ha conservado dichas imprecisiones llegue a ejercer la docencia, pues supondría la difusión y continuidad del problema (Totorikaguena, 2013).

De acuerdo con Pozo y Gómez (2004), en los estudiantes se encuentran robustas concepciones alternativas, es decir, conceptos diferentes a los científicos que son resistentes al cambio, permaneciendo incluso después de prolongados periodos de instrucción científica.

A finales de la década de los setenta se reportó que un gran número de estudiantes no lograron entender los conceptos científicos a pesar de la persistencia de su repetición, a esta falta de comprensión se le denominó “errores conceptuales”, que básicamente se referían a las respuestas incorrectas de los estudiantes (Solbes, 2009). Con el paso del tiempo, a estos errores se le ha denominado de diversas maneras: concepción alternativa, idea previa, ciencia de los alumnos, teorías espontáneas, ciencia intuitiva, marcos alternativos, etcétera, dando denominación a las ideas que los alumnos utilizaban de manera espontánea para explicar fenómenos científicos (Pintó, *et al.*, 1996). En palabras de Osborne y Wittrock (1983):

“Los alumnos desarrollan ideas sobre su mundo, construyen significados para las palabras que se usan en Ciencia y despliegan estrategias para conseguir explicaciones sobre cómo y por qué las cosas se comportan como lo hacen” (citado en Campanario y Otero, 2000:2).

A partir de investigación acerca de las concepciones alternativas surgida en los ochenta, se demostró que éstas no son sólo omisiones o imprecisiones fugaces, sino conceptos integrados y arraigados en la mente (Solbes 2009). Pintó, *et al.* (1996) menciona al respecto, que estos conceptos constan de cuatro posibles propiedades que las convierten en un verdadero obstáculo para el aprendizaje:

- Coherencia. En la mente de los alumnos, estas concepciones están estructuradas y se conectan entre sí; para los estudiantes son coherentes y suficientes para esclarecer lo que pasa a su alrededor, lo que les otorga un carácter de persistencia.
- Persistencia. La resistencia al cambio, probablemente la característica más alarmante de las concepciones alternativas de los alumnos, pues hace que perduren a lo largo del tiempo a pesar de las intervenciones educativas.
- Universalidad. Se han realizado un gran número de investigaciones alrededor del mundo en las que se apunta que las ideas previas son análogas en comunidades e incluso en países distintos, teniendo incluso un paralelismo con algunas teorías de otra era, frecuentemente precientífica, sin embargo, también existen estudios en los que se presentan resultados distintos, argumentando diferencias entre estudiantes y sus concepciones alternativas, lo cual es probable que tenga su origen en los contextos culturales o en la organización del currículo.
- De carácter inconexo. Los estudiantes pueden dar diversas explicaciones (incluso desvinculadas entre sí), a un mismo fenómeno en contextos distintos.

Como se puede inferir, las concepciones alternativas son resistentes al cambio y en muchas ocasiones la orientación tradicional de la enseñanza falla en su propósito de cambio conceptual, incluso la enseñanza dirigida categóricamente a la exclusión de las ideas previas no lo consigue (Campanario y Otero, 2000).

Las personas construyen los nuevos conocimientos a partir de lo que ya saben; en otras palabras, el conocimiento adquirido con anterioridad (por ejemplo, las ideas poco científicas) puede interferir de manera negativa en el aprendizaje (Resnik y Collins, 1994). De acuerdo con lo anterior, los expertos en la enseñanza de las Ciencias impulsados en gran parte por Ausubel, uno de los más grandes representantes de la corriente constructivista, comenzaron a indagar las concepciones previas de los estudiantes como punto de inicio de sus cátedras (Campanario y Otero, 2000).

1.2.1 Constructivismo

El enfoque constructivista consta de diversas propuestas, sin embargo, la idea central es que el conocimiento proviene de un proceso de construcción activo, es decir, los individuos son los arquitectos de sus propios esquemas, sin tratarse de un desdoblamiento o simple ejecución de conocimientos innatos, ni una reproducción fiel del mundo que nos rodea (Serrano y Pons, 2011).

Si bien es cierto que la construcción del conocimiento es inalienable del individuo, lo anterior no quiere decir que se realiza en solitario, pues la interacción con otros sujetos (se encuentren o no presentes) maestros o compañeros, profesores virtuales o autores de libros, contribuye en el aprendizaje de la persona (Hernández, G., 2008).

La palabra constructivismo proviene del latín *construir* que significa “dar estructura”, lo que ciertamente es el principio básico de este enfoque (Hernández, S., 2008).

De acuerdo con la postura constructivista, los conocimientos no se acumulan, ni se transmiten, más bien los estudiantes organizan, extrapolan e interpretan la información para, de tal forma, poder construir su conocimiento. Cuando los estudiantes organizan la información construyen *estructuras*, las cuales están compuestas por *esquemas*, que son la alegoría (representación) de un concepto. La construcción y reconstrucción de las ideas existentes frecuentemente se realiza cuando se vinculan con las nuevas ideas. Los conceptos antes mencionados han sido referidos desde ya hace algún tiempo por diversos autores como Piaget, Bandura, Kelley, Miller, entre otros (Chadwick, 1999).

Para el constructivismo, el aprendizaje es una construcción y no un facsímil de la realidad; se lleva a cabo mediante la reestructuración de ideas previamente adquiridas y no por el reemplazamiento de las nuevas ideas por las precedentes. Cuando el sujeto aprende, se promueve un cambio cualitativo en sus concepciones, pues éste comienza a gestar soluciones inéditas y no sólo a reproducir respuestas prefabricadas (Pozo, 2003).

Según Coll (2010:193), “el alumno aprende un contenido cualquiera cuando es capaz de atribuirle un significado”. Es decir, cuando a dichos contenidos no se les atribuye un significado, es muy probable que el estudiante no los entienda y únicamente los repita de manera instintiva cuando son requeridos, por ejemplo, en un examen. En palabras de Ausubel y sus colaboradores, atribuir un significado a un contenido quiere decir que “el alumnos es capaz de establecer relaciones sustantivas y no arbitrarias entre lo que aprendimos y lo que ya conocemos” (citado por Coll, 2010:194).

Diversos investigadores concuerdan con la propuesta de que es a través del aprendizaje significativo que se desarrolla el conocimiento (Díaz-Barriga y Hernández, 2008).

1.2.1.1 Aprendizaje significativo

Aprender involucra acontecimientos de toda la vida del individuo; desde aprender a hablar, a caminar, a leer, a escribir, hasta andar en bicicleta o ser responsable. Por lo tanto, podemos deducir que el aprendizaje no sólo se limita al ámbito escolar, sino que abarca todas las dimensiones del ser humano (Gutiérrez, 2001).

Por mucho tiempo se había considerado que el aprendizaje es resultado de un proceso repetitivo en el que un estímulo (E), proveniente del entorno producirá una respuesta (R) formando así un vínculo, de tal manera que para un *E* específico habrá casi imprescindiblemente una *R* asociada. Este enfoque de aprendizaje proviene de una teoría asociacionista o conductista, en la que los alumnos tenían un rol pasivo, la cual dominó la enseñanza aproximadamente hasta los años setentas (Novak, 2000, citado por Escuela Pedagógica Experimental, 2000).

Actualmente, en algunos centros escolares, el enfoque conductista para la enseñanza y aprendizaje sigue vigente, pues se trata a los alumnos como recipientes vacíos y el aprendizaje consiste en “atender, copiar y repetir” (Solbes, 2009:5), en otras palabras, se considera a los estudiantes como cavidades huecas en las que se *coloca* el conocimiento (Campanario y Otero, 2000). La principal limitación de este tipo de aprendizaje es que, por medio de la repetición no se llega a la comprensión, es decir, a la organización, relación y extracción del significado de la información (Pozo, 2003).

Según Perkins, (citado por Stone, 1999:70), cuando un alumno comprende un concepto, es capaz de “explicar, justificar, extrapolar, vincular y aplicar” dicha idea. Por otro lado, sí el estudiante se limita únicamente a memorizar y repetir literalmente la información, se señala una falta de comprensión en el aprendizaje.

De acuerdo con Pozo y Gómez (2004:89):

“El sujeto es capaz de dotar de significado a un material o una información que se le presenta, es decir cuando *comprende* ese material; donde

comprender sería equivalente, más o menos, a traducir algo a las propias palabras”.

En términos piagetianos, cuando se logra *acomodar, diversificar, enriquecer e interconectar* la nueva información con la previa se dice que se ha dotado de significado a la idea o que el aprendizaje fue significativo. Lo que no se logra “asimilar a ningún esquema previo carece totalmente de significado para el estudiante” (citado por Coll, 2010:195).

Ausubel resaltó la importancia del aprendizaje significativo y la trascendencia de las ideas previas en la gestación de nuevos conocimientos planteándolo de la siguiente manera en una de sus más célebres frases:

“El factor particular que más influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñele en consecuencia” (Novak, 2000:178 citado en Escuela Pedagógica Experimental, 2000).

1.2.1.1.1 Teoría del aprendizaje verbal significativo de Ausubel

David Paul Ausubel (1919-2008), psiquiatra y maestro de estudiantes de medicina, encausó sus estudios en los procesos cognitivos comprometidos en el aprendizaje (Davis, 2014). Durante su investigación desarrolló la teoría del *aprendizaje significativo*, la cual ha tenido gran impacto en la enseñanza y el aprendizaje, convirtiéndose en un pilar del constructivismo moderno. Esta teoría tiene más de cuarenta años de vigencia (Palmero, 2010).

La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel nos habla acerca de cómo la nueva información que recibe un estudiante se podría incorporar a una *estructura cognitiva* (sistema de conceptos relacionados y almacenados en la mente) ya existente, estableciendo a ésta como punto de anclaje para el nuevo conocimiento, mediado por *puentes cognitivos* u *organizadores previos*, logrando que el aprendizaje llegue a ser significativo al conseguir integrar los nuevos

conocimientos a una estructura cognitiva precursora (Giordan, 2000, citado en Escuela Pedagógica Experimental, 2000).

Para Ausubel era importante promover un aprendizaje significativo, pues este ocasiona una metamorfosis en las estructuras cognitivas del estudiante, es decir, el engarce racional y sistemático de los nuevos conceptos con los que los preceden. En palabras del autor, “un aprendizaje es significativo cuando: puede relacionarse, de modo no arbitrario y sustancial (no al pie de la letra) con lo que el alumno ya sabe” (Ausubel, 1978, citado en Pozo 2010:211).

Según la teoría ausubeliana, algunas condiciones necesarias para provocar un aprendizaje significativo en los alumnos son:

- La nueva información debe estar constituida por elementos organizados, en la que estos guardan relación y tienen significado en sí mismos, un ejemplo de esto son las mnemotecnias (Pozo, 2010).
- Predisposición para el aprendizaje significativo. Debido a que éste demanda mayor empeño que el aprendizaje memorístico, el estudiante debe tener un motivo para realizar este esfuerzo extra. Una vez que el estudiante logra comprender un nuevo concepto, se le retribuye experimentando una satisfacción interna, a la que Ausubel llamó *empuje cognitivo* (Davis, 2014).
- Ideas de anclaje. Para que el alumnos logre comprender un nuevo concepto, es necesario que posea dentro sus estructuras cognitivas los conocimientos pertinentes para anclar los nuevos. Derivado de esto es que resulta de suma importancia que los profesores sean conscientes de lo que el alumno sabe; una vez que se ha averiguado esto, se enseña en consecuencia (Palmero, 2010).
- Organizadores previos. Estos preparan al alumno para acoger la nueva temática. Estos funcionan como puente cognoscitivo, entre lo que ya se

sabe y lo que se va a aprender (Novak, 2000 citado en Escuela Pedagógica Experimental, 2000). De manera general, son enunciados que ordenan los conceptos preexistentes y preparan al estudiante para la comunicación de la nueva información (Davis 2014). Estos se pueden categorizar en:

- Organizador previo comparativo. Son aquellos en los que se compara la nueva información con conceptos conocidos. En otros términos se hacen analogías entre lo conocido y lo que se va a conocer.
- Organizador previo expositivo. Es una exposición oral general de lo que se enseñará. Prepara al alumno con el conocimiento necesario para que éste pueda aprender de manera significativa la nueva información (Schunk, 2012).

Dentro de esta teoría, también se hace énfasis en la importancia de la enseñanza expositiva, la cual es considerada por Ausubel como el método más eficaz para comunicar el conocimiento (Davis, 2014). En otras palabras, Ausubel pensaba que era posible guiar a un aprendizaje significativo mediante la enseñanza por transmisión verbal (Novak, 2000, citado en Escuela Pedagógica Experimental, 2000).

Ausubel estuvo fuertemente influenciado por Piaget, pues con base en la teoría de este último, fue consciente que los alumnos que aún no han superado la *etapa concreta de desarrollo cognitivo* no son capaces de correlacionar o vincular concepciones abstractas dentro de sus estructuras cognitivas (Davis, 2014).

1.2.1.1.2 Teoría de la equilibración de Piaget

Jean Piaget (1896-1980) nació en Neuchâtel, Suiza. Gracias a sus estudios con moluscos y sus procesos de adaptación, obtuvo su doctorado a la edad de 21 años, sin embargo, poco tiempo después, a la edad de 22 años, se sumó a las filas del laboratorio de Psicología de la Universidad de Zurich, con Alfred Binet, quién fuese el primero en desarrollar un test de inteligencia. Piaget comenzó aplicando estas pruebas a niños quedando realmente interesado en las respuestas incorrectas que éstos daban. De las observaciones que realizó en aquel tiempo surge la base de su teoría, la cual seguiría desarrollando por los siguientes 60 años, cambiando así, la forma en la que se entendía el desarrollo de la mente infantil (Santronk, 2003).

Piaget propone que la construcción del conocimiento es activa, es decir, que sólo a través de la interacción entre el sujeto y el objeto es que se podrá construir una interpretación de la realidad. Debido a esto, es importante que el individuo tenga la posibilidad de actuar sobre los elementos que se encuentran a su alrededor (manipule, mezcle, sujete, pegue, incorpore, etcétera), de tal manera que pueda ir generando sus propios *esquemas* o *estructuras cognoscitivas* (representaciones sistematizadas de experiencias previas), en las que podrá organizar e interpretar la nueva información a través de los procesos de *asimilación* y *acomodación*. La asimilación, tiene lugar cuando el sujeto incorpora nueva información proveniente de su medio a sus estructuras cognoscitivas. La acomodación, se da cuando el individuo tiene que modificar sus estructuras cognitivas, es decir, sus representaciones para que éstas correspondan con las del mundo exterior (Briceño, 2012).

La asimilación y la acomodación tienden al equilibrio, sin embargo éste se rompe cuando los esquemas del individuo no coinciden con el mundo que le rodea, lo que promueve una reestructuración de éstos, de tal forma que al término del proceso, el sujeto cuenta con nuevos esquemas, permitiendo nuevamente el equilibrio entre los procesos de asimilación y acomodación que ahora descansan sobre las nuevas estructuras (Ossandón y Castillo, 2006).

Por lo tanto, el auge de las estructuras cognitivas en el sujeto se debe a un equilibrio entre los procesos de asimilación y acomodación, sin embargo, sólo cuando ocurre un desequilibrio entre éstos, es que sucede el aprendizaje o el cambio cognitivo, el cual está relacionado con el grado de desarrollo biológico del individuo (Pozo 2010).

De acuerdo con Piaget, conforme el individuo crece sus patrones de pensamiento cambian debido al proceso de equilibración, estos patrones los clasifica y describe en cuatro diferentes etapas o estadios de desarrollo cognitivo que se encuentran delimitados por la edad biológica de los infantes (Jensen, 2008). Véase la tabla ocho.

Tabla 1. Características de las etapas o estadios de la teoría de Piaget (Tomado y modificado de Schunk, 2012).

Etapas del desarrollo cognoscitivo de Piaget		
Edad	Etapas o estadios	Descripción
0-2 años	Sensoriomotriz	En este primer estadio, los bebés cimentan la comprensión del mundo que les rodea coordinando sus sentidos con maniobras físicas. Este entendimiento se basa únicamente en su presente.
2-7 años	Preoperacional	Para este estadio los niños ahora pueden interpretar al mundo con palabras o dibujos, no obstante, les resulta complicado realizar operaciones mentales. Durante este estadio pueden fantasear con el futuro y cavilar acerca del pasado, aunque sus pensamientos siguen muy situados en el presente
7-11 años	Operaciones concretas	Esta etapa destaca por el vertiginoso incremento cognoscitivo. Los estudiantes ahora son capaces de realizar operaciones mentales; pese a esto, el foco de atención de los niños se encuentra en lo que pueden manipular y experimentar dentro de su medio: ejemplos específicos o concretos. Para ellos es difícil trasladar sus conocimientos a situaciones específicas que requieran realizar hipótesis.
11-15/20 años	Operaciones formales	Es justamente en esta etapa donde los ahora adolescentes son capaces de resolver problemas complicados con diversas variables, es decir, despliegan su capacidad de pensar de manera científica. Su pensamiento es más abstracto que en el estadio anterior, ellos pueden hacer suposiciones acerca de situaciones ficticias y no sólo de situaciones tangibles, también pueden reflexionar de manera metódica acerca de ellas.

1.2.1.1.2.1 Limitaciones de la teoría piagetiana

La teoría de Piaget se ha mantenido hasta nuestros tiempos, lo cual no significa que todo lo que se propone siga vigente. A lo largo de los años, diversos estudios acerca del conflicto cognitivo han refutado la teoría de la equilibración, debido que se sostiene que los niños en etapa preoperacional no pueda realizar operaciones mentales como lo haría uno en el estadio de operaciones concretas o que para alcanzar la etapa de operaciones formales se requiera simplemente llegar a una edad específica (entre 11 y 15 años), pues ahora se sabe que una gran parte de adultos no ha logrado alcanzar este estadio a pesar de su edad (Jensen, 2008).

1.3 Estrategias de enseñanza

La palabra *estrategia* surge en el ámbito militar, en este medio un *estratega* planeaba, organizaba y guiaba las operaciones militares con el objetivo de conseguir la victoria (Monereo coord., 1999). Sin embargo, hoy en día este vocablo también se usa en el ambiente educativo, probablemente debido a su intrínseco significado con la planificación (De la Torre, *et al.*, 2000).

Desde la inserción de la palabra estrategia al medio educativo se ha clasificado de diversas formas: de enseñanza, de aprendizaje, preinstruccionales, coinstruccionales, posinstruccionales, de evaluación, etcétera (Feo, 2010). Sin embargo, aunque se han catalogado de diferentes maneras, se caracterizan por ser deliberadas, en otras palabras, por tener un plan de acción (Beltrán, 2003).

Feo (2010:222) las define como:

“Los procedimientos (métodos, técnicas, actividades) por los cuales el docente y los estudiantes, organizan las acciones de manera consciente para construir y lograr metas previstas e imprevistas en el proceso de enseñanza y aprendizaje, adaptándose a las necesidades de los participantes de manera significativa”

De manera particular, en el aula los docentes diseñan estrategias para apoyar a los estudiantes en sus procesos cognitivos, a dichas estrategias se les designa como *estrategias de enseñanza*:

“Todas aquellas ayudas planteadas por el docente que se le proporcionan al estudiante para facilitar un procesamiento más profundo de la información: es decir procedimientos o recursos utilizados por quien enseña para promover aprendizajes significativos” (Orellana, 2008 citado en Acosta, 2012:5).

Según Díaz-Barriga y Hernández (2002:151), las estrategias de enseñanza son:

“Procedimientos que el agente de enseñanza utiliza en forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos en los alumnos”

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO (por sus siglas en inglés), en el año 2000 define las estrategias didácticas como:

“La combinación y organización del conjunto de métodos y materiales escogidos para alcanzar logros académicos, con la finalidad de desarrollar en los estudiantes un aprendizaje significativo”

Como se puede observar, el objetivo general de las estrategias es promover en los estudiantes un aprendizaje significativo (Feo, s/a). Adicionalmente conceden a los alumnos la posibilidad de desarrollo de habilidades, tales como: búsqueda, análisis y síntesis de la información. Asimismo, impulsar al individuo como autodidacta (Rivero *et al.*, 2013).

1.3.1 Modelos de exposición-discusión

El modelo expositivo ha tenido una gran popularidad cuando de impartir clases se trata, pues incluso los profesores novatos pueden implementar este modelo debido a lo sencillo que resulta emplear las exposiciones, sin embargo, se ha demostrado que este método no es tan útil para promover aprendizaje en los estudiantes, pues se les coloca en un rol pasivo en el que la interacción entre estudiantes-estudiantes y estudiante-profesor es prácticamente inexistente. Además en la literatura se ha documentado, que se da una sobrecarga en la memoria de trabajo (la cual, es limitada), pues se expone una gran cantidad de información a los alumnos en muy poco tiempo, lo que provoca que se rebase esta capacidad y mucha de la información que se proporciona, se pierda. El modelo de exposición-discusión nace al implementar pequeñas discusiones al modelo expositivo, lo que permite tener a los estudiantes un rol más activo en clase y superar las dificultades antes mencionadas (Eggen y Kauchak, 2014).

La enseñanza mediante exposición-discusión se encuentra fuertemente influenciada por la teoría del aprendizaje verbal significativo de Ausubel, en la que se considera a la enseñanza expositiva como suficientemente eficaz para compartir el conocimiento, considerando los esquemas previos de los alumnos como punto de partida de la enseñanza (Davis, 2014).

En la tabla número 2 se muestran las fases que conforman el modelo de exposición-discusión.

Tabla 2. Fases del modelo exposición-discusión (Tomado y modificado de Eggen y Kauchak, 2014).

Fase			Función en el aprendizaje
1	Introducción	Indagación de los conocimientos previos y presentación de organizadores previos.	Activar los conocimientos previos y vincular la nueva información con la existente.
2	Presentación	Presentación la temática central de manera organizada.	Se producen nuevos esquemas.
3	Supervisión de la comprensión	Evaluación de la comprensión de la información presentada mediante preguntas.	Se verifica la comprensión que los alumnos tienen acerca del tema. Participación activa de los estudiantes.
4	Integración	Vinculación de la nueva información con la previa.	Se logra un equilibrio entre la nueva información y la precedente.
5	Revisión y cierre	Elaboración de un resumen del tema con énfasis en los temas más relevantes.	Completar la articulación y producción de esquemas.

La meta del modelo de exposición-discusión es comunicar el conocimiento de manera organizada, con el objetivo de que los alumnos articulen la nueva información con lo aprendido con anterioridad a través de la constante interacción estudiante-docente, buscando promover el aprendizaje significativo (Rojas, 2004).

1.3.2 Modelos didácticos

Diariamente la Ciencia se construye y se reconstruye; estos hallazgos son representados como modelos consensuados. Gracias a ellos se pueden analizar e interpretar fenómenos, formular hipótesis y elaborar pronósticos, es por esto que la educación basada en el modelaje juega un rol tan importante en el aula. Los docentes que basan sus estrategias de enseñanza en modelos, los emplean como la principal fuente para el desarrollo cognitivo de los alumnos, pues permiten que procesos abstractos, que no pueden ser observados o percibidos, se hagan

visibles, otorgando al estudiante una interpretación sencilla del mundo que los rodea (Felipe *et al.*, 2005).

En un primer acercamiento, los modelos son definidos genéricamente como *representaciones simples de la realidad que nos rodea* (Valcárcel, 2004). Desde que somos pequeños, utilizamos y manipulamos modelos mientras jugamos, por ejemplo; autos a escala. Los modelos representan los aspectos primordiales de las cosas, llegando a ser una copia de la realidad (Rosária, 2006).

La palabra modelo tiene muchos significados y es utilizada en muchos sentidos, sin embargo, en el ámbito educativo un modelo es una representación o analogía de un objeto, un proceso, evento o idea con características o fragmentos de un elemento determinado. Éstos pueden ser: mentales, matemáticos o a escala (Chamizo, 2009).

- Los modelos mentales. Son representaciones internas en la mente del sujeto, que posteriormente se podrán expresar mediante el habla, de forma escrita o simbólicamente.
- Los modelos matemáticos. Son expresiones de funciones hipotéticas entre variables. Por ejemplo: las ecuaciones o fórmulas.
- Los modelos a escala. Son una copia que guarda una relación con el objeto original resaltando los aspectos más relevantes o los que lo caracterizan, son tridimensionales y permiten expresar las relaciones espacio-temporales de los objetos. Las maquetas, animaciones, vídeos, mapas, son un ejemplo de ello (Felipe *et al.*, 2005 y Valcárcel, 2004).

Cuando los alumnos realizan modelos o modelizan se favorece el pensamiento científico. Cuando ellos construyen un modelo imaginan, manifiestan y confrontan; aprenden la manera en la que se desarrolla la Ciencia y no sólo los productos de ésta. Es decir los modelos permiten comprender la naturaleza de la Ciencia y sus concepciones. Dicho aprendizaje resulta indispensable hoy en día para los

estudiantes, debido a que les ayudará a tomar decisiones más informadas y responsables en el futuro acerca de las interacciones entre la Ciencia, la Tecnología y el Ambiente (Chamizo, 2009).

1.3.2.1 Vídeos y animaciones

Como se había mencionado, los modelos se pueden clasificar en mentales, matemáticos o a escala. Dichas representaciones resultan fundamentales para la construcción de la Ciencia y, por lo tanto, para la enseñanza de ésta. Particularmente, el uso de animaciones y vídeos en las aulas es recurrente, debido al auge de las tecnologías (Gilbert, 2008). Al utilizar este tipo de modelos en los salones de clases, se promueve la comprensión de los alumnos debido a que:

- Permite visualizar procesos que ocurren a nivel microscópico.
- Ayuda en la construcción de modelos mentales.
- Promueve el aprendizaje de conceptos abstractos.

Incluso utilizando modelos a escala (maquetas, animaciones, vídeos o mapas) los modelos matemáticos (ecuaciones y formulas) pueden llegar a entenderse mejor.

Aunque el uso de animaciones y vídeos promueve el aprendizaje de temas abstractos, siempre se recomienda el uso de éstos guiados por el profesor (Tasked y Dalton, 2008, citado en Gilbert *et al.*, 2008).

Capítulo 2. Justificación

En este capítulo se plantea la problemática existente alrededor del aprendizaje de la fotosíntesis y la importancia de generar alternativas de enseñanza.

Actualmente aprender acerca de Ciencia y Tecnología resulta de suma importancia para los jóvenes, pues los prepara para la sociedad moderna, debido a que estos aprendizajes resultan estratégicos, no sólo para su desarrollo sino del país en el que se encuentran (INNE, 2011).

El conocimiento científico de un sujeto le permite construir y reconstruir nuevos conocimientos, entender la epistemología de la Ciencia y cómo ésta explica fenómenos y sus relaciones, lo que a su vez lo posibilita a actuar de manera informada, pero, sobre todo, reflexivamente acerca de los temas científicos que acontecen a su alrededor (INNE, 2013).

Particularmente en el área de las Ciencias Naturales, la Biología es fundamental dentro de los aprendizajes de los individuos, pues los faculta para tomar decisiones y participar de manera activa en su entorno social, por ejemplo en el tema del impacto ambiental que la actividad humana tiene sobre la abundancia y la diversidad biológica. Es por esto que la Biología se encuentra presente desde los primeros niveles educativos (Briceño, 2012).

Dentro de la Biología podemos encontrar una gran cantidad de contenidos esenciales para el desarrollo del alumno; entre ellos, la fotosíntesis es uno de los temas centrales, pues ésta se haya cercanamente vinculada con otros procesos que son de igual importancia, por ejemplo, el flujo de energía en los ecosistemas, la respiración celular, los ciclos biogeoquímicos y con conceptos como: célula, energía, luz, fotones, sistema biológico, etc. Para el aprendizaje del proceso fotosintético se necesitan referentes teóricos de Física y Química, lo que significa que es un tema articulador de muchos ejes (Garnica, 2012 y Briceño, 2012).

La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas, algas y cianobacterias se nutren y es considerado de gran interés en el entorno educativo por su

aportación para entender el mundo vegetal, cómo es que los sistemas biológicos interaccionan con su medio; el intercambio de materia y energía que posibilita la vida en el Planeta. Es debido a esto que el tema se encuentra en los planes y programas de estudio de la educación obligatoria y su presencia no es objeto de disputas; sin embargo, el proceso fotosintético es considerado de alto grado de dificultad para su aprendizaje por su nivel de abstracción (González *et al.*, 2011).

Por esto, desde los años ochenta la investigación didáctica se interesó por las ideas previas que los alumnos poseen acerca de la fotosíntesis, poniendo en evidencia que existen severos problemas tanto para la enseñanza como para el aprendizaje de la fotosíntesis en todos los niveles escolares (Sáenz, 2012).

Se ha evidenciado que incluso alumnos de nivel licenciatura cometen errores básicos, por ejemplo: que la clorofila no es vital en el proceso fotosintético o que los carbohidratos no son uno de los productos de la fotosíntesis (Totorikaguena, 2013).

Charrier (2006) ha identificado las concepciones alternativas más frecuentes que tienen los alumnos acerca del tema:

- Las plantas obtienen su alimento del suelo a través de las raíces.
- No es clara la función de la clorofila; es la sangre de las plantas, es un alimento, da color a las plantas, etcétera.
- No se tiene la certeza de la función de la hoja.
- Confunden el proceso fotosintético con la respiración celular y aun más frecuentemente, la fotosíntesis se considera una respiración inversa que las plantas realizan en el día.
- Se considera a la energía sólo como un medio para obtener calor.
- Ignoran la transformación de energía solar a química.

Se ha encontrado que dichas concepciones se mantienen aún después de las intervenciones educativas, encontrándolas desde los niveles básicos hasta los especializados, lo cual resulta preocupante pues es probable que algunos de estos estudiantes que conservan estas ideas alternativas podrían llegar a ser profesores. De aquí la importancia de implementar nuevas estrategias para la enseñanza y aprendizaje de la fotosíntesis (Totorikaguena, 2013).

Para esta finalidad la modelización ha resultado un recurso útil, pues cuando se crea un modelo se construye una estructura simbólica, la cual fomenta el desarrollo del pensamiento científico y dichas representaciones tangibles hacen más asequible el conocimiento para los estudiantes (Rosária, 2006).

Capítulo 3. Objetivos

A continuación se enuncian los objetivos, general y particulares que se plantearon en la presente tesis.

3.1 Objetivo general

Diseñar, aplicar y evaluar una estrategia constructivista con uso de modelos para la enseñanza y el aprendizaje de la fotosíntesis en el bachillerato.

3.2 Objetivos particulares

- Diseñar una estrategia con enfoque constructivista basado en la modelización para la enseñanza y el aprendizaje de la fotosíntesis en el bachillerato.
- Aplicar la estrategia para la enseñanza y el aprendizaje de la fotosíntesis a alumnos en el bachillerato.
- Evaluar la estrategia mediante instrumentos cuantitativos y cualitativos.

Capítulo 4. Metodología de la investigación

En este capítulo se explica la articulación de las teorías de Ausubel y Piaget con los elementos que conforman la estrategia, así como una descripción de la estructura de la estrategia didáctica y los datos más relevantes de la investigación, la institución en la que se realizó el estudio y la población estudiantil que participó.

4.1 Diseño de la estrategia

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo diseñar, aplicar y evaluar una estrategia didáctica para la enseñanza de la fotosíntesis mediante el uso de modelos, la cual se construyó y se sustentó sobre las bases del enfoque constructivista, particularmente apoyada en la teoría del aprendizaje verbal significativo de Ausubel y la teoría de equilibración de Piaget.

Como finalidad de dicha estrategia se consideró el aprendizaje significativo, adoptando la definición de Pozo y Gómez (2004:89) como sostén de dicho concepto:

“El sujeto es capaz de dotar de significado a un material o una información que se le presenta, es decir cuando *comprende* ese material; donde comprender sería equivalente, más o menos, a traducir algo a las propias palabras”.

Para alcanzar este propósito, se articularon diversos elementos de la teoría ausubeliana y piagetiana en una estrategia de enseñanza cuya pieza clave fue la modelización. Los elementos que se tomaron en cuenta de la teoría de Ausubel son los siguientes:

- Organizadores previos. También llamados puentes cognoscitivos, estos pueden llegar a ser útiles herramientas para el docente, ya que fomentaron la organización de las estructuras cognitivas previas de los alumnos para anclar la nueva información, sin embargo cuando dichas estructuras de

anclaje no existen, los organizadores previos también pueden subsanar dicha carencia, pues al presentarlos se pueden crear nuevas estructuras con las cuales se podrían engarzar los nuevos conocimientos, dando como resultado que el material que se va a presentar sea asequible para los alumnos (Novak, 2000 citado en Escuela Pedagógica Experimental, 2000; Davis, 2014).

Con base en este principio se implementó y se adaptó un modelo a escala con luces LED (Diodo Emisor de Luz, LED por sus siglas en inglés²), con el que se explicaron la primera y segunda ley de la termodinámica. Dicho conocimiento es indispensable para el anclaje del proceso fotosintético pues durante éste ocurren diversas transformaciones y pérdida de energía. Dos fenómenos que se explicaron mediante las leyes de la termodinámica.

Al implementar esta actividad como organizador previo los alumnos pueden aprender (si es que es el caso), recordar e incluso reconstruir conceptos como: energía, luz, fotones, longitud de onda, espectro electromagnético y espectro de luz visible. Esta actividad también es introductoria al tema.

Adicionalmente, se trabajó un cuadro comparativo en el que se compararon representantes de distintas familias; *Plantae* y *Animalia*. En dicho cuadro se confrontaron estructuras morfológicamente diferentes de una planta de Chile y un gato doméstico con el objetivo de que el alumno reconociera que aunque las estructuras son diferentes las funciones vitales de estos sistemas vivos son las mismas³.

Este organizador es una introducción al tema, pues otorga una visión general de cómo los miembros del reino *Plantae* obtienen sus carbohidratos, además de poner nuevamente al alcance de los alumnos conceptos tales como: sistema biológico, funciones vitales, ventilación y reproducción.

² Para conocer el modelo a escala para la enseñanza y aprendizaje de luces LED, véase anexo número tres.

³ Para conocer la estructura del cuadro comparativo véase anexo número dos.

- Organizadores comparativos. Se utiliza un conocimiento previo como referencia para entender otro, en otras palabras, se hacen analogías de conceptos que se sabe que los estudiantes conocen bien, con los nuevos. Por ejemplo: “El emú es un ave similar al avestruz” (Davis, 2014:36).

Se recurrió constantemente a los organizadores comparativos durante los momentos de exposición-discusión, buscando facilitar al alumno el engranaje de lo conocido con lo nuevo.

Al respecto, Ausubel consideraba que la mejor manera de comunicar grandes bloques de conocimiento es mediante el discurso. Derivado de esta premisa, se implementó el modelo de exposición-discusión para enseñar el tema fotosíntesis.

Aunado a esto se tomó en cuenta como pieza fundamental de la estrategia la modelización. Con ello se buscó promover el pensamiento abstracto, así como el pensamiento científico y su construcción mediante la elaboración y manejo de modelos a escala. Este argumento se sustenta en la teoría piagetiana, en la que se dice que es sólo a través de la manipulación del objeto por el sujeto que se puede llegar a la construcción del conocimiento. De ésta manera, los estudiantes podrían manipular, por lo menos de manera figurada, conceptos y procesos que sólo ocurren a nivel molecular como la transferencia de energía o la fotosíntesis. Al ser estos procesos no visibles son considerados como abstractos. De aquí que para facilitar la comprensión del tema, se diseñaron modelos a escala con los que los alumnos operaron y experimentaron de manera física o tangible el proceso fotosintético a través de los modelos de luces LED y la maqueta⁴ que ellos realizaron.

Como resultado de la investigación didáctica y la articulación de elementos de dos de las teorías pilares del constructivismo, con recursos diseñados, rediseñados y adaptados expresamente para la enseñanza del proceso fotosintético, se obtuvo

⁴ Para ver ejemplos de los modelos que realizaron los estudiantes del proceso fotosintético véase anexo cuatro.

una estrategia original, con el objetivo de promover el aprendizaje significativo en alumnos de bachillerato.

De tal manera que el orden de los elementos que conformaron la estrategia fue el siguiente:

- Breve exposición-discusión en la que se definieron conceptos básicos como energía, luz, leyes de la termodinámica (primera y segunda ley), espectro electromagnético y longitud de onda para posteriormente presentar el modelo de luces LED.
- A partir de las preguntas ¿Los seres vivos también requerimos de energía para vivir?, ¿Esta energía se regirá bajo las mismas leyes de la termodinámica? Sí, no, ¿Por qué? Que provienen del inciso tres del cuestionario que se realiza posterior al modelo de luces LED, se entrega a los alumnos el siguiente organizador previo, el cuadro comparativo.

Después de dichas actividades se espera que el alumno reconstruya o en su caso construya los esquemas necesarios para anclar la nueva información. Es en este punto de la estrategia donde nuevamente se implementa la exposición-discusión, al presentar un panorama general del proceso fotosintético siguiendo en todo momento las fases del modelo; introducción, presentación, supervisión de la comprensión, integración y cierre. Éste se presentó a los estudiantes siempre con apoyo visual; esquemas y animaciones de libros especializados en Biología y vídeos obtenidos de una plataforma en internet.

Finalmente y como cierre del tema, se pidió a los alumnos que reconstruyeran un modelo a escala del proceso fotosintético que posteriormente fue explicado por los propios estudiantes al resto de sus compañeros, guiados por el profesor para detectar las ideas alejadas del concepto científico.

4.2 Datos generales de la aplicación de la estrategia

Después de diseñar la estrategia, ésta se implementó en un bachillerato de la UNAM; en el CCH Plantel Oriente, en el turno vespertino con alumnos del tercer semestre del Nivel Medio Superior.

El tema fotosíntesis se encuentra ubicado en la segunda unidad de la materia Biología I.

Para este trabajo de investigación únicamente se hizo la revisión del proceso fotosintético en plantas verdes, debido a la familiaridad que los alumnos tienen con dichos sistemas biológicos.

4.2.1 Población estudiantil

Se contó con la participación de cuatro grupos, de los cuales dos trabajaron con la estrategia y el docente que la diseñó (grupos experimentales; C y D) y otros dos, revisaron el tema de manera habitual con su profesor titular (grupos control; A y B). El número de alumnos que formaron parte del estudio se muestran en la tabla tres.

Tabla 3. Número de alumnos que participaron por grupo en la investigación.

Alumnos que participaron en el estudio			
Grupo control		Grupo Experimental	
A	16	C	17
B	15	D	14

La edad de los alumnos que participaron en el estudio oscilaba entre los 16 y 17 años de edad, todos ellos (grupos control y experimental) pertenecientes únicamente al turno vespertino, con el objetivo de mantener limitadas el mayor número de variables posibles que pudiesen afectar el estudio.

Además, los estudiantes cursaban de manera regular su asignatura, es decir, no se encontraban recursando ni la materia en cuestión, ni el semestre.

4.2.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se utilizó en este estudio se define como cuasi-experimental⁵. Para este estudio la variable independiente fue la estrategia implementada. El resto de las variables no fueron controladas por el investigador, por ejemplo: los alumnos que conformarían los grupos, las condiciones de las instalaciones, los horarios, etcétera.

4.2.3 Evaluación

Los resultados obtenidos se trabajaron *cuantitativamente*, lo que nos permitió la revisión de los datos numéricos de manera metódica con ayuda de la estadística y *cualitativamente*, con lo cual se realizó un análisis de los resultados a través de la interpretación, parafraseo y categorización, sin la asignación de números a los elementos que conformaron el análisis (Eggen y Kauchak, 2014 y Monje, 2011).

Las preguntas de los exámenes (pre-test y pos-test) que se aplicaron a los estudiantes, se hicieron con base en las ideas alternativas que se han reportado en la literatura que se presentan con mayor frecuencia.

⁵ Existen diversos tipos de investigación; correlacional, histórica, experimentales, cuasi-experimentales, etc., siendo la investigación experimental la que se utiliza con mayor frecuencia pues otorga una relación causa-efecto respecto de la variable independiente (X) de la variable dependiente (Y). Sin embargo en la investigación educativa no se puede utilizar dicho diseño, debido a que no se tiene control sobre la variable independiente, dicho en otros términos; no se tiene el control sobre la asignación, la cual debe ser aleatoria tanto para los integrantes del estudio como para el tratamiento que se aplicará a cada grupo, en este caso el investigador no tiene la certeza de que los grupos sean similares. Para estos casos se utiliza una investigación *cuasi-experimental* (Kerlinger, 2002).

En una investigación cuasi-experimental existen variables igual que en una experimental, la diferencia radica en que no es probable el manejo y control categórico de las variables. El investigador no tiene control sobre los grupos, pues estos se constituyen por selección más que por manipulación (Lehman, 1991).

En la tabla 4, se muestran las preguntas del examen que se aplicó para determinar las concepciones de los alumnos (columna de la izquierda), en relación con las ideas alternativas o lejanas al concepto científico según reporta la literatura (columna de la derecha).

Tabla 4. Preguntas para determinar las concepciones de los alumnos antes y después de la intervención acerca del proceso fotosintético.

Pregunta del examen (pre-test y pos-test)	Ideas alternativas que se ha reportado se presentan con mayor frecuencia⁶
¿Las plantas realizan intercambio gaseoso? Sí, no ¿Por qué?	“La respiración de los animales es distinta a la de los vegetales”.
Explica porqué una planta moriría en la ausencia de luz.	“Por lo general desconocen si las plantas necesitan luz y en los casos en que la mencionan le atribuyen funciones como: vivir, crecer, tener buena salud, dar color a la planta.” “Las transformaciones de energía solar en energía química por lo general no se mencionan, no obstante conocer que las plantas necesitan luz”.
¿Por qué se dice que toda la vida en el planeta (los, humanos, los perros, gatos, bacterias, hongos, peces, etc.) dependen de la luz solar?	“Para muchos estudiantes la energía es un medio para producir calor”. “Las plantas utilizan la energía solar para mantenerse saludables”.
Menciona la función que cumplen las hojas de una planta.	“Desconocen la función de la hoja. Para muchos, éstas sirven para captar el agua de lluvia o para recibir los alimentos”.
Menciona la función que cumplen las raíces de una planta.	“Los gases necesarios para la fotosíntesis son absorbidos por las raíces y tallos, no por las hojas”.
¿Cuál es el producto final de la fotosíntesis?	“En pocos casos se menciona la elaboración de hidratos de carbono en el proceso, en particular el almidón”. “Desconocen dónde queda contenida la energía como resultado de la fotosíntesis”.
¿Las plantas realizan respiración celular? Sí, no ¿Por qué?	“Confunden fotosíntesis con respiración”. “Muchos estudiantes consideran que las plantas no respiran”. “Presentan una escasa comprensión del lugar donde se realiza la respiración.”
En tus propias palabras, describe el proceso fotosintético, indicando las etapas más importantes (puedes poner dibujos).	“Las definiciones brindadas por los estudiantes en torno a la fotosíntesis guardan escasa relación con el concepto escolar”.

⁶ Charrier, *et al.*, 2006:403

4.3 Planeación de la estrategia didáctica

A continuación, se presenta la planeación de la estrategia organizada en tablas, en cada corresponde a una sesión en la que se describen los contenidos temáticos, los aprendizajes esperados, una breve descripción de los tres momentos en los que se divide la clase, apertura, desarrollo y cierre. Finalmente se presenta el tipo de evaluación; diagnóstica, formativa o sumativa.

Para los alumnos del CCH la materia de Biología es impartida durante tres días a la semana, con dos sesiones de dos horas y una sesión de una hora. La estrategia se aplicó durante 5 días, sumando un total de 9 horas.

Tabla 5. Secuencia seguida para el día uno de aplicación de la estrategia (dos horas de clase).

Contenidos temáticos		
<p>Energía:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Primera y segunda ley de la termodinámica. - Espectro electromagnético, longitud de onda, espectro de luz visible, fotones. - Similitudes entre las funciones vitales que realizan diferentes sistemas biológicos. 		
Objetivos de aprendizaje		
<p>Conceptuales:</p> <p style="padding-left: 20px;">El alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Define e identifica conceptos básicos de Física, Química y Biología como: energía, protones, neutrones, longitud de onda, fotón y sistemas biológicos. - Comprende la primera y segunda ley de la termodinámica. - Conoce las funciones vitales de los sistemas biológicos y los órganos en los que se realizan, particularmente en el reino <i>Plantae</i> y <i>Animalia</i>. - Comprende la relación sistemas biológicos-energía. <p>Procedimentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Genera hipótesis acerca del fenómeno que observa. - Sigue el método científico para responder a la pregunta de investigación. - Analiza y discute los resultados obtenidos. - Se aproxima a la construcción de la Ciencia a través de la modelización. <p>Actitudinales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Respeto hacia los compañeros y sus opiniones emitidas. - Trabajo en equipo. 		
Apertura	Desarrollo	Cierre
<ul style="list-style-type: none"> - Presentación del profesor. - Aplicación de examen diagnóstico (pre-test⁷). - Exploración de ideas previas mediante una lluvia de ideas acerca de la energía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposición-discusión del concepto de energía y las leyes que la rigen (primera y segunda ley de la termodinámica). - Manejo del modelo de luces LED (organizador previo). - Análisis grupal de las observaciones realizadas. - Vinculación entre la energía y los seres vivos a través de una lluvia de ideas. - Exposición-discusión de la energía y los seres vivos y cómo es que estos a pesar de sus diferencias morfo-fisiológicas (particularmente se enfocará en el reino <i>Plantae</i> y <i>Animalia</i>) comparten las mismas funciones vitales y las estructuras que lo realizan (organizador previo). 	<ul style="list-style-type: none"> - Recapitulación acerca de lo visto en clase en plenaria con preguntas exploratorias a los alumnos.
Evaluación		
Diagnóstica:	Formativa:	Sumativa:
<ul style="list-style-type: none"> - Examen diagnóstico (pre-test). - Lluvia de ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Preguntas exploratorias. - Cuestionario modelo LED⁸. 	

⁷ Las preguntas del examen pre-test y pos-test se muestran en el anexo uno.

⁸ Mientras los alumnos trabajan con el modelo el profesor realiza preguntas exploratorias.

Tabla 6. Secuencia seguida para el día dos de aplicación de la estrategia (dos horas de clase).

Contenidos temáticos		
<ul style="list-style-type: none"> - Fotosíntesis. - Ecuación general de la fotosíntesis. - Organismos autótrofos. - Fase fotoquímica. - Cloroplasto, estroma, tipos de pigmentos, protón, electrón, tipos de fotosistemas, complejos antena, ATP, NADPH, cadena de transporte de electrones, fotólisis del agua, ATP sintetasa, quimiosmosis. 		
Objetivos de aprendizaje		
Conceptuales:		
El alumno:		
<ul style="list-style-type: none"> - Recuerda y aplica los conceptos de la transferencia de energía en los sistemas biológicos. - Reconoce las moléculas más importantes involucradas en esta parte del proceso, así como los lugares en los que ocurre la fase fotoquímica. - Define e identifica protones, electrones, cloroplasto, complejos antena, ATP, NADPH y cadena de transporte de electrones, ATP sintetasa. - Comprende, explica y esquematiza la fase fotoquímica. 		
Procedimentales:		
<ul style="list-style-type: none"> - Interpretación de modelos visuales científicos (dibujos, esquemas y vídeos). 		
Actitudinales:		
<ul style="list-style-type: none"> - Respeto hacia los compañeros y sus opiniones emitidas. 		
Apertura	Desarrollo	Cierre
- Recapitulación de la clase anterior mediante preguntas dirigidas.	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de cuadro comparativo entre funciones y estructuras en especies de reinos diferentes. - Discusión entre pares y posteriormente en plenaria acerca de los resultados obtenidos. - Exposición-discusión de fotosíntesis y la fase fotoquímica (fase lumínica), con una simultánea proyección de vídeos⁹. 	- Recapitulación acerca de lo visto en clase en plenaria con preguntas exploratorias a los alumnos.
Evaluación		
Diagnóstica:	Formativa:	Sumativa:
- Lluvia de ideas.	- Preguntas exploratorias.	- Cuadro comparativo.

⁹ Véase el vídeo “Fotosíntesis. Convirtiendo la energía lumínica en energía química” en la siguiente dirección electrónica: http://www.mhhe.com/biosci/bio_animations/02_MH_Photosynthesis_Web/index.html

Tabla 7. Secuencia seguida para el día tres de aplicación de la estrategia (una hora de clase).

Contenidos temáticos		
<ul style="list-style-type: none"> - Fotosíntesis. - Reacciones de fijación del carbono en la fotosíntesis (Ciclo de Calvin-Benson). - Glucosa, sacarosa, almidón, ribulosa fosfato, ribulosa bifosfato, dióxido de carbono, ribulosa 1,5-fosfato carboxilasa/oxigenasa, ácido fosfoglicérico, gliceraldehído-3-fosfato. 		
Objetivos de aprendizaje		
Conceptuales:		
El alumno:		
<ul style="list-style-type: none"> - Recuerda y aplica los conceptos de la transferencia de energía en los sistemas vivos. - Define e identifica moléculas como la glucosa, sacarosa, almidón, ribulosa fosfato, ribulosa bifosfato, dióxido de carbono, ribulosa 1,5-fosfato carboxilasa/oxigenasa, ácido fosfoglicérico, gliceraldehído-3-fosfato - Reconoce a la glucosa como molécula base para la síntesis de azúcares más complejos como la sacarosa o el almidón. - Comprende, explica y esquematiza el ciclo de Calvin-Benson. 		
Procedimentales:		
<ul style="list-style-type: none"> - Interpretación de modelos visuales científicos (dibujos, esquemas y vídeos). 		
Actitudinales:		
<ul style="list-style-type: none"> - Respeto hacia los compañeros y sus opiniones emitidas. - Trabajo en equipo. 		
Apertura	Desarrollo	Cierre
- Recapitulación de la clase anterior mediante preguntas dirigidas.	- Exposición-discusión de fotosíntesis y el ciclo de Calvin-Benson con una simultánea proyección de vídeos ¹⁰ .	- Recapitulación acerca de lo visto en clase en plenaria con preguntas exploratorias a los alumnos.
Evaluación		
Diagnóstica:	Formativa:	Sumativa:
- Lluvia de ideas.	- Preguntas exploratorias.	

¹⁰ Véase el vídeo “Fotosíntesis, fase o reacción oscura” en la siguiente dirección electrónica: <https://www.youtube.com/watch?v=XQjQs83NEdg>

Tabla 8. Secuencia seguida para el día cuatro de aplicación de la estrategia (dos horas de clase).

Contenidos temáticos		
<ul style="list-style-type: none"> - Fotosíntesis. - Fase fotoquímica. - Reacciones de fijación del carbono de la fotosíntesis (Ciclo de Calvin-Benson). 		
Objetivos de aprendizaje		
Conceptuales:		
El alumno:		
<ul style="list-style-type: none"> - Articula, explica y reconoce todas las etapas de la fotosíntesis. 		
Procedimentales:		
<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de un modelo a escala de un proceso biológico. - Se aproxima a la construcción de la Ciencia a través de la modelización 		
Actitudinales:		
<ul style="list-style-type: none"> - Respeto hacia los compañeros y sus opiniones emitidas. - Trabajo en equipo. 		
Apertura	Desarrollo	Cierre
- Recapitulación de la clase anterior mediante preguntas dirigidas.	- Formación de equipos (aproximadamente 5 alumnos por equipo) para la elaboración de un modelo (maqueta) del proceso fotosintético.	- Recapitulación acerca de lo visto en clase en plenaria con preguntas exploratorias a los alumnos.
Evaluación		
Diagnóstica:	Formativa:	Sumativa:
- Lluvia de ideas.	- Preguntas exploratorias. - Elaboración de un modelo (maqueta) ¹¹ .	

¹¹ Mientras los alumnos elaboran el modelo del proceso fotosintético (maqueta) el profesor realiza preguntas exploratorias.

Tabla 9. Secuencia seguida para el día cinco de aplicación de la estrategia (dos horas de clase).

Contenidos temáticos		
<ul style="list-style-type: none"> - Fotosíntesis. - Fase fotoquímica. - Reacciones de fijación del carbono de la fotosíntesis (Ciclo de Calvin-Benson). 		
Objetivos de aprendizaje		
Conceptuales:		
El alumno:		
<ul style="list-style-type: none"> - Articula, explica y reconoce todas las etapas de la fotosíntesis. 		
Procedimentales:		
<ul style="list-style-type: none"> - Interpretación de modelos visuales científicos (dibujos, esquemas y vídeos). - Expresa de manera oral. - Conoce acerca de cómo se hace Ciencia a través de la modelización. 		
Actitudinales:		
<ul style="list-style-type: none"> - Respeto hacia los compañeros y sus opiniones emitidas. - Trabajo en equipo. 		
Apertura	Desarrollo	Cierre
- Recapitulación de la clase anterior, reorganización de los equipos y finalización del modelo.	- Exposición-discusión de las maquetas por parte de los equipos. -Retroalimentación y elucidación de preguntas.	- Aplicación de examen final (pos-test ¹²). -Despedida y agradecimiento del profesor.
Evaluación		
Diagnóstica:	Formativa:	Sumativa:
	- Exposición de los modelos por parte de los alumnos ¹³ .	- Examen final (pos-test).

¹² Las preguntas del examen pre-test y pos-test se muestran en el anexo uno.

¹³ El profesor realiza preguntas exploratorias a lo largo de la exposición.

Capítulo 5. Análisis de resultados

Se utilizaron diferentes análisis para evaluar la estrategia; cuantitativos y cualitativos. Los análisis cuantitativos se realizaron mediante pruebas estadísticas; t de student y prueba F. Los resultados de dicho análisis se presentan a continuación.

5.1 Análisis cuantitativos

El instrumento cuantitativo constó de un test de preguntas abiertas y cerradas que se aplicó a dos grupos experimentales y dos controles al inicio y al término de la intervención (pre-test y pos-test). Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico; t de student (Barón y Montiel, 2004). Los análisis estadísticos fueron procesados con el programa Graphpad Prism 7.

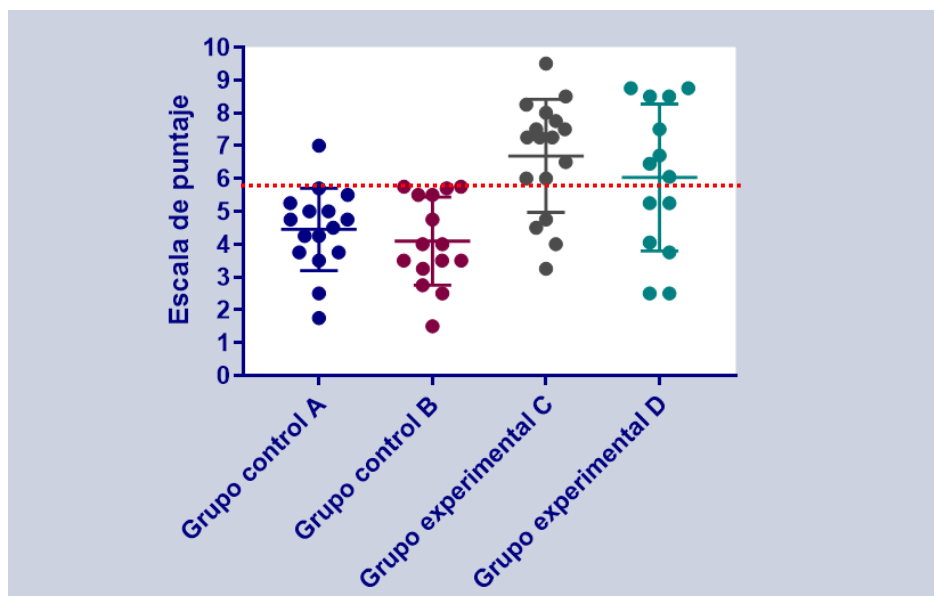
La t de student no pareada se utiliza comúnmente para evaluar si dos grupos pequeños difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias.

Se decidió aplicar la prueba t de student no pareada para contrastar si las diferencias numéricas obtenidas en este estudio son significativamente diferentes. Es importante mencionar que previamente se requiere aplicar una prueba F (Ortiz, 2010) para saber si las diferencias estadísticas (en caso de encontrarlas) son debidas a la efectividad de la estrategia y no al azar; la igualdad de dichas varianzas se estimaron entre los grupos control y experimental dando como resultado que el azar no fue un factor influyente en los resultados obtenidos.

En las gráficas se consideró colocar una línea de corte en la escala de puntaje para delimitar entre una prueba aprobada y una no aprobada. Los promedios superiores de seis puntos de diez, acreditaron la prueba. Adicionalmente se puede observar que cada grupo es representado por columnas compuestas de puntos, en la que cada punto representa el puntaje obtenido por cada estudiante, en estas columnas también se pueden observar una línea al centro que representa las medias y dos a los extremos que representan la desviación estándar.

Adicionalmente, las tablas que acompañan cada gráfica, muestran los datos generales y numéricos del gráfico; los grupos que se comparan, el tipo de test (pre-test o pos-test), el número de alumnos que participaron, el porcentaje de aprobación y reprobación, el promedio general que cada grupo obtuvo, el valor de P para las pruebas en las que se aplicó la t de student, expresando de manera literal si existió diferencia significativa entre los grupos.

Los asteriscos en color verde representan la existencia de diferencia significativa entre los grupos. A mayor diferencia, más asteriscos se colocaron sobre la columna correspondiente, yendo desde un único asterisco cuando el valor de P es de 0.01 a 0.09, dos cuando el valor va de 0.001 a 0.009 y tres cuando el valor va de 0.0001 a infinito.

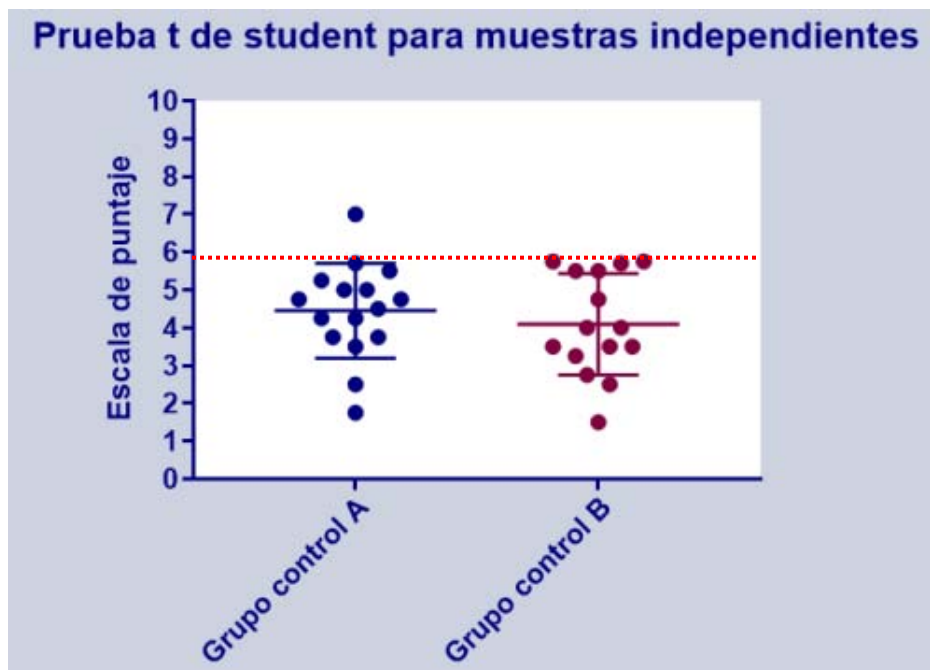


Gráfica 1. Comparación de medias de los resultados globales obtenidos en el examen pos-test entre los grupos control A y B y experimental C y D.

Tabla 10. Porcentajes de aprobación y reprobación del examen pos-test en los grupos control A y B y experimental C y D, así como el promedio general de cada grupo.

GRUPO CONTROL A VS. GRUPO CONTROL B VS. GRUPO EXPERIMENTAL C VS. GRUPO EXPERIMENTAL D (POS-TEST)			
GRUPO	NÚMERO DE ALUMNOS	% DE ALUMNOS APROBADOS/ REPROBADOS	PROMEDIO GENERAL DEL GRUPO
CONTROL A	N=16	6.3% (1) 93.7% (15)	4.45
CONTROL B	N=15	0% (0) 100% (15)	4.09
EXPERIMENTAL C	N=17	76.5% (13) 23.5% (4)	6.69
EXPERIMENTAL D	N=14	57.2% (8) 42.8% (6)	6.03

La gráfica 1 es un breve resumen de los resultados obtenidos en el presente trabajo. Pues podemos observar que los grupos experimental C y D con los que se trabajó la estrategia, obtuvieron mejores puntajes en el examen pos-test que los grupos que trabajaron de manera habitual con su profesor (grupo control A y B).

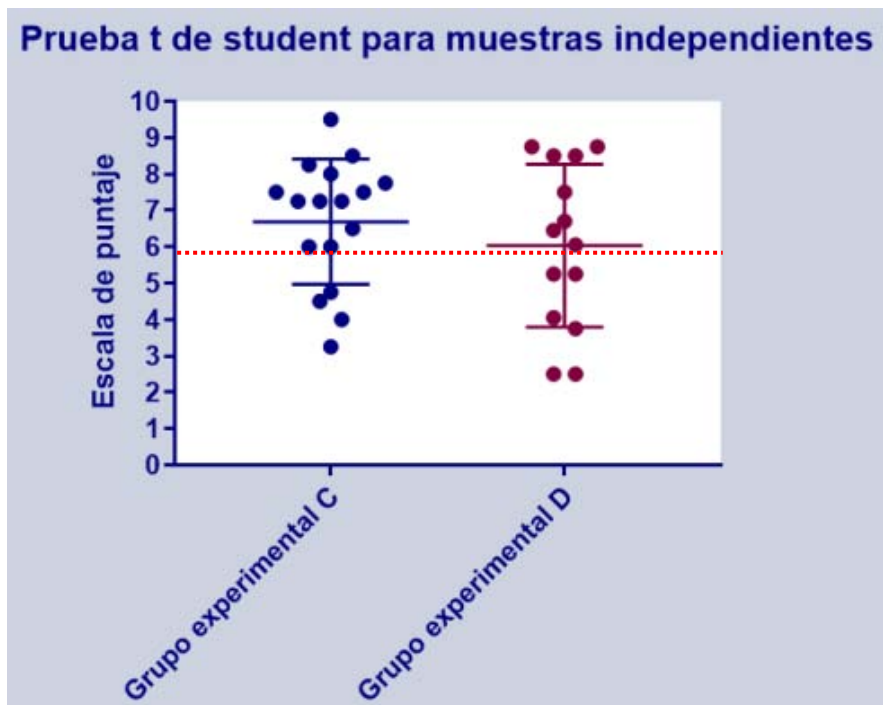


Gráfica 2. Comparación de medias de los resultados globales obtenidos en el examen pos-test entre el grupo control A y B.

Tabla 11. Porcentajes de aprobación y reprobación del examen pos-test en el grupo control A y B, así como el promedio general de cada grupo y el valor de P entre ambos usando una prueba t de student.

PRUEBA T GRUPO CONTROL A VS. GRUPO CONTROL B (POS-TEST)					
GRUPO	NÚMERO DE ALUMNOS	% DE ALUMNOS APROBADOS/ REPROBADOS	PROMEDIO GENERAL DEL GRUPO	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P<0.05)	VALOR DE P
CONTROL A	N=16	6.3% (1) 93.7% (15)	4.45	NO	0.4554
CONTROL B	N=15	0% (0) 100% (15)	4.09		

En la gráfica 2 se observa que no hubo diferencia significativa entre los puntajes globales de los grupos control A y B después de la intervención docente a pesar de que cada grupo contaba con un profesor titular diferente. Los puntajes que obtuvieron los grupos en el pos-test como promedio general fueron de 4.45 para el grupo A y 4.09 para el grupo B (tabla 11). Lo que no es suficiente para acreditar el examen aplicado.



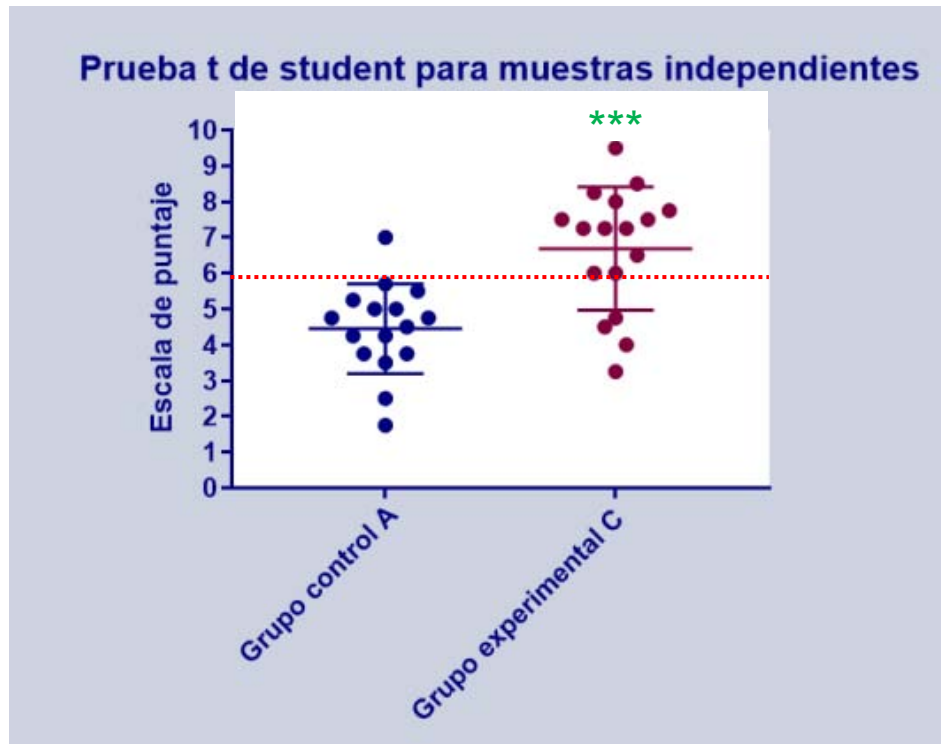
Gráfica 3. Comparación entre medias de los resultados globales obtenidos en el examen pos-test entre el grupo experimental C y D.

Tabla 12. Porcentajes de aprobación y reprobación del examen pos-test en el grupo experimental C y D, así como el promedio general de cada grupo y el valor de P entre ambos usando una prueba t de student.

PRUEBA T GRUPO EXPERIMENTAL C VS. GRUPO EXPERIMENTAL D (POS-TEST)					
GRUPO	NÚMERO DE ALUMNOS	% DE ALUMNOS APROBADOS/ REPROBADOS	PROMEDIO GENERAL DEL GRUPO	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P<0.05)	VALOR DE P
EXPERIMENTAL C	N=17	76.5% (13) 23.5% (4)	6.69	NO	0.3638
EXPERIMENTAL D	N=14	57.2% (8) 42.8% (6)	6.03		

En la gráfica 3 se observa que no hubo diferencia significativa entre los puntajes globales de los grupos experimental C y D. Los puntajes que obtuvieron los grupos en el pos-test como promedio general fueron de 6.69 para el grupo C y 6.03 para el grupo D (tabla 12). Lo que indica que la estrategia tuvo resultados similares entre los alumnos de los grupos experimentales.

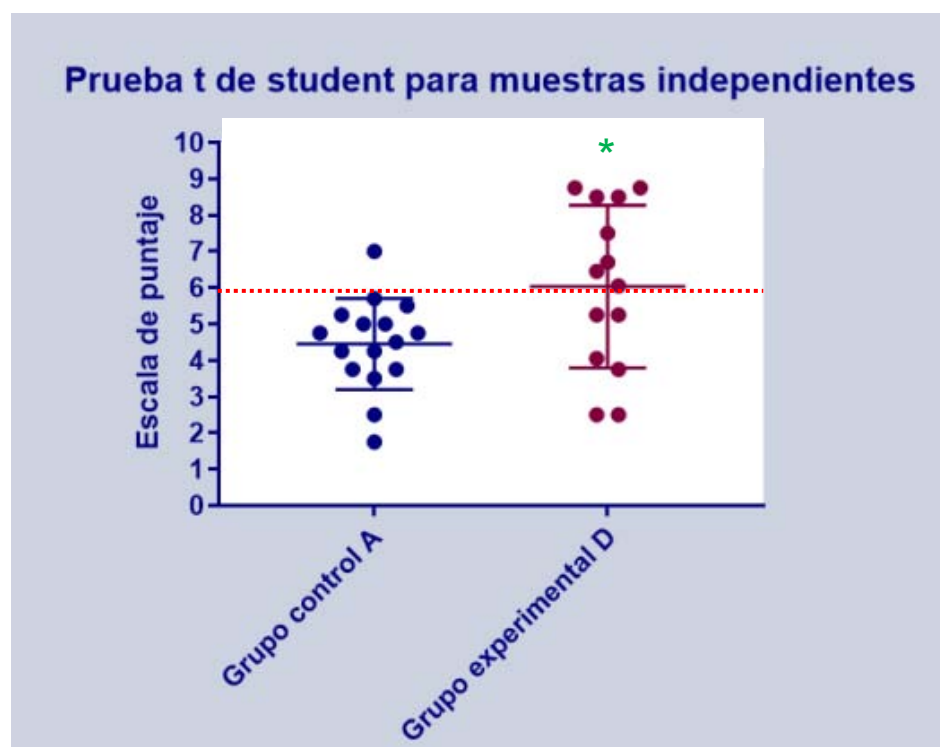
Posteriormente se realizó la comparación entre los grupos control y los grupos experimentales, gráficas 4, 5, 6 y 7, en la que podemos encontrar que existe diferencia significativa entre los diferentes grupos, hallando para cada caso a los grupos experimentales con ventaja estadística sobre los controles. En otras palabras, los estudiantes a los que se les aplicó la estrategia fueron capaces de contestar más preguntas y con una concepción más apegada a la científica.



Gráfica 4. Comparación entre medias de los resultados globales obtenidos en el examen pos-test entre el grupo control A y grupo experimental C.

Tabla 13. Porcentajes de aprobación y reprobación del examen pos-test en el grupo control A y grupo experimental C, así como el promedio general de cada grupo y el valor de P entre ambos usando una prueba t de student.

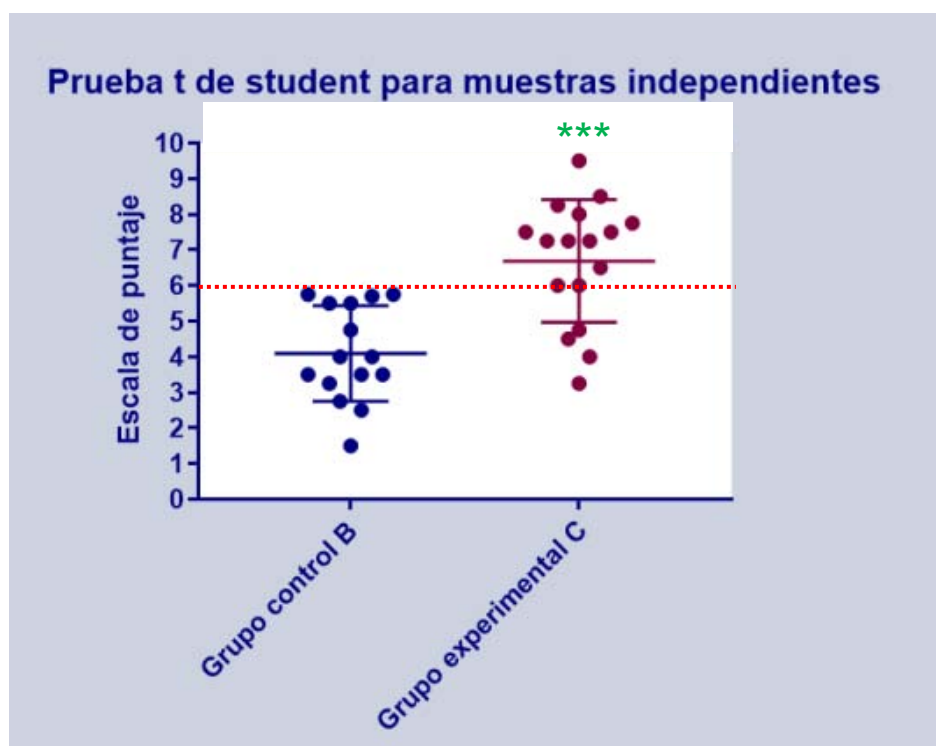
PRUEBA T GRUPO CONTROL A VS. GRUPO EXPERIMENTAL C (POS-TEST)					
GRUPO	NÚMERO DE ALUMNOS	% DE ALUMNOS APROBADOS/ REPROBADOS	PROMEDIO GENERAL DEL GRUPO	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P<0.05)	VALOR DE P
CONTROL A	N=16	6.3% (1) 93.7% (15)	4.45	SI	0.0002
EXPERIMENTAL C	N=17	76.5% (13) 23.5% (4)	6.69		



Gráfica 5. Comparación entre medias de los resultados globales obtenidos en el examen pos-test entre el grupo control A y grupo experimental D.

Tabla 14. Porcentajes de aprobación y reprobación del examen pos-test en el grupo control A y grupo experimental D, así como el promedio general de cada grupo y el valor de P entre ambos usando una prueba t de student.

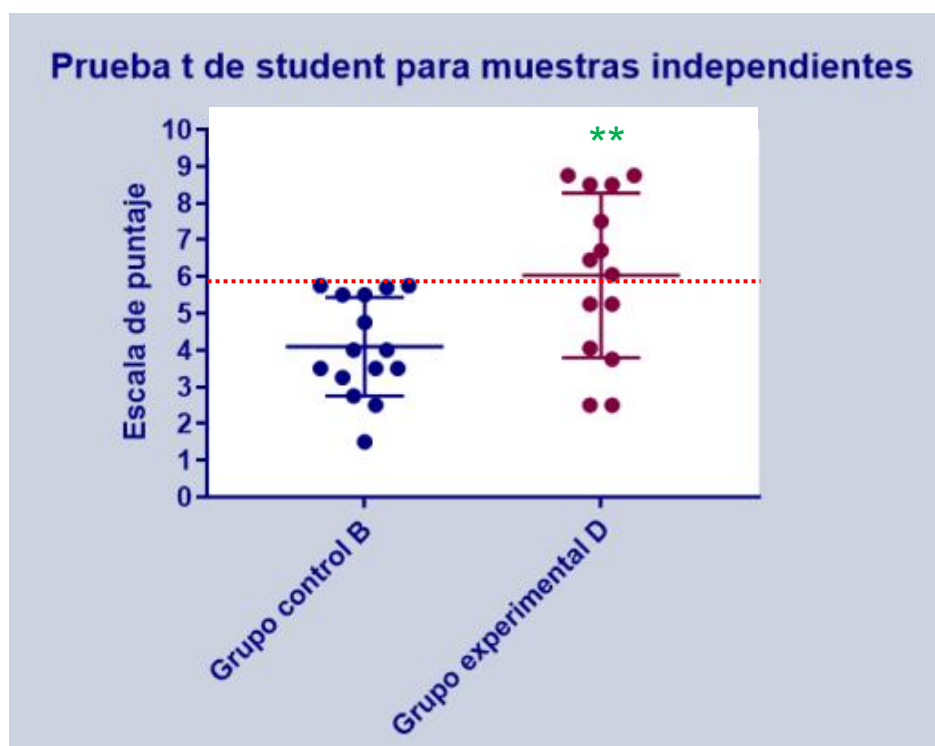
PRUEBA T GRUPO CONTROL A VS. GRUPO EXPERIMENTAL D (POS-TEST)					
GRUPO	NÚMERO DE ALUMNOS	% DE ALUMNOS APROBADOS/ REPROBADOS	PROMEDIO GENERAL DEL GRUPO	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P<0.05)	VALOR DE P
CONTROL A	N=16	6.3% (1) 93.7% (15)	4.45	SI	0.0215
EXPERIMENTAL D	N=14	57.2% (8) 42.8% (6)	6.03		



Gráfica 6. Comparación entre medias de los resultados globales obtenidos en el examen pos-test entre el grupo control B y grupo experimental C.

Tabla 15. Porcentajes de aprobación y reprobación del examen pos-test en el grupo control B y grupo experimental C, así como el promedio general de cada grupo y el valor de P entre ambos usando una prueba t de student.

PRUEBA T GRUPO CONTROL B VS. GRUPO EXPERIMENTAL C (POS-TEST)					
GRUPO	NÚMERO DE ALUMNOS	% DE ALUMNOS APROBADOS/ REPROBADOS	PROMEDIO GENERAL DEL GRUPO	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P<0.05)	VALOR DE P
CONTROL B	N=15	0% (0) 100% (15)	4.09	SI	<0.0001
EXPERIMENTAL C	N=17	76.5% (13) 23.5% (4)	6.69		



Gráfica 7. Comparación entre medias de los resultados globales obtenidos en el examen pos-test entre el grupo control B y grupo experimental D.

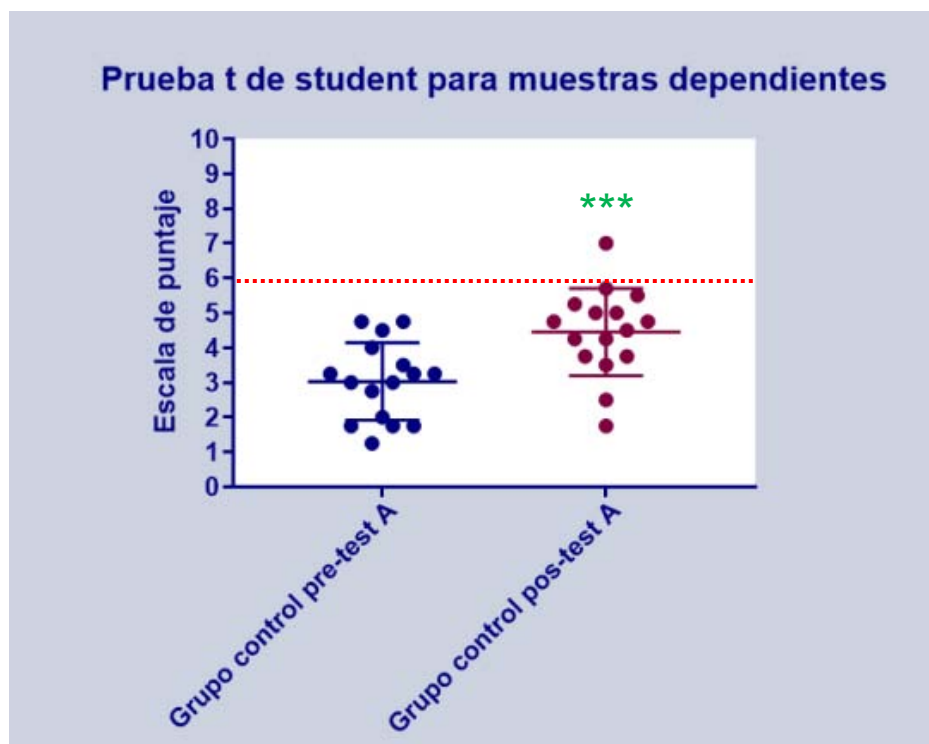
Tabla 16. Porcentajes de aprobación y reprobación del examen pos-test en el grupo control B y grupo experimental D, así como el promedio general de cada grupo y el valor de P entre ambos usando una prueba t de student.

PRUEBA T GRUPO CONTROL B VS. GRUPO EXPERIMENTAL D (POS-TEST)					
GRUPO	NÚMERO DE ALUMNOS	% DE ALUMNOS APROBADOS/ REPROBADOS	PROMEDIO GENERAL DEL GRUPO	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P<0.05)	VALOR DE P
CONTROL B	N=15	0% (0) 100% (15)	4.09	Sí	0.0082
EXPERIMENTAL D	N=14	57.2% (8) 42.8% (6)	6.03		

En las gráficas 8 y 9 se compara al mismo grupo (control A o control B respectivamente) antes y después de la intervención docente.

En éstas se muestra que, aunque existe diferencia significativa entre el pre-test y el pos-test, los alumnos del grupo control no lograron aprobar la prueba en ninguno de los dos momentos, es decir, no lograron obtener por lo menos seis puntos de diez a pesar de que existió una diferencia de 1.1 puntos en promedio entre el pre-test y el pos-test, pues el máximo obtenido fue 4.45 para el grupo A y 4.09 para el grupo B.

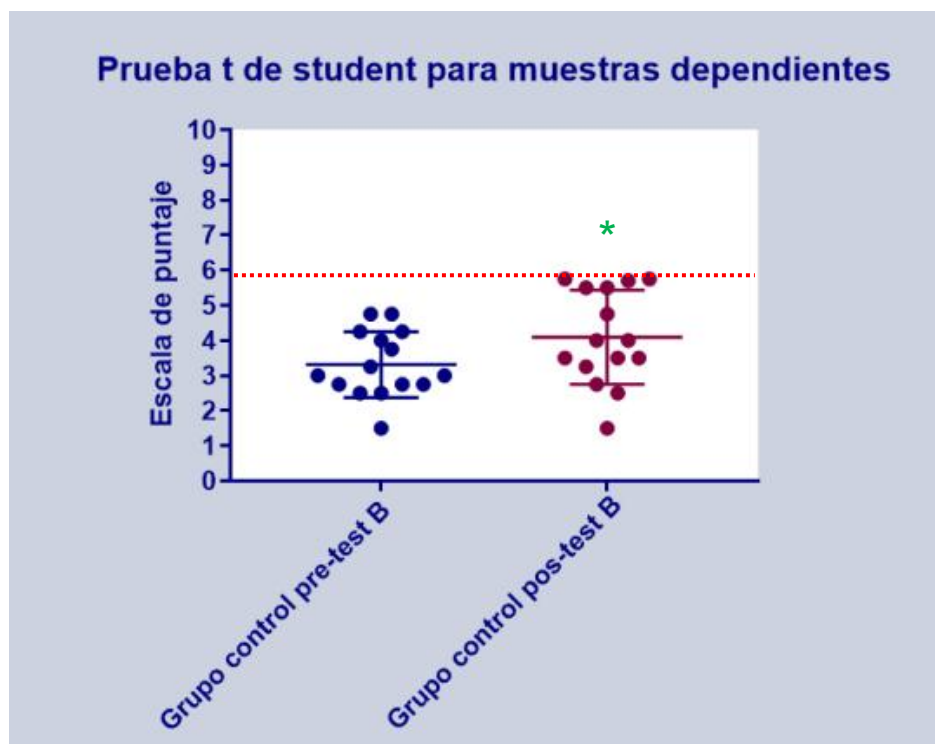
En el análisis de los resultados cualitativos se podrá observar que los alumnos conservan prácticamente el mismo conocimiento que al inicio de la intervención.



Gráfica 8. Comparación entre medias de los resultados globales obtenidos entre el examen pre-test y pos-test en el grupo control A.

Tabla 17. Porcentajes de aprobación y reprobación entre el examen pre-test y pos-test en el grupo control A, así como el promedio general de cada grupo y el valor de P entre ambos usando una prueba t de student.

PRUEBA T GRUPO CONTROL A VS. GRUPO CONTROL A (PRE-TEST Y POS-TEST)					
GRUPO	NÚMERO DE ALUMNOS	% DE ALUMNOS APROBADOS/ REPROBADOS	PROMEDIO GENERAL DEL GRUPO	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P<0.05)	VALOR DE P
CONTROL A PRE-TEST	N=16	0% (0) 100% (16)	3.03	SI	0.0001
CONTROL A POS-TEST	N=16	6.3% (1) 93.7% (15)	4.45		

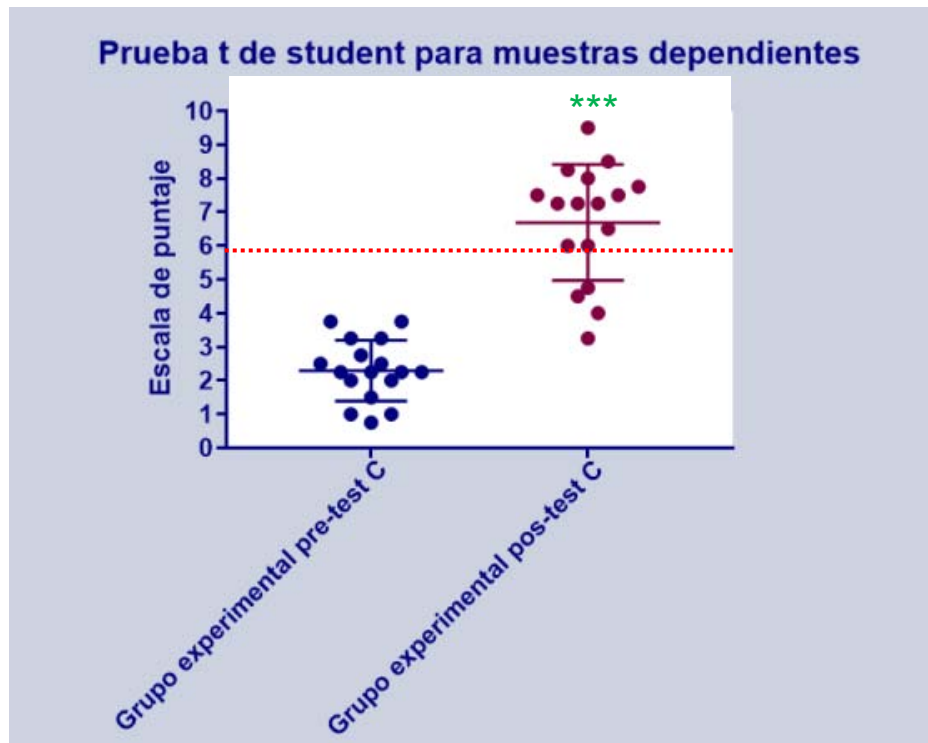


Gráfica 9. Comparación entre medias de los resultados globales obtenidos entre el examen pre-test y pos-test en el grupo control B.

Tabla 18. Porcentajes de aprobación y reprobación entre el examen pre-test y pos-test en el grupo control B, así como el promedio general de cada grupo y el valor de P entre ambos usando una prueba t de student.

PRUEBA T GRUPO CONTROL B VS. GRUPO CONTROL B (PRE-TEST Y POS-TEST)					
GRUPO	NÚMERO DE ALUMNOS	% DE ALUMNOS APROBADOS/ REPROBADOS	PROMEDIO GENERAL DEL GRUPO	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P<0.05)	VALOR DE P
CONTROL B PRE-TEST	N=15	0% (0) 100% (15)	3.31	SI	0.0269
CONTROL B POS-TEST	N=15	0% (0) 100% (15)	4.09		

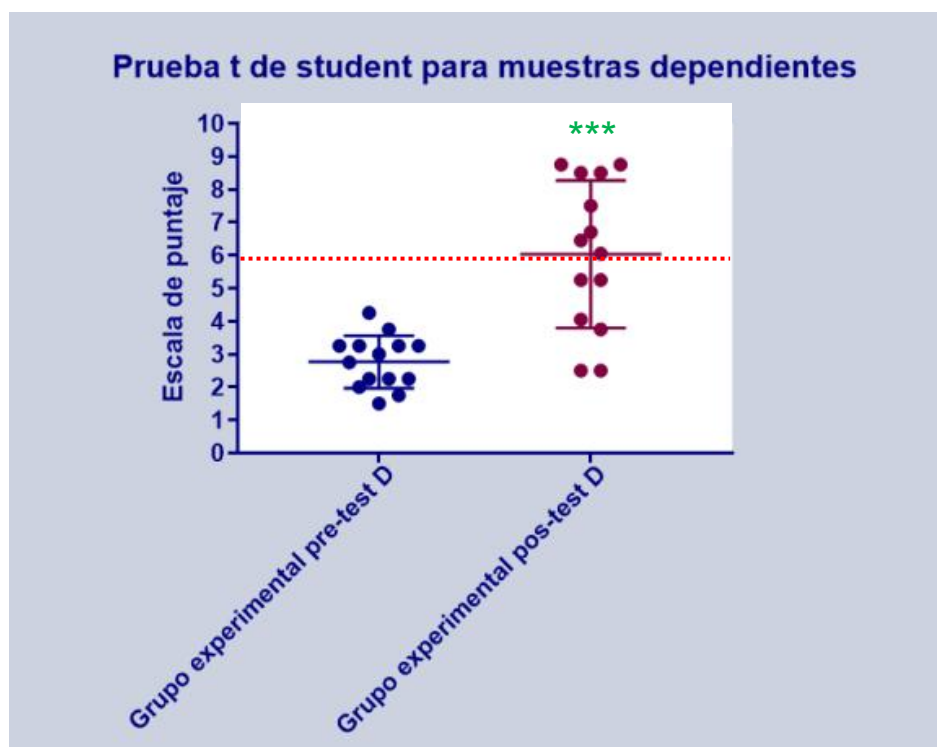
Contrario a lo que observamos en las gráficas 8 y 9, en las gráficas 10 y 11 vemos una comparación semejante pero para los grupos experimentales (el mismo grupo en dos momentos; pre-test y pos-test) encontrando que también existe diferencia significativa entre el pre-test y pos-test de los grupos C y D, con un aumento en promedio de 3.8 puntos en la prueba pos-test en comparación con el pre-test. Debido a dicha diferencia a favor en el examen pos-test que los alumnos aprueban el examen. Es decir, los alumnos logran contestar un mayor número de preguntas de manera más cercana a la concepción científica.



Gráfica 10. Comparación entre medias de los resultados globales obtenidos entre el examen pre-test y pos-test en el grupo experimental C.

Tabla 19. Porcentajes de aprobación y reprobación entre el examen pre-test y pos-test en el grupo experimental C, así como el promedio general de cada grupo y el valor de P entre ambos usando una prueba t de student.

PRUEBA T GRUPO EXPERIMENTAL C VS. GRUPO EXPERIMENTAL C (PRE-TEST Y POS-TEST)					
GRUPO	NÚMERO DE ALUMNOS	% DE ALUMNOS APROBADOS/ REPROBADOS	PROMEDIO GENERAL DEL GRUPO	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P<0.05)	VALOR DE P
EXPERIMENTAL C PRE-TEST	N=17	0% (0) 100% (17)	2.29	SI	0.0001
EXPERIMENTAL C POS-TEST	N=17	76.5% (13) 23.5% (4)	6.69		



Gráfica 11. Comparación entre medias de los resultados globales obtenidos entre el examen pre-test y pos-test en el grupo experimental D.

Tabla 20. Porcentajes de aprobación y reprobación entre el examen pre-test y pos-test en el grupo experimental D, así como el promedio general de cada grupo y el valor de P entre ambos usando una prueba t de student.

PRUEBA T GRUPO EXPERIMENTAL D VS. GRUPO EXPERIMENTAL D (PRE-TEST Y POS-TEST)					
GRUPO	NÚMERO DE ALUMNOS	% DE ALUMNOS APROBADOS/ REPROBADOS	PROMEDIO GENERAL DEL GRUPO	¿EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA? (P<0.05)	VALOR DE P
EXPERIMENTAL D PRE-TEST	N=14	0% (0) 100% (14)	2.76	SI	0.0001
EXPERIMENTAL D POS-TEST	N=14	57.2% (8) 42.8% (6)	6.03		

5.2 Análisis cualitativos

El uso del lenguaje como medio de representación se asocia al análisis cualitativo. Cuando la asignación numérica no es determinante en una investigación, se dice que se realizó un análisis cualitativo de los datos. Dicho proceso no es estandarizado aunque los resultados si son replicables y la subjetividad del investigador es parte del proceso (León y Montero, 2003 y Flick, 2012).

El análisis cualitativo de este estudio se hizo con base en tres preguntas abiertas clave de tipo abierto del examen (el cual combinó preguntas abiertas y cerradas) que se aplicó a dos grupos experimentales y dos controles al inicio y al término de la intervención (pre-test y pos-test). Los resultados obtenidos fueron interpretados por el profesor, considerando las definiciones de Audesirk (2008), Curtis (2008) y Solomon (2013) respectivamente, como referencia disciplinar para evaluar las concepciones de los alumnos en los grupos control y experimental.

De las veinte preguntas que conforman el examen siete son cerradas y seis son abiertas; sólo tres de las preguntas abiertas conforman el análisis cualitativo debido a que, de acuerdo al diseño del examen, es de aquí donde se observan las concepciones más difíciles de erradicar, tal como; el concepto de respiración inversa, la importancia de la fotosíntesis y la comprensión del modelo fotosintético.

Para este análisis se tomó sólo a la mitad de la población que participó en el estudio, es decir, para cada grupo podemos observar la respuesta de siete alumnos elegidos al azar, lo anterior se hizo únicamente por cuestiones de espacio, pues las respuestas de los alumnos se mantuvieron intactas, además de incluir la interpretación del docente. Hacer alusión a todas y cada una de las respuestas dificultaría la lectura y posterior análisis de los resultados.

Al capturar las respuestas de los alumnos para su interpretación sólo se hizo la corrección de la ortografía.

En las tablas que se exponen a continuación, se presenta de forma organizada las respuestas literales de los alumnos durante el pre-test y pos-test. La información

que se puede encontrar es: el grupo (control o experimental), la pregunta del test que se respondió (parte superior de la tabla), la respuesta literal del estudiante en el pre-test y el pos-test, así como la interpretación que hace el docente (cuerpo de la tabla) con base en los conceptos científicos (parte inferior de la tabla) que responden la pregunta (referente bibliográfico), en otras palabras el profesor compara las respuestas que los alumnos dan, antes y después de aplicar la estrategia, con los conceptos actualmente aceptados por la comunidad científica publicados en libros de gran prestigio a nivel internacional con el objetivo de observar la construcción y reconstrucción de sus esquemas.

Los referentes bibliográficos utilizados para cada pregunta (cuatro, trece y veinte) se presentan a continuación:

- Pregunta cuatro:
 - Curtis *et al.*, (2008:106) “Los organismos fotosintéticos [...] captan la energía lumínica con la que se forman hidratos de carbono y oxígeno libre (O_2) a partir de dióxido de carbono (CO_2). Solomon *et al.* (2013:173) *Por otra parte las plantas también realizan* respiración aeróbica, una forma de respiración celular que requiere oxígeno molecular (O_2). Durante la respiración aeróbica, los nutrientes se catabolizan en dióxido de carbono (CO_2) y agua *los cuales son liberados al medio.*”

- Pregunta trece:
 - Audesirk *et al.*, (2008:118) “La fotosíntesis convierte la energía solar en energía química que se almacena en los enlaces de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) y libera oxígeno (O_2) [...] casi todas las formas de vida en el planeta, nosotros entre ellas, dependen de los azúcares producidos por organismos fotosintéticos como fuente de energía y liberan la energía de esos azúcares mediante la respiración celular, empleando el producto de la fotosíntesis, es decir el oxígeno. [...] La

luz solar proporciona energía a prácticamente toda la vida sobre la Tierra y se capta sólo mediante la fotosíntesis”.

- Curtis *et al.*, (2008:106) “Por medio de la fotosíntesis, la energía radiante del sol, captada por pigmentos particulares, llega a todas las formas de vida. La vida sobre la tierra depende de la fotosíntesis [...], tanto como proveedora de oxígeno como de moléculas que contienen carbono que se usa como combustible ”

- Solomon *et al.*, (2013:193) “La fotosíntesis es el primer paso del flujo de energía que ocurre a través de la mayor parte del mundo con vida, capturando gran cantidad de energía que utilizan los seres vivos”.

- Pregunta veinte:
 - Audesirk *et al.*, (2008:118) “A partir de las moléculas sencillas de dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O), la fotosíntesis convierte la energía de la luz solar en energía química que se almacena en los enlaces de la glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) y libera oxígeno (O_2) [...] La fotosíntesis consiste en reacciones dependientes e independientes de la luz [...] en las reacciones dependientes de la luz, la clorofila y otras moléculas de las membranas de los tilacoides captan la energía de la luz solar y convierten una parte de ella en energía química almacenada en moléculas portadoras de energía (ATP y NADPH). Como producto se libera gas oxígeno. En las reacciones independientes de la luz, las enzimas del estroma utilizan la energía química de las moléculas portadoras (ATP y NADPH) para impulsar la síntesis de glucosa u otras moléculas orgánicas”.

 - Curtis *et al.*, (2008:110) “La fotosíntesis ocurre en dos etapas: las reacciones dependientes de la luz y las reacciones que fijan el

carbono. En las reacciones dependientes de la luz, la absorción de la energía lumínica por las moléculas de clorofila a en la membrana del tilacoide inicia un transporte de electrones y la formación de un gradiente de protones a partir del cual se produce ATP. Durante este proceso, la molécula de agua se escinde y se liberan moléculas de oxígeno gaseoso. Los electrones son finalmente absorbidos por el NADP^+ y se forma NADPH. En las reacciones que fijan carbono, que ocurren en el estroma del cloroplasto, se sintetizan glúcidos a partir de CO_2 y el hidrógeno que proporciona el NADPH. Este proceso utiliza la energía del ATP y el NADPH producidos en la etapa dependiente de la luz.”

Para mantener a salvo las identidades de los participantes, a las pruebas se le asignó un número, respetando el orden de las listas de asistencia, éste número es el mismo para el examen pre-test que para el pos-test, al conjunto de este par de tests para un alumno se le llamó caso, es decir; para el grupo A se tenían 16 casos, para el grupo B 15 casos, para el grupo C 17 casos y para el grupo D 14 casos. De ellos sólo se tomaron 7 casos de cada grupo para el análisis, los cuales fueron elegidos al azar.

Las respuestas se presentan en cuatro bloques. En el primero, se muestran las respuestas de las preguntas 4, 13 y 20 del grupo control A (tablas 21, 22 y 23), posteriormente las mismas respuestas del grupo control B a las mismas preguntas (tablas 24, 25 y 26), después las del grupo experimental C (tablas 27, 28 y 29) y finalmente las del grupo experimental D (tablas 30, 31 y 32).

Tabla 21. Respuestas literales¹⁴ de la pregunta 4, de los grupos controles A, B y experimentales C, D, e interpretación del profesor.

Grupo control A Pre-test y Pos-test			
Pregunta 4. ¿Las plantas realizan intercambio gaseoso? Sí, no ¿Por qué?			
Caso	Respuesta del alumno		Interpretación
	Pre-test	Pos-test	
2	No, sólo lanzan gases.	Sí, porque sacan gases y necesitan otros.	Tanto antes de ver el tema como después el alumno tiene una idea poco precisa del intercambio gaseoso, pero es importante señalar que el alumno no ignora el proceso.
4	Sí, en la fotosíntesis intercambian CO ₂ por O ₂ en el proceso para obtener ATP.	Sí, cambian CO ₂ por O ₂ en el proceso de la fotosíntesis.	El alumno muestra una respuesta prácticamente idéntica en las dos pruebas (pre-test y pos-test) a pesar de haber pasado al menos dos semanas entre cada aplicación. Este puede ser un claro ejemplo de cuando una concepción alternativa se conserva a pesar de la intervención educativa.
5	Sí, porque liberan oxígeno y toman CO ₂ .	Sí, porque toman el CO ₂ y lo convierte a oxígeno.	El caso es similar al anterior en el que el alumno sólo cambia el orden de las palabras pero, sigue conservando la misma concepción alternativa acerca del intercambio gaseoso que ocurre en las plantas.
8	Sin respuesta en el examen.	Sí, porque adquieren CO ₂ y saca el oxígeno que no necesita para nosotros.	Al parecer el alumno desconoce los reactivos y productos necesarios para el proceso de

¹⁴ La única modificación que se realizó a las respuestas fue la corrección de la ortografía.

			respiración celular a pesar de que para el CCH el tema de respiración celular precede al de fotosíntesis.
10	Sin respuesta en el examen.	Sin respuesta en el examen	El alumno no tiene noción alguna del intercambio gaseoso que realizan las plantas.
12	No lo sé.	Sí, toman el CO ₂ y desechan el oxígeno que no necesitan.	Se muestra nuevamente que el alumno desconoce el proceso de respiración celular y considera al proceso fotosintético como única fuente de intercambio gaseoso en las plantas, esto puede ser ejemplo de lo que en la literatura se ha denominado como <i>respiración inversa</i> ¹⁵ .
15	Sí, porque también respiran.	Sí, porque utilizan el CO ₂ .	Es difícil saber a qué se quiso referir el estudiante en su respuesta del pre-test debido a que se tiene documentado que los alumnos confunden el intercambio gaseoso con respiración celular ¹⁶ por lo cual es complicada la interpretación, aunque su respuesta en el pos-test nos refiere a una aproximación al concepto de intercambio gaseoso.

¹⁵ La respiración inversa es “[...] la respiración de las plantas verdes como un proceso de intercambio gaseoso inverso al que efectúan los animales, durante el cual la planta tomaría gas carbónico del aire y expulsaría oxígeno” Cañal (1997:23).

¹⁶ “Para muchos estudiantes la respiración es sinónimo de intercambio gaseoso” Charrier (2006:403).

Grupo control B Pre-test y Pos-test

Pregunta 4. ¿Las plantas realizan intercambio gaseoso? Sí, no ¿Por qué?

Caso	Respuesta del alumno		Interpretación
	Pre-test	Pos-test	
3	Sí, porque nos dan oxígeno y reciben CO ₂ .	Sí, porque ellas reciben el dióxido de carbono y el oxígeno para crear la glucosa.	Particularmente para este grupo la interpretación para cada alumno será prácticamente la misma, con un par de excepciones que serán mencionadas de manera particular más adelante. Al hacer una revisión de las respuestas de cada alumno, se reitera que el intercambio gaseoso de la planta consiste únicamente al ingresar el CO ₂ a la planta y expulsar el O ₂ . Estas respuestas son muy similares tanto entre alumnos, como entre los momentos en que se aplicó la prueba (pre-test y pos-test). Para este grupo, esto puede ser también un ejemplo de lo que en la literatura se ha denominado como <i>respiración inversa</i> . Sólo en algunos casos existen mínimas diferencias entre las respuestas, por ejemplo: en el caso 3 el alumno refiere que después del intercambio gaseoso se crea glucosa (producto primordial de la fotosíntesis) y en el caso siete el alumno comenta que el intercambio gaseoso de la planta es
5	Porque entra el carbono y produce oxígeno.	Sí, porque al entrar dióxido de carbono y hacer su funcionamiento lo que libera es oxígeno.	
7	Sí, porque producen CO ₂ liberado hacia la atmósfera.	Sí, es la respiración celular.	
8	Sí, dióxido de carbono por oxígeno (este último es el que es expulsado).	Sí, porque las plantas ingieren el CO ₂ y lo convierten en oxígeno.	
13	Sí, ya que hacen el cambio de CO ₂ a H ₂ O y son gases.	Sí, porque intercambian CO ₂ por O	
14	Sí, porque es necesario para la fotosíntesis ya que al entrar el dióxido de carbono se transforma a oxígeno.	Sí, porque el dióxido de carbono entra y sale transformado en oxígeno al medio ambiente.	
15	Sí requieren dióxido de carbono y expulsan oxígeno ya que es indispensable para su funcionamiento celular, mismo del que dependemos ingiriendo oxígeno y expulsando dióxido de carbono, mismo del que dependen las plantas.	Sí, ya que ellas inhalan CO ₂ y exhalan oxígeno y nosotros al contrario, inhalamos oxígeno.	

			equivalente al proceso de respiración celular, lo que muestra una confusión entre este proceso y el fotosintético.
Grupo experimental C Pre-test y Pos-test Pregunta 4. ¿Las plantas realizan intercambio gaseoso? Sí, no ¿Por qué?			
Caso	Respuesta del alumno		Interpretación
	Pre-test	Pos-test	
6	Sí, porque toman CO ₂ de la atmósfera y tras finalizar sus procesos metabólicos desechan CO ₂ .	Sí, porque toman CO ₂ de la atmósfera y desechan O ₂ que luego toman los animales para desechan CO ₂ en un ciclo.	El alumno después de la intervención docente comprende parte del intercambio gaseoso que realizan las plantas, aunque no considera la respiración celular de la planta como fuente de producción de CO ₂ pues esta se la adjudica a los animales.
7	Sí.	Sí.	El alumno no tiene noción alguna del intercambio gaseoso que realizan las plantas.
9	Sí, porque mediante a la fotosíntesis absorbe CO ₂ transformándolo en oxígeno.	Sí, porque absorbe el O ₂ para algunas reacciones químicas y produce glucosa.	El alumno logra relacionar la fotosíntesis productor de glucosa, pese a eso no comprende cómo se realiza el intercambio o de donde provienen los gases producidos y expulsados.
11	Sí, porque utilizan el dióxido de carbono que desechamos y ellas desechan oxígeno.	Sí, porque absorben CO ₂ y desechan O.	El alumno conserva su idea alternativa acerca del intercambio gaseoso, no considera los gases que se expulsan y producen el proceso de respiración celular.

16	Sí, para su mejor funcionamiento.	Sí.	El alumno no tiene noción alguna del intercambio gaseoso que realizan las plantas.
15	Sin respuesta en el examen.	Sí, porque de ahí realizan la fotosíntesis.	El estudiante después de la intervención sólo vincula la fotosíntesis con el intercambio gaseoso, lo que se podría interpretar como ejemplo de respiración inversa.
17	Sí, porque es parte de la fotosíntesis.	Sí, porque por ese proceso se lleva a cabo la fotosíntesis.	El estudiante también correlaciona al proceso fotosintético únicamente como intercambio gaseoso.

Grupo experimental D Pre-test y Pos-test

Pregunta 4. ¿Las plantas realizan intercambio gaseoso? Sí, no ¿Por qué?

Caso	Respuesta del alumno		Interpretación
	Pre-test	Pos-test	
1	Sí, reciben dióxido de carbono y sacan oxígeno. Son reacciones químicas en forma de gases.	Sí, porque hacen respiración celular y hacen reacciones químicas.	En un principio el alumno relacionaba la fotosíntesis como intercambio gaseoso, después de haber visto el tema vincula a la respiración celular con el intercambio gaseoso.
4	Sí, pues ellas reciben el CO ₂ y la cambian por oxígeno.	Sí, porque por sus hojas atrapan O ₂ y CO ₂ , así como expulsan el mismo porque también hacen respiración celular.	El estudiante en un primer momento percibe al proceso fotosintético como un intercambio gaseoso, sin embargo, en un segundo momento (pos-test) el alumno relaciona este proceso con la respiración celular y la fotosíntesis
7	No, porque no lo sé.	Sí, cambian oxígeno por CO ₂ entre otros.	El alumno considera semejante al proceso

			fotosintético con el intercambio gaseoso.
9	Sí, entra CO ₂ y sale oxígeno.	Sí, reciben CO ₂ y expulsan O.	No hay cambio en la concepción alternativa del aprendiz.
10	Sí, porque absorben el dióxido de carbono de su entorno para transformarlo en oxígeno.	Sí, porque necesitan el dióxido de carbono para llevar a cabo la fotosíntesis.	El estudiante en su respuesta del pre-test, interpreta al proceso fotosintético como un proceso de intercambio de gases, sin embargo, en el pos-test el alumno comprende que el dióxido de carbono es importante para llevar a cabo la fotosíntesis.
12	Sí, porque en el proceso de fotosíntesis los desechos son las moléculas de oxígeno y para ello necesitan moléculas de CO ₂ .	Sí, porque utilizan CO ₂ para los carbonos y desechan O ₂ (ambos gases).	No hay cambio en la concepción alternativa del aprendiz.
14	No lo sé.	Sí, cuando intercambian el O ₂ con el CO ₂ .	El alumno considera semejante al proceso fotosintético con el intercambio gaseoso.

Para esta pregunta podemos observar que las respuestas de los estudiantes de los grupos controles A y B son prácticamente las mismas en el pre-test y pos-test. Los alumnos vinculan al proceso fotosintético como un mero intercambio gaseoso, a esta concepción alternativa en la literatura se le nombra como respiración inversa.

Se ha encontrado que esta idea se encuentra generalizada y es persistente entre los estudiantes desde niveles básicos de educación hasta superiores. Cuando los alumnos desarrollan esta concepción consideran “[...] a la respiración de las plantas verdes como un proceso de intercambio gaseoso inverso al que efectúan los animales, durante el cual la planta tomaría gas carbónico del aire y expulsaría oxígeno” (Cañal, 1997:23).

Para los grupos experimentales C y D, aparentemente sucede lo mismo que en los grupos controles A y B; la idea de ligar la fotosíntesis al intercambio gaseoso no cambia y por el contrario persiste, sin embargo los alumnos de los dos grupos experimentales, en la pregunta 20, comprenden que la fotosíntesis es un proceso en el que la energía se transforma hasta obtener un tipo de energía que se pueda almacenar (los estudiantes de los grupos controles no hacen estas distinciones).

Puede ser que debido a la falta de un esquema que explique el intercambio de gases en plantas, que los alumnos de los grupos experimentales relacionan el intercambio únicamente con la fotosíntesis, pues para ellos la fotosíntesis es el único proceso por el cual la planta intercambia gas con el ambiente (toma CO₂ del medio y libera O₂). Lo que denota que a pesar de que en el plan de estudios del CCH la respiración celular es revisada antes de la fotosíntesis, los estudiantes consideran que las plantas no realizan respiración celular¹⁷, lo que deja al proceso fotosintético como único responsable del intercambio gaseoso en plantas.

¹⁷ En el prueba pos-test para la pregunta diecinueve (¿Las plantas realizan Respiración Celular? Sí, no, ¿Por qué?) sólo 31% de los alumnos del grupo A contestó de manera acertada la pregunta, del grupo B sólo 13%, para el grupo C sólo el 29% y para el grupo D el 21%. Datos no mostrados.

Aunque no fue posible erradicar del todo la idea alternativa de la *respiración inversa* en los estudiantes con los que se trabajó la estrategia, fue posible que comprendieran que durante la fotosíntesis no sólo se libera O_2 y se requiere CO_2 , sino que la planta logra obtener lo necesario para su nutrición mediante un sofisticado proceso.

El uso de modelos a escala (vídeos, animaciones y maqueta), así como la constante exploración de las ideas de los alumnos mediante preguntas dirigidas, fomentó en los jóvenes de los grupos experimentales, una idea del proceso fotosintético más apegada al concepto científico.

Tabla 22. Respuesta literal de la pregunta 13, de los grupos controles A, B y experimentales C, D, e interpretación del profesor.

Grupo control A Pre-test y Pos-test			
Pregunta 13. ¿Por qué se dice que toda la vida en el planeta (los humanos, los perros, gatos, bacterias, hongos, peces, etc.) depende de luz solar?			
Caso	Respuesta del alumno		Interpretación
	Pre-test	Pos-test	
2	Porque la luz solar es una fuente de energía que da luz, calor y eso lo necesitan todos los seres vivos.	La luz es una fuente de energía y la necesitamos los seres vivos para calentar e iluminarnos, etc.	El alumno no asocia ni antes, ni después de haber visto el tema con su profesor titular, la relación existente entre las plantas y el sol, pues no se menciona el proceso fotosintético. Se observa también que la concepción alternativa del pre-test se repite casi de manera literal en el pos-test a pesar de la intervención docente.
4	Porque gracias a ella podemos realizar diferentes funciones biológicas.	Principalmente porque las plantas intercambian CO ₂ por O ₂ en la fotosíntesis y los humanos necesitamos O ₂ para la respiración y metabolismo además de que también se obtiene nutrientes.	El estudiante logra relacionar que es a partir del proceso fotosintético que la luz solar puede ser aprovechada por los humanos al obtener oxígeno y nutrientes de dicho proceso que requiere luz.
5	Porque necesitan de una temperatura ambiental para poder vivir.	Porque nos ayuda a mantener una temperatura y aparte sin la luz no hay fotosíntesis y sin fotosíntesis no hay oxígeno y sin oxígeno se intoxican nuestras células y moriríamos.	El alumno comprende que para realizar el proceso fotosintético es necesaria la luz del sol, sin embargo para él, la vida depende del sol únicamente porque la planta libera oxígeno y no por la producción de azúcares y otras biomoléculas, de los cuales casi todas las

			formas de vida dependemos.
8	Sin respuesta en el examen.	“Para tener una fuente de energía, ya sea calorífica y también...”	El alumno sólo liga a la energía solar con energía calorífica. En ningún momento se menciona la fotosíntesis y su nexa con la luz solar.
10	Por la luz natural y para alimentarnos.	Nos da pigmentación, nos dan luz y calor.	En la respuesta del pre-test el estudiante tiene la percepción de que la vida depende de la luz del sol porque a partir de esta nos alimentamos, sin embargo, el alumno no explica, ni desarrolla la idea, después de haber visto el tema esta percepción desaparece además de no lograr articular el proceso fotosintético con la luz solar.
12	Si no el cuerpo de cada uno no funcionaría bien.	Sin respuesta en el examen.	El alumno no tiene (ni antes, ni después de la intervención) conocimiento acerca de la dependencia de la vida con la luz solar.
15	Para que no nos enfriemos.	Porque las plantas lo utilizan para producir oxígeno y también no nos congelaríamos.	Persiste la idea de la luz solar como fuente de calor aunque relaciona la luz solar con la fotosíntesis y la liberación de oxígeno al ambiente.

Grupo control B Pre-test y Pos-test

Pregunta 13. ¿Por qué se dice que toda la vida en el planeta (los humanos, los perros, gatos, bacterias, hongos, peces, etc.) depende de luz solar?

Caso	Respuesta del alumno		Interpretación
	Pre-test	Pos-test	
3	Porque sin el calor no habría cambios en nuestro (el alumno no terminó esta oración) lo cual ocasionaría nuestra muerte al no poder vivir.	Porque sin ella los árboles no crecerían y por lo tanto no habría oxígeno suficiente.	El alumno comprende que la fotosíntesis es impulsada por la luz solar y que es gracias a este proceso que las plantas crecen, sin embargo la dependencia de la vida a la luz solar sólo la atribuye a la liberación de oxígeno y no al aporte de moléculas de carbono. En la respuesta del pre-test sólo se atribuye la dependencia de la vida al aporte de calor de la luz solar, que de acuerdo a Cañal (1997) ¹⁸ , es una idea alternativa recurrente; “la energía como un medio para producir calor.”
5	Porque somos seres vivos y necesitamos del calor tanto para mantenernos a temperatura normal y porque necesitamos el calor para muchas cosas.	Porque la luz solar es nuestra portadora de ATP y sin la luz solar no podríamos tener la energía suficiente para movernos.	Sin duda existe un cambio entre la primera respuesta (pre-test) y la segunda (pos-test) pues en un primer momento el alumno cree que la energía sólo aporta calor considerando a éste como indispensable para mantener la temperatura de los seres vivos, pasó a entender que la luz aporta no sólo calor, sino energía química (ATP) la cual es importante

¹⁸ “Para muchos estudiantes la energía es un medio para producir calor.” (Cañal, 1997:403, citado por Charrier, 2006).

			para el movimiento.
7	Porque las plantas realizan la fotosíntesis y los humanos y otros animales herbívoros necesitan de esos nutrimentos que sólo las plantas tienen y los carnívoros necesitan comer herbívoros, sin el sol no hay fotosíntesis, no hay plantas, no hay humanos, ni animales, no hay vida.	Porque las plantas producen oxígeno y a partir de esto todos respiramos y también comemos y esto nos sería posible sin la luz solar.	El alumno desde antes de la intervención tiene muy clara la importancia del proceso fotosintético y la relación que existe entre la luz solar, la fotosíntesis y la vida en el planeta, posteriormente (pos-test) el alumno también menciona la relevancia del proceso en relación al oxígeno.
8	Porque sin calor los seres vivos no podrían tener una temperatura estable.	Porque la luz solar da una temperatura en donde se puede vivir establemente y otra razón sería porque sin la luz solar las plantas no producirían energía química, no se cumpliría con la fotosíntesis, y no habría oxígeno entonces todo sería como tóxico.	El estudiante comprende que a partir de la energía solar se puede obtener calor y energía química mediante la fotosíntesis, sin mencionar las fases, organelos o moléculas involucradas en el proceso.
13	Sin respuesta en el examen.	Da calor, fotosíntesis (la mayoría de los seres vivos dependemos de ello), da luz, etc.	Nuevamente se asocia la energía con la producción de calor, sin embargo también con la fotosíntesis, aunque no se despliega ningún tipo de explicación acerca de porque los seres dependen de la luz solar.
14	Porque todos realizamos un proceso biológico.	Porque la luz solar es esencial para la vida ya que sin ella no se podría cumplir ciclos como es el de la fotosíntesis.	Para el alumno no es claro el porqué la vida depende de la luz solar, pues al contestar redundante en que es necesaria para cumplir ciclos o proceso, pero no explica por qué.
15	Porque es una fuente de energía que requieren las plantas y estas expulsan	La luz es esencial para que las plantas produzcan oxígeno, mismo gas del que	La respuesta que el alumno en el pre-test, se acerca a las concepciones científicas, aunque

	oxígeno, que es otra fuente de energía de las cuales dependen todos los organismos vivos restantes.	dependen la mayoría de los seres vivos y estos producen CO ₂ mismos que necesitan las plantas.	considera al oxígeno como fuente de energía, la luz solar sí es fuente de energía de todas las plantas. En la siguiente respuesta el alumno sólo menciona que la luz es importante por el oxígeno que produce para el resto de los seres vivos y no como un proceso de nutrición o parte fundamental de la cadena trófica, por supuesto la respuesta también se acerca a las ideas científicas pero se queda al nivel de entender a la fotosíntesis como una respiración inversa.
--	---	---	---

Grupo experimental C Pre-test y Pos-test

Pregunta 13. ¿Por qué se dice que toda la vida en el planeta (los humanos, los perros, gatos, bacterias, hongos, peces, etc.) depende de luz solar?

Caso	Respuesta del alumno		Interpretación
	Pre-test	Pos-test	
6	Sin respuesta en el examen.	Porque de millones de años de procesos fotosintéticos el globo se llenó de oxígeno, matando a seres no aptos pero constituyendo nuevas formas de vida y porque los hidratos de carbono producidos por la fotosíntesis son la base de la cadena alimenticia de animales (parásitos de las plantas y las bacterias y protozoarios que también la realizan).	El alumno comprende las consecuencias del cambio generado por los organismos fotosintéticos cuando estos surgieron, además de entender que la fotosíntesis es pieza fundamental de la cadena alimenticia.
7	Sin respuesta en el examen.	Porque sin ella el proceso de fotosíntesis no se	El estudiante no deja claro por qué sin las

		completaría, así que nosotros no sobreviviríamos sin dicho procesos efectuado por la planta.	plantas nosotros no sobreviviríamos. Liga la luz solar al proceso, sin dar más explicación.
9	Porque la luz solar da energía a todos los seres vivos algunos dependen de ella, como los organismos pluricelulares, sin ella, no viviríamos.	Porque en sí los que ocupan más la luz son las plantas que dependen del O ₂ y la energía que produce oxígeno, sin las plantas no existiría oxígeno, sin oxígeno mueren los seres vivos.	El alumno primer momento (pre-test) entiende que gracias a la luz solar se mantiene la vida en el planeta, sin embargo no sabe por qué. Posteriormente (pos-test), atribuye el sostén de la vida al oxígeno que se expulsa durante la fotosíntesis.
11	Porque la luz solar da energía a todos los seres vivos.	Porque la luz solar da energía a las plantas y las plantas desechan oxígeno, entonces el oxígeno le sirve a todos los seres vivos.	Aunque el alumno entiende que la luz solar es fuente de energía mediante el proceso fotosintético, atribuye totalmente la dependencia de los seres vivos a la expulsión del oxígeno de la planta.
16	Porque es una parte fundamental para obtener nutrientes.	Porque necesitan de ella.	El estudiante antes de la intervención asociaba la fotosíntesis con un proceso nutritivo para la planta, después sólo atribuye la dependencia a la necesidad sin dar mayor explicación.
15	Sin respuesta en el examen.	Porque a partir de la luz y los rayos hacemos procesos químicos.	El alumno comienza a tener una idea acerca del proceso fotosintético y las transformaciones de energía que surgen a partir de este, pese a esto no es capaz de explicar por qué la vida se sostiene a partir de la luz solar.
17	Porque da energía.	Porque es una cadena por la cual las plantas	Nuevamente se adjudica en su totalidad, al

		aportan oxígeno y al mismo tiempo los humanos CO ₂ a la planta.	oxígeno como responsable del sostenimiento de la vida.
6	Sin respuesta en el examen.	Porque de millones de años de procesos fotosintéticos el globo se llenó de oxígeno, matando a seres no aptos pero constituyendo nuevas formas de vida y porque los hidratos de carbono producidos por la fotosíntesis son la base de la cadena alimenticia de animales (parásitos de las plantas y las bacterias y protozoarios que también la realizan).	El alumno comprende las consecuencias del cambio generado por los organismos fotosintéticos cuando estos surgieron, además de entender que la fotosíntesis es pieza fundamental de la cadena alimenticia.
7	Sin respuesta en el examen.	Porque sin ella el proceso de fotosíntesis no se completaría, así que nosotros no sobreviviríamos sin dicho procesos efectuado por la planta.	El estudiante no deja claro por qué sin las plantas nosotros no sobreviviríamos. Liga la luz solar al proceso, sin dar más explicación.

Grupo experimental D Pre-test y Pos-test

Pregunta 13. ¿Por qué se dice que toda la vida en el planeta (los humanos, los perros, gatos, bacterias, hongos, peces, etc.) depende de luz solar?

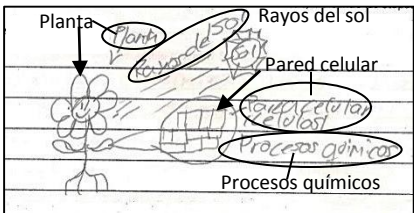
Caso	Respuesta del alumno		Interpretación
	Pre-test	Pos-test	
1	Porque es un elemento que da calor y ayuda a eliminar agua del cuerpo y sales. Ayuda a la secreción de los seres vivos.	Porque es una fuente química y calorífica.	En el examen pre-test el alumno considera que la energía es la vía para generar calor y que éste a su vez es sostiene la vida del planeta. En el segundo examen (pos-test) comprende que es gracias a la luz solar que se puede generar energía química.

4	Sin respuesta en el examen.	Por la energía que en cierto modo nos da y su calor.	El estudiante sabe que la luz solar aporta energía para sostener la vida en el planeta, aunque no es muy claro en qué se relaciona con la fotosíntesis.
7	Por el calor y la producción de oxígeno por parte de la plantas.	Porque si no nos congelaríamos.	El alumno considera la energía solar como vía para producir calor y a éste como único sustento de la vida en la Tierra.
9	Todos necesitamos un poco de calor para generar algunas funciones.	Necesitamos energía calorífica para realizar actividades las cuales si no se cumplen no podríamos vivir.	El alumno considera la energía solar como vía para producir calor y a éste como único sustento de la vida en la Tierra.
10	Sin respuesta en el examen.	Porque el sol les proporciona energía.	El estudiante sabe que la luz solar aporta energía, sin embargo, no explica la manera o el tipo de energía que aporta durante el proceso fotosintético.
12	Porque funciona como combustible en reacciones vitales como la fotosíntesis.	Porque la luz solar hace funcionar la fotosíntesis y ella genera oxígeno que respiramos y aparte energía cuando comemos plantas.	El alumno en un primer momento (pre-test) entiende que la luz solar impulsa la fotosíntesis, aunque no dice las consecuencias que ello conlleva. En un segundo momento (pos-test) el alumno explica por qué los seres vivos dependen de la luz, pues expone que gracias a esta "funciona" el proceso fotosintético del cual obtendremos oxígeno y alimento.
14	Porque la luz proporciona energía calorífica y mantiene una temperatura neutra.	Porque da la energía lumínica en las células que necesitan energía de ATP.	En la respuesta del examen pre-test, el estudiante considera a la energía solar como

			vía para producir calor y a éste como único sustento de la vida en la Tierra. Para el post-test, el alumno sabe que la luz aporta energía, sin embargo, no hace explícito mediante qué proceso.
--	--	--	---

De manera general cuando al alumno se le pregunta acerca de la importancia de la luz solar (pregunta 13), la mayoría de los alumnos (grupo A, B, C y D) lo adjudica a la generación de calor o a la producción de oxígeno (respuesta más recurrente entre los estudiantes en los dos momentos; pre-test y pos-test) y aunque esta última concepción no es del todo errónea, cuando no se liga también a la generación de materia orgánica o a la planta como un productor primario dentro de la cadena trófica, se entiende a la fotosíntesis como un tipo de respiración inversa en el cual la planta toma CO_2 del aire y expulsa O_2 como único producto. En los grupos C y D, algunos alumnos logran relacionar el proceso con la generación de energía y la liberación de oxígeno aunque no se logra erradicar del todo la idea de que la energía es un medio para producir calor.

Tabla 23. Respuesta literal de la pregunta 20, de los grupos controles A, B y experimentales C, D, e interpretación del profesor.

Grupo control A Pre-test y Pos-test			
Pregunta 20. En tus propias palabras, describe el proceso de fotosíntesis indicando las etapas más importantes (Puedes poner dibujos).			
Caso	Respuesta del alumno		Interpretación
	Pre-test	Pos-test	
2	La fotosíntesis es el proceso en el que obtiene energía de la luz solar.	Proceso en el que las plantas y algas se nutren gracias a la luz solar porque es energía y las plantas necesitan energía para realizar sus movimientos.	En un primer momento (pre-test) el alumno liga el proceso fotosintético con la luz solar y sabe que es a partir de éste que la planta obtiene energía, sin embargo, parece que el proceso no queda claro pues no hace ningún tipo de descripción. En un segundo momento (pos-test) el alumno logra comprender que la fotosíntesis es un proceso nutritivo para las plantas.
4		Primero llegan los rayos del sol y las células de la planta, entonces se empiezan las reacciones biológico-químicas para generar nutrientes necesarios para la planta y ATP.	El estudiante entiende que para generar nutrientes orgánicos en la planta es necesario el proceso fotosintético. Antes de la intervención docente, el alumno no entendía el propósito y en ninguno de los dos momentos hizo explícitas las fases del proceso.
5	Sin respuesta en el examen.	Sin respuesta en el examen.	El alumno no tiene noción alguna del proceso fotosintético que realizan las plantas.
8	Sin respuesta en el examen.	Es la nutrición de las plantas y para esto se necesita generar ATP y además la adquisición	Al final de la intervención el alumno entiende que la fotosíntesis es un proceso por el cual

		de CO ₂ para limpiar el planeta.	las plantas se nutren y que requieren de CO ₂ , aunque en ningún momento menciona las fases o el proceso fotosintético en general.
10	Sin respuesta en el examen.	Se absorbe luz solar para tener coloración, el tallo transporta la energía, agua y sales de la tierra que absorbe las raíces hacia las hojas donde ahí se produce CO ₂ , H ₂ O, C, H, O.	El alumno no comprende ni la función, ni las fases del proceso fotosintético, ha confundido reactivos con productos y la función que cumple el tallo pues detalla que este transporta energía, agua y sales, los cuales se obtienen del suelo.
12	No conozco las etapas.	La fotosíntesis es un proceso por el cual las plantas y algunos otros organismos realizan para obtener energía y realizar algunas funciones.	El alumno es sumamente impreciso al redactar su respuesta, no deja claro ni cómo se obtiene la energía y cuáles son las funciones que la planta realizará cuando se obtenga dicha energía, aunque el estudiante liga a la fotosíntesis con la obtención de energía.
15	Está una planta con polen, llega una abeja y se lleva el polen en las patas, va otra y así se hace.	Cuando la luz, el CO ₂ y el agua y ciertos minerales llegan a una planta, van directo a la mitocondria donde en los cloroplastos y en las tilacoides se genera glucosa, después durante el proceso llega al ciclo de Calvin donde se rompen moléculas de agua.	En un primer momento (respuesta del pre-test) el alumno confunde el proceso fotosintético con la polinización de las plantas, en un segundo momento (respuesta del pos-test) el aprendiz supera esta confusión, sin embargo, al parecer considera al proceso de respiración celular y fotosíntesis como el mismo proceso, pues explica que la mitocondria es parte del proceso y que dentro de ésta se encuentra el cloroplasto, lo que denota también ideas

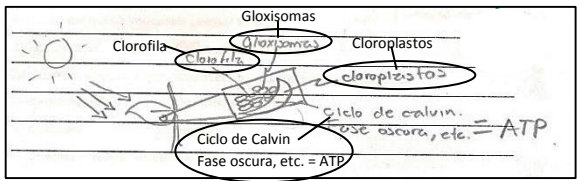
			alternativas acerca de los organelos celulares. A pesar de dichas confusión el alumno sabe que se generará glucosa en el proceso.
Grupo control B Pre-test y Pos-test			
Pregunta 20. En tus propias palabras, describe el proceso de fotosíntesis indicando las etapas más importantes (Puedes poner dibujos).			
Caso	Respuesta del alumno		Interpretación
	Pre-test	Pos-test	
3	Primero la planta recibe luz solar, luego ésta la convierte energía para poder proveerse de oxígeno y al final se crea clorofila.	Todo comienza en el fotosistema dos donde se producen los carbonos y oxígeno lo cual hace que la planta comience a crecer.	El alumno entiende, de acuerdo a la respuesta del pos-test, que la fotosíntesis de algún modo promueve el crecimiento, antes de esto sabía que mediante este proceso la energía se transformaba. El estudiante desconoce las fases del procedimiento.
5	A través de la raíz la planta es capaz de absorber todos aquellos nutrientes del suelo y/o la tierra, estos nutrientes pasan a el tallo, el cual es el encargado de transportar todo lo obtenido hacía toda la planta, la luz solar produce ATP, el cual es la energía para la planta y esta llega a través de las hojas.		El estudiante se encuentra sumamente confundido acerca del proceso fotosintético en los dos momentos (pre-test, pos-test), pues no conoce sus etapas o su propósito. Después de la intervención docente el alumno sólo logra exponer algunos elementos bióticos y abióticos con una breve explicación acerca de ellos.
7	Los cloroplastos sintetizan la energía solar en la planta, liberando CO ₂ al ambiente y aprovechando sus nutrientes.	Primero se realiza en el organelo llamado cloroplasto donde la luz radiante fue convertida en luz química, esto se realiza en dos fases; la dependiente de la luz y la independiente de la	El estudiante en el pre-test tiene una idea próxima a la científica, parece ser que confunde el la respiración celular con la fotosíntesis al mencionar que es mediante este

		<p>luz: en la fase dependiente se rompen moléculas de agua y en la glándula tilacoide se juntan proteínas en el fotosistema I y II su pigmento es la clorofila.</p>	<p>último proceso que se libera CO₂, aunque la aseveración “los cloroplastos sintetizan la energía solar en la planta” es acorde con el concepto científico.</p> <p>Para el pos-test, parece ser que logra diferenciar el proceso fotosintético de la respiración celular y lo entiende como un proceso de transformación de energía.</p>
8	<p>La planta recibe la luz solar que transforma la luz en energía, absorbe dióxido de carbono para dentro de ella generar oxígeno y de ahí expulsar oxígeno.</p>	<p>La fotosíntesis se divide en 2, fotosistema I y fotosistema II, empieza en el fotosistema II empieza con 2 moléculas y dentro se divide en una molécula de agua y se liberan 2 hidrógenos, mientras las proteínas las transportan al fotosistema I con la energía luminosa, de ahí pasa al ciclo de Calvin y empieza una fosforilación y también se produce glucosa, al final de todo ese proceso se expulsa oxígeno y así continua.</p>	<p>Para el alumno parece claro que el propósito de la fotosíntesis es generar oxígeno, aunque menciona que se produce glucosa; uno de los puntos clave del proceso, no pierde la oportunidad para mencionar la generación y expulsión de oxígeno. El estudiante no comprendió cabalmente el modelo fotosintético.</p>
13	<p>La planta absorbe CO₂ y agua las cuales las manda a las hojas y con la luz solar rompe las moléculas y ya puede ejercerse el proceso en los cloroplastos.</p>	<p>Entra la luz solar y el agua, (la luz por las hojas y el agua por las raíces), comienza el intercambio de gases rompiendo la molécula del agua y extrayendo los minerales y lo necesario para hacer la fotosíntesis.</p>	<p>Algunos de los productos necesarios para realizar la fotosíntesis son claros para el alumno, no así los productos, subproductos o las etapas, evadiendo mencionarlas con frases como: “...puede ejercerse el proceso” o “...lo necesario para hacer la fotosíntesis”.</p>
14	<p>La hoja capta la luz solar, el dióxido de</p>	<p>La luz es captada por el cloroplasto, entra</p>	<p>A pesar del tiempo transcurrido entre el</p>

	carbono se transforma en oxígeno, el cual es expulsado al medio ambiente y lo que resulta la fotosíntesis es la glucosa.	dióxido de carbono (CO ₂), agua, el dióxido de carbono se transforma en oxígeno, lo que resulta de la fotosíntesis es glucosa (alimento para las plantas).	examen pre-test y pos-test y la intervención docente, el alumno conserva prácticamente la misma idea acerca del proceso fotosintético, aunque cercana al modelo científico, no se logró erradicar la idea de que el O ₂ se obtiene del CO ₂ .
15	No recuerdo muy bien, sólo sé que las plantas requieren de agua y dióxido de carbono para producir su energía, y en ese proceso expulsan un gas denominado oxígeno, todo esto en la fotosíntesis, pero no recuerdo los pasos a nivel celular.	Sin respuesta en el examen	A pesar de que el aprendiz tenía una idea imprecisa de la fotosíntesis, después de la intervención no hubo respuesta alguna a esta misma pregunta.

Grupo experimental C Pre-test y Pos-test

Pregunta 20. En tus propias palabras, describe el proceso de fotosíntesis indicando las etapas más importantes (Puedes poner dibujos).

Caso	Respuesta del alumno		Interpretación
	Pre-test	Pos-test	
6		<p>Los rayos azules y rojos transportan la membrana celular hasta el tilacoide, y los rayos verdes y amarillos rebotan por efecto de la clorofila. Los fotones comienzan el transporte de elementos y la producción de ATP tras pasar por la ATP sintetasa y NADPH, que ayudarán a completar el proceso con el ciclo de Calvin para poder almacenar la</p>	<p>En un primer momento el alumno no es capaz de esquematizar claramente el proceso, sólo menciona algunos elementos que conforman la planta. Después de la intervención aunque con imprecisiones, al momento de redactar las fases, comprende los productos de cada una y que es a través de este proceso que la planta podrá construir nuevas estructuras.</p>

		energía en hidratos de carbono y formar nuevas estructuras (crecimiento).	
7	Sin respuesta en el examen.	Fase luminosa. Se excitan electrones mientras estos se transportan hasta llegar al ATP sintetasa quien termina generando ATP. Fase oscura. El principal elemento es el CO ₂ y este al pasar por el ciclo pasa por cambios y genera glucosa, la cual se almacena.	El estudiante de manera concisa explica las dos principales etapas de la fotosíntesis incluyendo los reactivos necesarios y los productos resultantes.
9	Sin respuesta en el examen.	La luz llega a la hoja de ahí pasan a los tilacoides donde se lleva la fase lumínica donde a partir de la hidrólisis, los fotones y el sistema transportador de electrones se produce ATP y NADPH para ser utilizado en la fase oscura, utilizando la energía del ATP y NADPH para producir glucosa.	El alumno da una breve explicación del proceso fotosintético, menciona las dos fases, reactivos y productos, aunque no menciona una molécula fundamental del proceso; el CO ₂ .
11	Las plantas atrapan el dióxido de carbono, lo sintetizan obtiene ATP y sale como residuo oxígeno.	Fase lumínica. El sol le da energía a la planta excita los electrones estos se cargan de energía pasan por la cadena transportadora, pasan para el otro lado algunos protones se cargan de nuevo los electrones y los absorbe o se unen al NADP convirtiéndose al NADPH, los protones que pasarán para adentro y pasan por el ATP sintetasa para que el ADP se una con el P y salga ATP. Fase oscura. En el estroma hay una partícula	A diferencia de la primera respuesta que da el alumno (pre-test), la segunda respuesta (post-test), tiene una explicación más extensa acerca de la fotosíntesis, en la que se describe la conversión de luz solar a energía química. Posteriormente el alumno también procura detallar la fase en la que finalmente se sintetiza la glucosa.

		que con el CO ₂ se vuelve una partícula de seis carbonos inestables, entonces se parte en dos moléculas de tres carbonos cada una entonces el ATP le da un grupo fosfato, después el NADPH le da grupo hidrógeno y sale un grupo fosfato, entonces como son dos partículas se unen y queda como resultado glucosa.	
16	Sin respuesta en el examen.	Ocurre a través de dos etapas oscura y lumínica en la luminosa se transportan a través de las cadenas transportadoras los electrones en el fotosistema I los cuales pierden energía y al entrar a la enzima se cargan de energía para salir en la oscura o el ciclo de Calvin producir glucosa.	El alumno no tiene claridad en las moléculas o sistemas que intervienen en el proceso, sin embargo, comprende que hay un flujo de energía y que al finalizar las dos etapas que conforman la fotosíntesis se obtendrá glucosa.
15	Sin respuesta en el examen.	La primera fase (fase lumínica) es la que recibe los rayos solares, llegan al fotosistema II donde los electrones son excitados, lo cual causa que se libere un protón, se transportan por la cadena transportadora de electrones al fotosistema I, donde finalmente pasan a la última etapa de la fase lumínica, llegan al ATP sintetasa, el cual como su nombre lo dice, sintetiza al ATP uniéndolo con un P. En la fase de Calvin se hace una serie de reacciones para finalmente producir la glucosa.	El estudiante comprende el flujo y la transformación de energía que se da durante la fase lumínica del proceso. La siguiente fase parece un poco desvinculada de la primera pues no menciona cual es el nexo entre una y otra, sólo dice que “se harán una serie de reacciones” para obtener glucosa.

17	Sin respuesta en el examen.	Primero la luz del sol es captada por los cloroplastos que tienen las hojas, dentro de los cloroplastos hay estromas y tilacoides, la luz pasa por el fotosistema II y se lleva a cabo la fotólisis gracias al agua, luego los electrones pasan por la cadena transportadora y en ese transcurso los electrones dan paso a protones, los electrones pierden energía por ese proceso y se vuelven a recargar en el fotosistema I donde vuelven a transportarse al ATP sintetasa donde se sintetizan las moléculas y sale ATP después se va a la fase oscura donde los carbonos se unen y se obtiene glucosa	El estudiante comprende la estructura molecular de un cloroplasto, así como el flujo de energía y las transformaciones de energía. Comprende que el ATP es funcional en el ciclo de Calvin, no obstante no lo explica, si bien sabe que “los carbonos se unen” para obtener glucosa.
----	-----------------------------	--	--

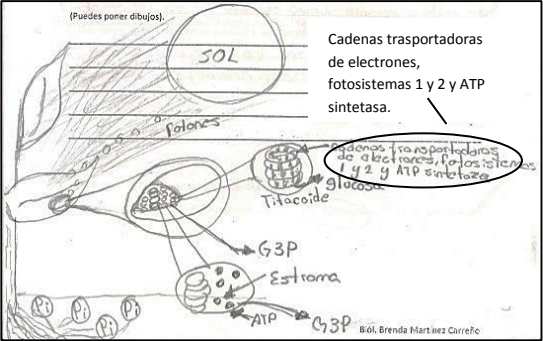
Grupo experimental D Pre-test y Pos-test

Pregunta 20. En tus propias palabras, describe el proceso de fotosíntesis indicando las etapas más importantes (Puedes poner dibujos).

Caso	Respuesta del alumno		Interpretación
	Pre-test	Pos-test	
1	La planta capta la luz solar y los demás elementos posteriormente ingresan a ella como dióxido de carbono y dentro ocurren las reacciones necesarias. Desecha oxígeno y guarda los demás elementos útiles.	Primero recibe los fotones y altera los electrones que hay en la clorofila. Luego pasan a la cadena y a los fotosistemas. Al final se obtiene ATP y se desecha oxígeno. Luego el ATP pasa al ciclo de Calvin y se sintetiza hasta obtener glucosa.	De una manera concisa el alumno explica el proceso fotosintético, pese a que considera de manera implícita los cambios de energía, los toma en cuenta como parte del proceso. Entiende que la glucosa se sintetiza gracias a este proceso.

4	Las plantas toman el CO ₂ de su ambiente, en una pequeña conversión de intercambio de gases se aprovecha el carbono y se deja libre el oxígeno.	Primero capta la luz (fotones), son llevados al FT2 y después de excitar a los electrones 2 se llevan a la cadena de electrones (mismos que son reemplazados por agua) y llegan al FT1 donde se vuelven a recargar con fotones y van a otra cadena transportadora de electrones; terminan en el ATP sintetasa y sirven para conseguir que el NADP se convierta en NADPH. De aquí es llevado el NADPH y el ATP al ciclo de Calvin donde se transforma finalmente en glucosa para almacenar energía, invirtiendo lo obtenido en la fase lumínica y obteniéndolo en esta misma.	El estudiante en un primer momento (pre-test) empata al intercambio gaseoso con el proceso fotosintético (lo que en la literatura se conoce como respiración inversa), posteriormente (pos-test) el alumno hace una descripción del proceso en la que se menciona, la transformación y transferencia de energía, los reactivos y productos de cada etapa, aunque omite mencionar al CO ₂ como elemento clave para la síntesis de glucosa. Además el alumno es capaz de ligar las dos fases del proceso a través de las moléculas obtenidas en la primera (fase lumínica) y usadas en la segunda (ciclo de Calvin) y de entender que la energía se almacena en forma de glúcido (glucosa).
7	Absorbe luz, hace reacciones químicas y produce oxígeno que desecha y carbonos que son su alimento.	La planta atrapa luz, la cual llega al cloroplasto y de ahí al tilacoide para realizar la fase lumínica de lo que se produce NADPH y ATP y en la fase oscura se produce la glucosa donde será almacenada el NADPH y el ATP para tener reservas igual con la luz del sol como materia prima.	Al parecer el aprendiz desconoce las etapas de la fotosíntesis (pre-test), pues no las describe; sólo menciona que de ella se obtiene oxígeno y carbonos que le servirán a la planta como alimento. En la respuesta del pos-test, no obstante su descripción del proceso es corta indica las fases, las transformaciones que sufre la luz, los reactivos y productos, además de entender que la energía que se

			produjo a partir de la luz ahora podrá ser almacenada gracias a este proceso.
9	Entra CO ₂ y sale oxígeno.	Fase lumínica y oscura. Fotosistemas I y II. Sintetización de ATP. Obtención de glucosa.	El estudiante en un primer momento (pre-test) empata al intercambio gaseoso con el proceso fotosintético (lo que en la literatura se conoce como respiración inversa), posteriormente (pos-test) de manera muy escueta reseña el proceso fotosintético, señalando como producto final la glucosa.
10	Sin respuesta en el examen.	En la fase lumínica. Recepción de la luz en el cloroplasto. Los fotones trabajan en los tilacoides, donde se transforman en energía mediante los fotosistemas 1 y 2 con ayuda de la cadena transportadora de electrones. Se producen protones e hidrógenos y se da paso a ATP y a NADPH; éstas moléculas se mueven para continuar su ciclo, el de Calvin, donde se producirá glucosa para reserva de la planta.	El aprendiz no tenía un referente del proceso (pre-test) pues no hubo respuesta, en un segundo momento (pos-test) el alumno puede desarrollar una respuesta en la que incluye, fases, sitio donde se realiza el proceso (cloroplastos), reactivos y productos, además de comprender que como producto final se obtendrá glucosa que podría ser almacenada. Debido a la redacción del alumno parece que él entiende que los fotones no son energía y que sólo cuando llegan a los tilacoides se transformarán en energía mediante los fotosistemas “Los fotones trabajan en los tilacoides, donde se transforman en energía mediante los fotosistemas 1 y 2...”

12	Absorción y distribución de nutrientes.		El estudiante (pre-test) liga la fotosíntesis como un proceso de absorción y distribución de nutrientes, sin embargo, no explica cómo se realiza el proceso, en un segundo momento (pos-test), el alumno hace un dibujo en el que se representan las dos fases de la fotosíntesis: fase lumínica y fase oscura (aunque no se indican de manera explícita), algunos elementos que forman parte del proceso (tilacoide, fotosistemas, cadena de transporte de electrones, estroma) así como los reactivos y productos. No existe secuencialidad en el dibujo, pues no hay ningún símbolo que indique qué sucede primero o después, además de haber una clara confusión acerca de dónde es que se sintetiza la glucosa.
14	No recuerdo muy bien y no sé cómo explicarlo.	Lo que recuerdo es que comienza con la fase lumínica donde los tilacoides transforman la energía solar en ATP para después pasar al ciclo de Calvin (fase oscura) después de todo este proceso se llega a la glucosa.	Aunque el alumno hace una muy breve descripción del proceso, menciona las etapas, la transformación y transferencia de energía y el producto final; la glucosa.

Los alumnos del grupo control A, no mencionan las fases o nombres de la fotosíntesis¹⁹ a pesar que se pide de manera explícita que lo hagan. Cuatro de ellos entienden a la fotosíntesis como un proceso nutritivo para la planta²⁰, sin embargo tres de éstos no desarrollan el concepto, ni realizan algún tipo de descripción acerca de su idea de nutrición (sólo uno de ellos lo asocia con energía; caso 2).

Los estudiantes del grupo A también mencionan en algunos casos a la luz solar y el CO₂ como indispensables para el proceso, no obstante parece ser que no comprenden el modo en que la planta los convierte en materia orgánica (en los casos en los que los alumnos creen que ésta se obtendrá), pues evaden explicar el proceso con frases como “[...] empiezan las reacciones biológico-químicas [...]” o “La fotosíntesis es un proceso por el cual las plantas [...] *obtienen* energía”. No se hace mención del cloroplasto como estructura encargada de la fotosíntesis o las partes que lo conforman (tilacoides, cadena de transporte de electrones, fotosistemas y ATP sintetasa)²¹. Para este grupo no es clara la relación entre las transformaciones de la energía y la fotosíntesis, así como la obtención de algún hidrato de carbono como producto final, no obstante dos alumnos mencionan que del proceso se obtendrá energía sin realizar pormenorizaciones al respecto.

Para el grupo control B, sólo un par de alumnos mencionan las etapas de la fotosíntesis; uno lo hace de manera adecuada (caso 7) y otro confunde las etapas con los fotosistemas del cloroplasto (caso 8), los demás estudiantes no indican las etapas del proceso.

¹⁹ En el examen la pregunta 1 (¿Qué otros nombres recibe la fase lumínica de la fotosíntesis?) y 2 (¿Qué otros nombres recibe el ciclo de Calvin?) se cuestiona al alumno acerca de los diversos nombres que pueden recibir las fases o etapas de la fotosíntesis. Sólo el 25% pudo contestar la pregunta 1 y 18% la 2. Datos no mostrados.

²⁰ De acuerdo con González (2014:2), la nutrición consiste en “una serie de complejas reacciones bioquímicas que tienen lugar a nivel celular, cuya función es proporcionar al organismo la energía y la materia necesaria para generar y regenerar sus propias estructuras.”

²¹ En el examen la pregunta 5 (¿En qué organelo se produce la fotosíntesis?) se cuestiona a los alumnos acerca del lugar en el que se realiza el proceso fotosintético. Para esta pregunta la mayoría de los alumnos (los cuatro grupos) pudieron contestar de manera correcta; 50% para el grupo A, 80% para el grupo B, 100% para el grupo C y 78.5% para el grupo D, a pesar de esto, los alumnos de los grupos control no incluyen al cloroplasto dentro de su descripción del proceso fotosintético. Datos no mostrados.

Cuatro de siete alumnos del grupo B, asocian a la fotosíntesis explícitamente como un proceso nutritivo para la planta. Tres de ellos relacionan la nutrición con la energía que se obtiene de este proceso y uno de ellos al crecimiento de la planta. Igual que sucede en el grupo A, los alumnos del grupo B no mencionan los reactivos y los productos de cada fase.

Sin embargo, algunos alumnos señalan elementos involucrados en la fotosíntesis, aunque no lo hacen de forma organizada y en algunos casos, ni de forma coherente, pues confunden a los fotosistemas con las etapas del proceso (caso 8) o no hay claridad acerca del lugar en el que ocurre un evento en particular durante el proceso fotosintético (caso 3 y 4).

Por otro lado, los estudiantes del grupo experimental C mencionan las fases del proceso fotosintético²². De manera adecuada también los siete alumnos mencionan que al ocurrir el proceso fotosintético se obtendrá glucosa como producto final, la cual proviene de la transformación de energía lumínica, sin embargo, sólo un alumno asocia de manera explícita este proceso al crecimiento de la planta. Los estudiantes de este grupo (C), indican los reactivos y productos de cada etapa y entienden a la fotosíntesis como un proceso holístico, refieren de manera correcta los elementos involucrados en la fotosíntesis, además de utilizar un mayor número de términos científicos en la descripción del proceso.

En el grupo experimental D, de las siete respuestas que se incluyeron, en cinco de ellas se hacen explícitas las etapas del proceso (algunos con más detalle que otros). Los alumnos, comprenden que es a través de la fotosíntesis que se obtendrá energía la cual se contendrá en una molécula orgánica (glucosa), indican los reactivos y productos de cada etapa y entienden a la fotosíntesis como un proceso holístico, pues saben que si no se obtienen moléculas en una primera instancia no se podrá finalizar el proceso. Además identifican al cloroplasto como

²² En el examen la pregunta 1 (¿Qué otros nombres recibe la fase lumínica de la fotosíntesis?) y 2 (¿Qué otros nombres recibe el ciclo de Calvin?) se cuestiona al alumno acerca de los diversos nombres que pueden recibir las fases o etapas de la fotosíntesis. El grupo obtuvo porcentajes de 70% y 82.3% respectivamente. Datos no mostrados.

estructura encargada de la fotosíntesis y las partes que lo conforman (tilacoides, cadena de transporte de electrones, fotosistemas y ATP sintetasa).

Los alumnos, en general refieren a la glucosa como producto de un proceso en el que se transforma la energía proveniente del sol, la cual le servirá a la planta como reserva de energía.

Gracias a que los estudiantes de los grupos C y D tuvieron interacción constante con los objetos de estudio mediante los modelos a escala, es decir, pudieron manipular, observar y sujetar lo que sólo ocurre a nivel microscópico, los alumnos lograron hacer descripciones más apegadas al conocimiento científico.

Adicionalmente, debido a que se incluyó como parte de la estrategia, la enseñanza de las leyes que rigen la energía (primera y la segunda ley de la termodinámica), los estudiantes de los grupos C y D pudieron mencionar a lo largo de sus explicaciones, las pérdidas y transformaciones que sufre la energía durante el proceso, a diferencia de los grupos controles, en las que prácticamente no se hace alusión.

En resumen, los jóvenes con los que se trabajó la estrategia, fueron capaces de recordar nombres de estructuras y moléculas, identificar fases o etapas y organizar de manera coherente y organizada toda la información acerca del proceso, logrando construir una definición. Todo ello fue posible gracias a la implementación de diversos recursos didácticos, organizados con base en las necesidades cognitivas de los alumnos en una estrategia para la enseñanza y aprendizaje de la fotosíntesis.

Para Cañal (citado por González *et al.*, 2011:94) existen cinco niveles en los que se establece el nivel comprensión de los estudiantes de la fotosíntesis. Según el autor, en el nivel más avanzado (nivel cinco) los alumnos comprenden que “la fotosíntesis es un proceso que tiene lugar en los cloroplastos de las células del vegetal, y origina los nutrientes orgánicos que la planta necesita a partir de las sustancias inorgánicas (agua, sales y CO₂)”. De acuerdo a lo anterior los alumnos de los grupos C y D (grupo a los que se les aplicó la estrategia) se encontrarían

en el nivel cinco de la clasificación de Cañal, pues cumplen con lo establecido; incluso, algunos alumnos van más allá al mencionar las transformaciones de energía, las partes que conforman al cloroplasto, las etapas, así como los reactivos y productos de cada una de ellas.

Capítulo 6. Conclusiones

En el este apartado se enlistan las conclusiones finales del presente trabajo de investigación derivado de los análisis de los resultados cuantitativos y cualitativos presentados anteriormente.

- El diseño de la estrategia resulta eficaz para la enseñanza y el aprendizaje de la fotosíntesis. La articulación de los elementos que la conforman favorecen el aprendizaje significativo en los estudiantes. Cada uno de ellos se menciona a continuación.
 - Con la implementación de organizadores previos, los alumnos pudieron generar una nueva red de conocimientos que se establecieron en robustos esquemas de anclaje mediante los cuales los estudiantes pudieron cimentar el proceso fotosintético; modelo de luces LED, cuadro comparativo.
 - El uso de organizadores comparativos o analogías favoreció la comprensión de estructuras microscópicas involucradas en el proceso fotosintético como el cloroplasto y sus componentes. Gracias a esto los estudiantes fueron capaces de explicar una compleja cadena de reacciones mencionando el lugar donde se realizaban. Por ejemplo: el paso de los electrones y protones por la cadena de transporte de electrones.
 - Exponer el tema mediante exposición-discusión permitió a los alumnos darse cuenta de sus imprecisiones cuando algún tópico en particular se abría a discusión, así ellos pudieron construir y reconstruir sus esquemas de manera activa. Los estudiantes

lograron responder de manera adecuada las preguntas que se realizaron, lo que refleja que aprendieron de manera significativa²³.

- Al incluir dentro de la estrategia modelos a escala como medio para hacer más asequible la comprensión de un tema abstracto, se logró favorecer el pensamiento abstracto en los alumnos, pues ellos comprendieron las interacciones entre moléculas, organelos y las estructuras así como de transferencia y pérdida de la energía que ocurre durante el proceso fotosintético. Además la modelización, acerca al estudiante al procedimiento mediante el cual se construye el conocimiento científico.
- Al combinar dos tipos de evaluación para diagnosticar la eficacia de la estrategia, se otorga al presente estudio solidez, pues el análisis que se realiza (análisis cualitativo) se sustenta en la estadística (análisis cuantitativo) y viceversa. El combinar dichos análisis, acerca al investigador a una visión más objetiva de lo sucedido antes, durante y al finalizar el estudio, permitiendo un análisis complementario.

Por lo tanto, podemos concluir que la estrategia constructivista para la enseñanza de la fotosíntesis con uso de modelos promueve el aprendizaje significativo en los estudiantes, pues son capaces de explicar con sus propias palabras un complejo proceso con una concepción cercana a la científica.

²³ “El sujeto es capaz de dotar de significado a un material o una información que se le presenta, es decir cuando comprende ese material; donde comprender sería equivalente, más o menos, a traducir algo a las propias palabras” Pozo y Gómez (2004:89).

Perspectivas

La estrategia para la enseñanza y aprendizaje de la fotosíntesis, se diseñó con el propósito de poder ser aplicable en el Nivel Medio Superior sin importar la modalidad, por esto es importante trabajar con la estrategia en diversas instituciones con sistemas escolarizados diferentes.

A pesar de que se demostró que la estrategia promueve el aprendizaje significativo en los alumnos de bachillerato, existe la necesidad de ajustar el tiempo de aplicación de acuerdo a la institución en la que se desee aplicar, pues el docente al trabajar la estrategia con sus estudiantes, necesita disponer de por lo menos ocho horas, sin embargo, en muchas de las instituciones sólo se disponen de un par de horas para revisar el tema.

Los recursos didácticos que conforman la estrategia pueden resultar de gran utilidad para la enseñanza y el aprendizaje de otros temas de alto nivel de abstracción, por ejemplo; la respiración celular. En esta investigación se demostró que la modelización promueve el pensamiento abstracto, permitiendo que los alumnos comprendan procesos que ocurren a nivel molecular. Por lo tanto, sería importante implementarlos por separado en futuras investigaciones.

Bibliografía

- Acosta, S., García, M. (2012). Estrategias de enseñanza utilizadas por los docentes de Biología en las universidades públicas. *Omnia*. Venezuela. 18(5).
- Audesirk, T., Audesirk, G., Byers, B. (2008). *Biología. La vida en la tierra*. México. Pearson.
- Barón, F., Montiel, F. (2004). *Apuntes de bioestadística: Tercer ciclo en Ciencias de la salud y medicina*. España. Universidad de Málaga.
- Beltrán, J. (2003). Estrategias de aprendizaje. *Revista de educación*. España. 332 (s/m).
- Bazán, J., García, T. (Coord.) (2001). *Educación Media Superior. Aportes*. México. CCH-UNAM.
- Briceño, T. (2012). *Estrategias para la enseñanza de la fotosíntesis y las teorías de aprendizaje* (Tesis de maestría en la enseñanza de la Biología). Venezuela. Universidad de Zulia.
- Cañal, P. (1997). La fotosíntesis y la respiración inversa de las plantas: ¿Un problema de secuenciación de los contenidos? *Alambique*. España. 14(10).
- Coll, C. (2010). *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento*. España. Paidós.
- Campanario, J., Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas del pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de Ciencias. *Investigación didáctica*. España. 18(2).
- Chadwick, C. (1999). La psicología del aprendizaje desde el enfoque constructivista. *Revista Latinoamericana de Psicología*. Colombia. 31(s/m).
- Chamizo, J. (2009). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre la enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. México. 7(1).
- Charrier, M., Cañal, P., Vega, R. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las Ciencias*. España. 24(3).

Colegio de Ciencias y Humanidades CCH. (2006). *Orientación y sentido de las áreas del plan de estudios actualizado*. México. CCH-UNAM.

Colegio de Ciencias y Humanidades CCH. (1996). *Plan de estudios actualizados*. México. CCH-UNAM.

Colegio de Ciencias y Humanidades CCH. (2012). *El modelo educativo del CCH y la cultura básica*. México. CCH-UNAM.

Colegio de Ciencias y Humanidades CCH. (2012). *Reflexiones sobre los programas de estudio a partir de la construcción del examen de diagnóstico académico (EDA) y el análisis de sus resultados*. México. CCH-UNAM.

Colegio de Ciencias y Humanidades CCH. (2013). *Comisión especial para la actualización de los programas de Biología I-II. Propuesta*. México. CCH-UNAM.

Colegio de Ciencias y Humanidades CCH. (2014). *Plan General de Desarrollo de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades 2014-2018*. México. CCH-UNAM.

Colegio de Ciencias y Humanidades CCH. (2016). *Programa de Estudio. Área de Ciencias Experimentales de Biología I-II*. CCH UNAM.

Curtis, H., Barnes, N., Schnek, A., Massarini. (2008). *Biología*. México. Panamericana.

Davis, P. (2014). *Cognición y aprendizaje. Reseña de investigaciones realizadas entre grupos etnolingüísticos minoritarios*. España. SIL Internacional.

De la Torre, S., Barrios, O., Tejada, J., Bordas, I., Borja, M., Carnicero, P., Rajadell, N., Tort, L., Serrat, N. (2000). *Estrategias didácticas innovadoras. Recursos para la formación y el cambio*. España. Octaedro.

Díaz-Barriga, F., Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. México. McgrawHill.

Eggen, P., Kauchak, D. (2014). *Estrategias docentes. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento*. México. Fondo de Cultura Económica.

Escuela Pedagógica Experimental (2000). *Planteamientos en educación. La enseñanza de las Ciencias*. Colombia. Colección polémica educativa.

Felipe, A., Gallarreta, S., Merino, G. (2005). La modelización en la enseñanza de la Biología del desarrollo. *Revista electrónica de enseñanza de las Ciencias*. Argentina. 4(s/m).

Flick, U. (2012). *Introducción a la investigación cualitativa*. España. Morata.

Feo, R. (s/a). Consideraciones básicas referentes a las estrategias didácticas para la construcción de una práctica docente estratégica. *Departamento de pedagogía*. Venezuela.

Feo, R. (2010). Orientaciones básicas para el diseño de estrategias didácticas. *Tendencias pedagógicas*. Venezuela. 16(s/m).

Garnica, S., Roa, R. (2012). Conocimiento didáctico del contenido sobre fotosíntesis de dos profesores de los grados sexto y noveno de educación básica secundaria de un colegio privado en Bogotá-Colombia. *Biografía: escritos sobre la Biología y su enseñanza*. Colombia. 5 (s/m).

Gaceta amarilla (1971, 01 de febrero). Proyecto para la creación del Colegio de Ciencias y Humanidades y de la Unidad Académica del Bachillerato. México. *Gaceta UNAM*. Extraordinario. (2).

García, E., González, J. (Coord.) (2013). *Documentos y testimonios de la historia del Colegio de Ciencias y Humanidades*. México. CCH-UNAM.

García, C. (2011). *40 años de aprender a aprender, el devenir del colegio de Ciencias y Humanidades*. (Tesis de Licenciatura en Comunicación y Periodismo). México. UNAM-FES ARAGÓN.

Gilbert, J., Reiner, M., Nakhleh, M. (Edit.) (2008). *Models and modeling in science education. Visualization: theory and practice in Science education*. Estados Unidos. Springer.

González, C., García, S., Martínez, C. (2011). La nutrición vegetal desde el pensamiento docente. *Revista Eureka*. España. 9(s/m).

González, C., Martínez, C., García, S. (2014). El modelo de nutrición vegetal a través de la historia y su importancia para la enseñanza. *Revista Eureka*. España. 11(1).

Gutiérrez, R. (2001). *Introducción a la didáctica*. México. Esfinge.

Hernández, G. (2008). Los constructivismos y sus implicaciones para la educación. *Perfiles Educativos*. México. (s/m).

- Hernández, S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*. España. 5(s/m).
- Ibarrola, M. (1991). *La articulación entre la escuela técnica de nivel medio superior y el mundo del trabajo en México ¿Espacios vacíos de la gestión educativa?* OREAL-UNESCO. Congreso llevado a cabo en Santiago de Chile.
- Instituto Nacional para la Evaluación Educativa INEE (2011). *Panorama Educativo de México 2009. Indicadores del Sistema Educativo Nacional. Educación básica y media superior*. México. INEE.
- Instituto Nacional para la Evaluación Educativa INEE (2013). *Panorama Educativo de México 2012. Indicadores del Sistema Educativo Nacional. Educación básica y media superior*. México. INEE.
- Instituto Nacional para la Evaluación Educativa INEE (2015). *Panorama Educativo de México 2014. Indicadores del Sistema Educativo Nacional. Educación básica y media superior*. México. INEE.
- Instituto Nacional para la Evaluación Educativa INEE (2016). *La educación Obligatoria en México. Informe 2016*. México. INEE.
- Jensen, J. (2008). *Adolescencia y adultez emergente. Un enfoque cultural*. México. Pearson.
- Kerlinger, F. (2002). *Investigación del comportamiento*. Estados Unidos. McGrawHill.
- Lehman, R. (1991). *Statistics and research design in the behavioral sciences*. Estados Unidos. Wadsworth.
- León, O., Montero, I. (2003). *Métodos de investigación: en psicología y educación*. España. McGrawHill.
- Monereo, C. (Coord.) (1999). *Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Formación del profesorado y aplicación en la escuela*. España. Graó.
- Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica*. Colombia. Neiva.
- Ortiz, C. (2010). *Diseño y valoración de estrategia de enseñanza con un enfoque constructivista para el aprendizaje del tema metabolismo, del programa de biología III del CCH* (Tesis de Maestría en Docencia). México. UNAM-MADEMS.

Ossandón, Y., Castillo, P. (2006). Propuesta para el diseño de objetos de aprendizaje. *Revista facultad de Ingeniería*. Chile. 14 (4).

Palmero, M. (Coord.) (2010). *La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva*. España. Octaedro.

Pintó, R., Aliberas, J., Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Investigación y experiencias didácticas*. España. 14(2).

Pozo, J. (2003). *Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje*. España. Alianza.

Pozo, J., Gómez, M. (2004). *Aprender y enseñar Ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. España. Morata.

Pozo, J. (2010). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. España. Morata.

Resnick, L., Collins, A. (1994). *Cognición y aprendizaje*. Estados Unidos. Pergamon.

Rivero, I., Gómez, M., Abrego, R. (2013). Tecnologías educativas y estrategias didácticas: criterios de selección. *Revista educación y tecnología*. México. 3(s/m).

Rojas, M. (2004). La creatividad desde la perspectiva de la enseñanza del Diseño Industrial en la Universidad Iberoamericana. (Tesis de Maestría en Investigación y Desarrollo de la Educación). México. Universidad Iberoamericana.

Rosária, J. (2006). La enseñanza de Ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*. Brasil. 24(2).

Sáenz, J. (2012). *La fotosíntesis, concepciones, ideas alternativas y analogías. Unidad didáctica dirigida a estudiantes de los ciclos 3 y 4 de educación básica del colegio José María Carbonell* (Tesis de maestría en la enseñanza de las Ciencias exactas y naturales). Colombia. Universidad de Colombia.

Santrock, J. (2003). *Psicología del desarrollo en la adolescencia*. España. McGrawHill.

Schunk, D. (2012). *Teoría del aprendizaje. Una perspectiva educativa*. México. Pearson.

Secretaría de Educación Pública SEP (2004). *Estructura del bachillerato tecnológico*. México. SEP.

Serrano, J., Pons R. (2011). El Constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista electrónica de investigación educativa*. México. 13(s/m).

Solbes, J. (2009). Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (i): resumen del camino avanzado. *Eureka*. España. 6(s/m).

Solomon, E., Berg, L., Martin, D. (2013). *Biología*. México. Cengage Learning.

Stone, M. (Comp.) (1999). *La enseñanza para la comprensión*. Argentina. Paidós.

Totorikaguena, L. (2013). *Los errores conceptuales y las ideas previas del alumnado de Ciencias en el ámbito de la enseñanza de la biología celular. Propuestas alternativas para el cambio conceptual*. España. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

Valcárcel, N. (2004). *Los modelos de enseñanza y la práctica de aula*. Universidad de Murcia. España.

Anexos

Anexo 1. Preguntas del instrumento de evaluación; examen pre-test y pos-test.

- 1.- ¿Qué otros nombres recibe la fase lumínica de la fotosíntesis?
- 2.- ¿Qué otros nombres recibe el ciclo de Calvin?
- 3.- ¿De qué factores depende el crecimiento de una planta? ¿Cuál de ellos consideras fundamental?
- 4.- ¿Las plantas realizan intercambio gaseoso? Sí, no ¿Por qué?
- 5.- ¿En qué organelo se produce la fotosíntesis?
A) Mitocondria B) Cloroplasto C) Núcleo D) Vacuola
- 6.- ¿En dónde se realizan las reacciones dependientes de la luz?
A) Tilacoides B) Ribosomas C) Estroma D) Nucléolo
- 7.- ¿Cuál es el nombre del principal pigmento que participa en el proceso fotosintético?
A) Pigmento accesorio B) Carotenoide C) Clorofila D) Antocianinas
- 8.- ¿Cuál es el propósito de las reacciones dependientes de la luz?
A) Romper moléculas de agua B) Fijar carbono C) Producir azúcares
D) Producir moléculas de ATP y NADPH
- 9.- ¿En dónde se realiza el ciclo de Calvin?
A) Tilacoides B) Ribosomas C) Estroma D) Nucléolo
- 10.- ¿Cuál es la fuente de carbono empleada en el ciclo de Calvin para la síntesis de materia orgánica?
A) CO₂ B) Abono C) Fertilizantes D) H₂O

- 11.- Explica por qué una planta moriría en la ausencia de luz.
- 12.- ¿Por qué se riegan las plantas, cuál es la función que cumple el agua?
- 13.- ¿Por qué se dice que toda la vida en el planeta (los humanos, los perros, gatos, bacterias, hongos, etc.) depende de la luz solar?
- 14.- Menciona la función que cumplen las hojas de una planta.
- 15.- Menciona la función que cumple el tallo de una planta.
- 16.- Menciona la función que cumplen las raíces de una planta.
- 17.- Además de las plantas ¿Qué otros organismos realizan fotosíntesis?
- 18.- ¿Cuál es el producto final de la fotosíntesis?
- 19.- ¿Las plantas realizan respiración celular? Sí, no ¿Por qué?
- 20.- En tus propias palabras, describe el proceso de fotosíntesis, indicando las etapas más importantes (Puedes poner dibujos).

Anexo 2. Cuadro comparativo

Tabla 24. Cuadro comparativo en el que se relacionan funciones similares en dos organismos diferentes.

Instrucciones. Relaciona con una línea la función con la parte del organismo que corresponde. Explica tu respuesta.		
Planta	Función	Animal
	<p>Obtención de carbohidratos</p> <hr/> <hr/> <hr/> <p>Reproducción</p> <hr/> <hr/> <hr/> <p>Intercambio gaseoso</p> <hr/> <hr/> <hr/>	

Anexo 3. Modelo de luces LED

Tabla 25. Partes que conforman el modelo de luces LED.

El modelo de luces LED se conforma de	
Módulo LED RGB a prueba de agua	
Controlador LED RGB con control	
Conector	
Eliminador de corriente	

Una vez conectados los componentes, el módulo de luces LED se puede introducir en un recipiente con agua de la siguiente manera:



Fotografía 1. Se muestra el modelo LED con las partes que lo conforman y en función.

Los pasos a seguir son las siguientes:

Paso 1: Conecta las luces LED como lo indicó el maestro al inicio de la práctica.

Paso 2: Entre los integrantes del equipo se deberá elegir a un compañero para tomar el control de las luces para iniciar la práctica, cada vez que se cambie de color el dispositivo, se cambiará a la persona al mando del control. Una vez elegido el compañero y conectado el dispositivo de luces LED, prueben que las luces funcionen presionando el botón rojo del control que tiene la leyenda. ON.

Paso 3: Vierte agua simple en la pecera y coloca cuidadosamente las luces LED debajo de la pecera. Si es posible alguno de los integrantes del equipo sostendrá la pecera para evitar que el agua se derrame. Una vez hecho esto la profesora procederá a apagar la luz.

Paso 4: Enciende nuevamente el dispositivo y presiona el botón color violeta. Mira hacia arriba y contesta.

- ¿Al presionar el botón indicado en la práctica qué color emitieron los focos LED?

- ¿Qué color observaste cuando dirigiste tu mirada arriba?

Paso 5: Presiona el botón color blanco (cambio de mando). Mira hacia arriba y contesta.

- ¿Al presionar el botón indicado en la práctica qué color emitieron los focos LED?
- ¿Qué color observaste cuando dirigiste tu mirada arriba?

Paso 6: Presiona el botón con el color rojo (cambio de mando). Mira hacia arriba y contesta.

- ¿Al presionar el botón indicado en la práctica qué color emitieron los focos LED?
- ¿Qué color observaste cuando dirigiste tu mirada arriba?

Paso 7: Enciende nuevamente el dispositivo y sumergelo en el interior de la pecera. Presiona el botón color violeta (cambio de mando). Mira la hoja blanca, el agua y contesta.

- ¿Al presionar el botón indicado en la práctica qué color emitieron los focos LED?
- ¿De qué color se ve el agua?
- ¿Qué color se ve en la hoja?

Paso 8: Presiona el botón color blanco (cambio de mando). Mira la hoja blanca, el agua y contesta.

- ¿Al presionar el botón indicado en la práctica qué color emitieron los focos LED?
- ¿De qué color se ve el agua?
- ¿Qué color se ve en la hoja?

Paso 10: Presiona el botón color rojo (cambio de mando). Mira la hoja blanca, el agua y contesta.

- ¿Al presionar el botón indicado en la práctica qué color emitieron los focos LED?
- ¿De qué color se ve el agua?
- ¿Qué color se ve en la hoja?

Una vez que los alumnos terminan de observar el modelo de luces LED²⁴, deben discutir en equipo y contestar las siguientes preguntas

1.-Indica los momento de la práctica en los que crees que se ejemplifica la 1ra ley de la termodinámica (La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma).

2.- Cuando se incide un haz de luz de alta energía (violeta) en el agua y en la hoja o el techo del salón observas otra (azul o roja). Menciona si este fenómeno

²⁴ El fenómeno que se observa al hacer incidir un haz de luz de un medio transparente a otro es la *refracción*, sin embargo este fenómeno nos sirve para explicar la segunda ley de la termodinámica, pues los alumnos pueden observar la pérdida de energía representada con los colores del espectro de luz visible; cuando ellos inciden un haz de luz de alta energía (p.e. violeta) ellos ven refractada luz de energía más baja (azul), la pérdida de energía se percibe al observar un color con una longitud de onda más grande (menor energía) al que se incidió (longitud de onda más pequeña, mayor energía), (previamente se tiene que explicar a los alumnos el concepto de espectro electromagnético, longitud de onda y leyes de la termodinámica). La primera ley se ejemplifica con las transformaciones que sufre la energía, cuando pasa de eléctrica a lumínica. La pérdida de energía en calor se puede percibir también de manera muy clara cuando se toca el eliminador al terminar de usar el modelo.

ejemplificaría alguna de las dos leyes de la termodinámica vistas anteriormente y porqué.

3.- Los seres vivos también requerimos de energía para vivir ¿Esta energía, se regirá bajo las mismas leyes de la termodinámica? Sí, no, ¿Por qué?

4.- Anota las conclusiones a las que llegaron tú y tu equipo, es decir, contesten de acuerdo a lo que observaron y discutieron en equipo, si se cumplen o no las leyes de la termodinámica con la luz y argumenta.

Anexo 4. Modelo del proceso fotosintético realizado por los alumnos

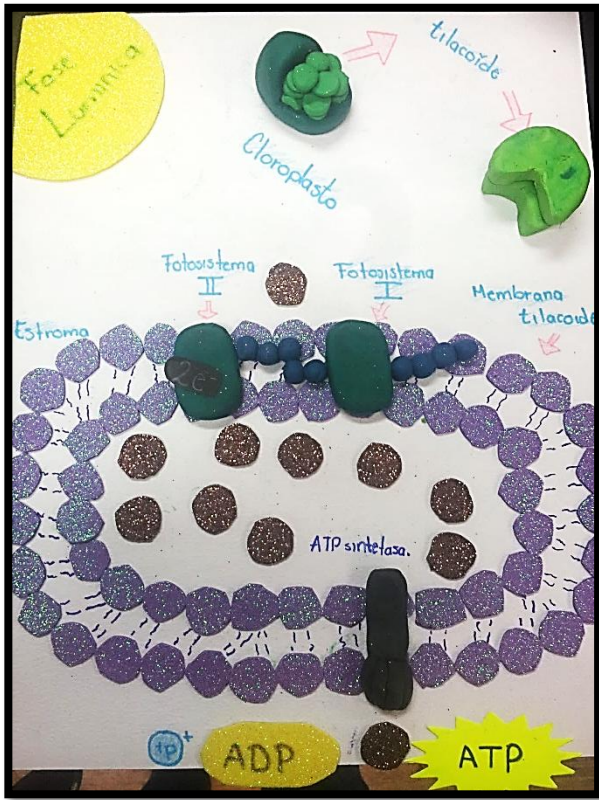


Foto 2. Fase luminica.

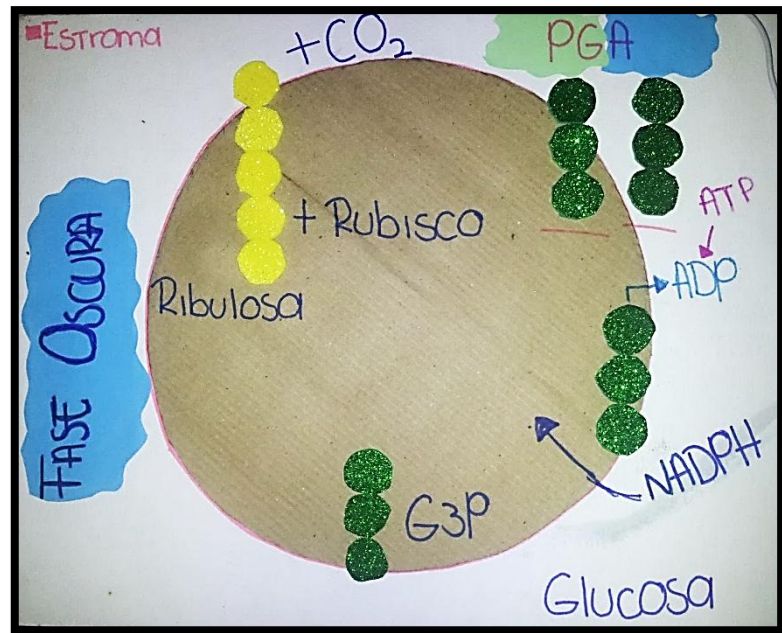


Foto 3. Ciclo de Calvin.

Fotografía 2 y 3. Se muestra el modelo del proceso fotosintético realizado por un grupo de cinco alumnos del grupo C.



Foto 4. Fase lumínica.

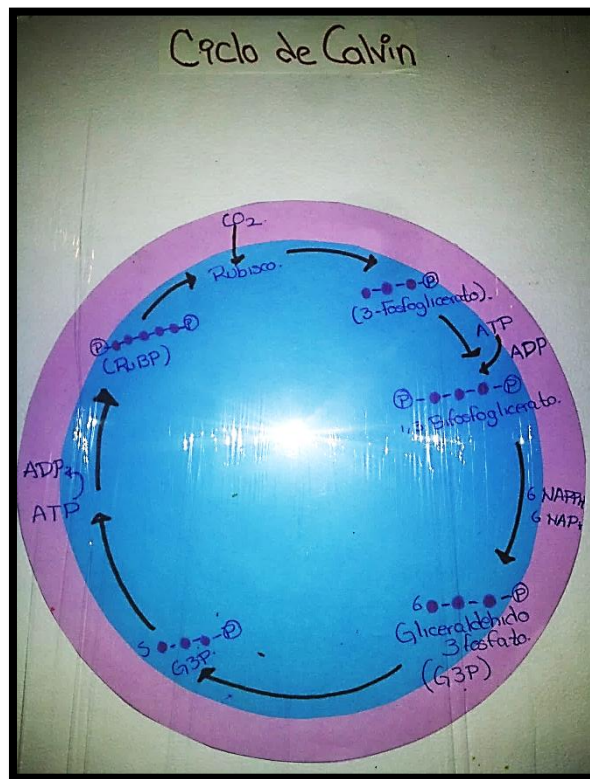


Foto 5. Ciclo de Calvin.

Fotografía 4 y 5. Se muestra el modelo del proceso fotosintético realizado por un grupo de cinco alumnos del grupo D.