



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLOGÍA

**EL ESTUDIO DE CASO PARA LA ENSEÑANZA DEL TEMA “NIVELES TRÓFICOS,
FLUJO DE ENERGÍA Y MATERIA DEL ECOSISTEMA” EN EL COLEGIO DE
CIENCIAS Y HUMANIDADES**

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

PRESENTA
BIÓL. MARTHA PATRICIA RAYON ESPAÑA

TUTOR:
DR. ARCADIO MONROY ATA
FACULTAD DE CIENCIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, OCTUBRE DE 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**EL ESTUDIO DE CASO PARA LA ENSEÑANZA DEL TEMA “NIVELES TRÓFICOS,
FLUJO DE ENERGÍA Y MATERIA DEL ECOSISTEMA” EN EL COLEGIO DE
CIENCIAS Y HUMANIDADES**

Martha Patricia Rayon España

La presente tesis recibió el apoyo del proyecto:

Proyecto PAPIIT IN218317. Sucesión ecológica de la vegetación y su asociación micorrízica en matorrales xerófitos del Valle del Mezquite, Hidalgo.

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a mi alma mater, la UNAM; por haberme abierto sus puertas una vez más. Por ayudar a mi crecimiento personal y profesional. Siempre será un orgullo pertenecer a esta Institución.

Al Dr. Arcadio Monroy gracias por sus sabios consejos, por cada una de sus palabras y por confiar siempre en mi trabajo.

A la Maestra María del Rosario López Mendoza gracias por confiar en mí y apoyarme para que pudiera llevar a cabo la implementación de la estrategia didáctica.

A la Maestra Silvia Toro Badillo por brindarme las bases necesarias para plantear este trabajo desde Práctica Docente I y por su retroalimentación para la mejora del mismo.

A la Maestra María Eugenia Isabel Heres y Pulido por su tiempo y dedicación en la retroalimentación del presente trabajo.

A la Maestra Beatriz Cuenca Aguilar por su tiempo dedicado a la mejora del presente trabajo a través de sus valiosas observaciones.

Al CCH Oriente por abrirme sus puertas para que pudiera llevar a cabo la implementación de la estrategia didáctica.

Dedicatorias

A mi **mamá**, por todo tu apoyo, amor incondicional y por confiar en todo momento en mí. Gracias por enseñarme a ser una guerrera, a ser positiva, y nunca darme por vencida. Gracias por todas tus palabras llenas de sabiduría.

A mi **papá**, aunque ya no estás en este plano terrenal sé que siempre me acompañas. Te estaré eternamente agradecida por tu amor, enseñanzas y educación que me brindaste en vida. Te fuiste demasiado pronto de mi lado, pero estoy completamente segura que estás muy orgulloso de lo que hemos logrado.

A **Julian**, mi compañero de sueños, de metas, de vida... gracias por todo tu apoyo y paciencia, tus palabras, consejos y regaños, pero sobre todo por tanto amor. Gracias por confiar en todo momento en mí, aunque en ocasiones ni yo sé de lo que soy capaz. Este logro también es tuyo, porque solamente nosotros sabemos por lo que pasamos para llegar hasta el final. ¡Gracias infinitas!

A mi **hermana Jess**, por siempre confiar en mí y por cada palabra de aliento, gracias por nunca dejarme, ni soltar mi mano y siempre tener las palabras precisas, en ti no solo tengo una hermana, sino también a mi mejor amiga.

A la **familia Española**, porque a pesar de la distancia, siempre podré contar con cada uno de ustedes. Gracias por todo el apoyo recibido.

A la **familia Duarte Salinas**, gracias porque en todo momento me han hecho sentir parte de la familia. Les agradezco todo su cariño, su apoyo, sus palabras y por qué en los momentos más difíciles siempre han estado a mi lado siendo un fuerte sostén.

A mis **compañeros** del Posgrado, por aligerar el camino y por cada una de las pláticas y palabras de aliento. Especialmente con mucho cariño y respeto para **Melba**, tu partida fue repentina y fue muy poco el tiempo el que la vida nos permitió compartir, pero te agradezco por cada una de tus palabras, por esos momentos de risas y de angustia por trabajos, procesos o trámites que no entendíamos cómo hacer. Gracias por brindarme tu amistad **¡Vuela alto querida Melb!**

A mis alumnos y exalumnos que han formado parte de mi crecimiento profesional y personal, especialmente a los de la **Escuela Preparatoria Oficial Núm. 100**, porque me han enseñado que estoy en el camino correcto, porque he aprendido mucho de cada uno de ustedes y ahora más que nunca estoy convencida de que quiero dedicar mi crecimiento y desarrollo a la Docencia.

Índice

Resumen	6
Introducción	7
Planteamiento del problema	8
Justificación	9
Objetivos	10
Objetivo General	10
Objetivos específicos	10
Capítulo 1. Marco Contextual	11
1.1 El Colegio de Ciencias y Humanidades	11
1.2 Características de la población estudiantil	16
Capítulo 2. Marco Didáctico- Disciplinar	23
2.1 Enseñanza de temas ecológicos y ambientales en el bachillerato	23
2.2 Enseñanza de temas ecológicos y ambientales en la asignatura de Biología	24
2.3 Enseñanza-aprendizaje de los "Niveles tróficos, flujo de energía y materia en el ecosistema"	26
2.4 ¿Qué es la sucesión ecológica?	33
2.5 Ubicación del tema en el Programa de Estudio del CCH	36
Capítulo 3. Marco Psicopedagógico	37
3.1 Aprendizaje constructivista	37
3.2 Enseñanza situada	40
3.3 El estudio de caso como estrategia didáctica	42
Capítulo 4. Propuesta Metodológica	49
4.1 Diagrama general de las sesiones	51
4.2 Etapa de planeación y organización de la estrategia didáctica	52
4.3 Etapa de intervención didáctica	52
4.4 Estrategia Didáctica	57
Capítulo 5. Análisis de resultados	62
5.1 Evaluación del pre test y pos test	62
5.2 Actividades complementarias al estudio de caso	67

5.3 Estudio de caso.....	74
5.4 Resultados de la rúbrica de evaluación.....	85
Capítulo 6. Discusión de resultados	94
6.1 Interpretación de resultados obtenidos en el pre test y pos test	94
6.2 Interpretación de resultados de actividades complementarias al caso	96
6.3 Interpretación de resultados obtenidos en el estudio de caso.....	102
Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones.....	105
Referencias.....	108
ANEXOS.....	114

Resumen

El proceso de enseñanza-aprendizaje de los contenidos ecológicos y ambientales representa un importante reto en las aulas, debido al alto grado de abstracción de los conceptos y a la poca vinculación teórica, conceptual y cultural de los estudiantes con ellos. En el caso particular del tema de ecosistemas y sus procesos, a menudo se siguen enseñando de manera totalmente tradicional, por lo que los alumnos no logran apropiarse de los conocimientos adecuadamente, y normalmente no se trabajan otros contenidos como los procedimentales o actitudinales. Por ello, en el presente trabajo se diseñó una estrategia basada en un **estudio de caso**, con la finalidad de que los estudiantes integraran sus conocimientos sobre los niveles tróficos, flujo de materia y energía, mediante el análisis, la discusión y la reflexión sobre La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. La aplicación se llevó a cabo en el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Oriente, con alumnos del cuarto semestre, que estaban cursando la asignatura de Biología II. Para la evaluación del proceso, se utilizó un mismo cuestionario de seis preguntas de opción múltiple y cinco preguntas de respuesta abierta como *pre test* y *pos test*, lo que permitió realizar un análisis cuantitativo y cualitativo. Además, se llevaron a cabo actividades complementarias, las cuales se evaluaron a través de rúbricas y listas de cotejo elaboradas por la docente y aportadas a los alumnos con antelación. El caso se evaluó a través de las respuestas proporcionadas por cada equipo de trabajo.

Los resultados mostraron una alta eficiencia del estudio de caso en la temática impartida, ya que entre el *pre test* (media de respuestas: 0.53, considerando 0 como incorrecta y 1 como respuesta correcta) y el *pos test* (media de respuestas: 0.85) hubo diferencias estadísticamente significativas en cuatro de las seis preguntas de opción múltiple; también, la media de incremento en respuestas correctas a las preguntas de respuesta abierta fue de +36.3%. Esto permite interpretar que los alumnos construyeron nuevos conocimientos y los pudieron integrar al análisis y reflexión de un caso. Asimismo, la narrativa los acercó a la realidad de su entorno inmediato, permitiéndoles comprender procesos fundamentales de los ecosistemas y vincularlos con lo observado en su vida cotidiana. Por lo anterior, se concluye que la utilización del estudio de caso propició el interés por los contenidos sobre niveles tróficos, flujo de materia y energía, y promovió que los alumnos reflexionaran acerca de algunas problemáticas ambientales y sus posibles soluciones, siempre a través de trabajo colaborativo y el diálogo respetuoso, manteniéndose abiertos al intercambio de ideas y siendo tolerantes a la crítica.

Palabras clave: estudio de caso, ecosistema, bachillerato, *pre test*, *pos test*.

Introducción

Actualmente los cursos totalmente tradicionales ya no resultan apropiados para las necesidades y expectativas de formación de los estudiantes de los distintos niveles educativos. La actividad del docente ya no puede reducirse a la de simple transmisor de información; es decir, el docente actual debe constituirse como un mediador en el encuentro del alumno con el conocimiento.

Asimismo, son importantes las propuestas educativas referentes al aprendizaje tanto significativo como compartido, cuya meta es la construcción de conocimientos y habilidades, además, de la adquisición de estrategias para la solución de problemas pertinentes en escenarios principalmente cotidianos (Díaz-Barriga, 2006, p. 13).

De modo que, los docentes de ciencias deben generar contextos de aprendizaje, dentro de los cuales, los alumnos logren desarrollar habilidades de razonamiento científico, de trabajo en equipo, así como de la resolución de problemas en una realidad sociocultural y con un pensamiento crítico que les posibilite opinar y tomar decisiones.

Por lo anterior, en el presente trabajo se presenta el diseño de una estrategia didáctica basada en un estudio de caso, como una opción en el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre el tema de los niveles tróficos, flujo de materia y energía en el ecosistema, en estudiantes del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Cabe mencionar, que el contenido es primordial, ya que permite a los estudiantes sensibilizarse con los problemas ambientales no solo a escala regional, sino también global; así como comprender y comunicar las consecuencias del impacto ambiental. Sin embargo, dado que el ecosistema se caracteriza por la complejidad de las diversas interacciones entre sus componentes, generalmente no logran ser integradas en su totalidad por los estudiantes (Silva y Jiménez, 2017, p. 61).

De esta manera, para abordar los contenidos se utilizó como caso el proceso de sucesión ecológica de la Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA), con la finalidad de acercar a los estudiantes a un contexto auténtico que despertara su interés, así como de fomentar la reflexión, el trabajo colaborativo y la discusión grupal; también se pretendió que el alumno construyera nuevos conocimientos y los vinculara con su vida cotidiana,

integrando la relación de los niveles tróficos con el flujo de materia y energía en los ecosistemas.

Planteamiento del problema

Dentro de los principales inconvenientes en la enseñanza de la Biología, está la desvinculación de los conocimientos científicos con el entorno de los alumnos, provocando su desinterés y desmotivación, ya que frecuentemente no encuentran sentido a dichos conocimientos. Morillo (2008) considera que además, los contenidos pocas veces se vinculan con las necesidades sociales de los alumnos, se trabaja una excesiva precisión y una precipitada abstracción (p. 310-311).

Por su parte, los contenidos sobre los niveles tróficos, flujo de energía y materia en los ecosistemas son fundamentales en la formación de estudiantes, ya que -en los últimos años- se han incrementado las deficiencias cultura ecológica-ambientalistas y la sociedad en general no logra visualizarse como parte de los ecosistemas. Asimismo, existen diversas dificultades que no permiten que se lleve a cabo un adecuado proceso de enseñanza-aprendizaje.

De acuerdo con algunos autores, los contenidos sobre los ecosistemas y sus procesos, se aprenden -en gran medida- únicamente a través de conceptos, además, aislados unos de otros; por lo que no se logra relacionar e integrar de manera adecuada la estructura y función, es decir, los procesos que se llevan a cabo en los ecosistemas (Aguilar, 2013, p. 282; Silva y Jiménez, 2017, p. 61). De esta manera, se requiere que la enseñanza de tópicos ecológicos y ambientales no se reduzca exclusivamente a contenidos conceptuales; también, es importante un contacto directo o indirecto con la naturaleza en contextos reales o lo más cercano a los estudiantes, en los cuales también se promueva la discusión, la reflexión y el pensamiento crítico.

Aunado a lo anterior, Monge (2015) señala que, a pesar de su importancia, la enseñanza de la dinámica de los ecosistemas se ubica al final de los programas de la mayoría de los subsistemas de bachillerato del país y la premura por cubrir los programas de estudio no permite que se aborden correctamente contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales (p. 21-22). A todo esto, habría que añadir la escasez de propuestas

didácticas para trabajar lo relacionado con los ecosistemas y sus procesos fundamentales desde una visión integradora.

Justificación

El fin primordial en la educación contemporánea no puede ser sólo el aprendizaje disciplinar, sino su utilización como herramienta para que los estudiantes comprendan de manera reflexiva, formas de pensar, sentir y actuar; es decir, su cultura debe estar basada en aprendizajes significativos (Morillo, 2008, p. 311).

De esta manera, el proceso enseñanza-aprendizaje del tema que nos ocupa, debe extenderse desde el conocimiento disciplinar, hasta los cambios procedimentales, así como de actitudes y valores en los estudiantes, por lo que es necesario insistir y renovar las estrategias didácticas, con el fin de fomentar en los alumnos la adquisición de conocimientos declarativos, procedimentales y actitudinales.

En este sentido, las estrategias basadas en estudios de caso pueden resultar altamente eficientes, debido a que su construcción se basa en que los estudiantes lleven a cabo la reflexión, análisis y discusión de contextos realistas y relevantes. Asimismo, la enseñanza a través de casos ayuda a fomentar la capacidad de argumentación por parte del docente y alumnos, propicia la discusión y ayuda a que el alumno sustente ideas propias con base en los conocimientos.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar, aplicar y evaluar una estrategia didáctica basada en un estudio de caso para favorecer el proceso enseñanza-aprendizaje del tema “Niveles tróficos, flujo de energía y materia en el ecosistema” en el Colegio de Ciencias y Humanidades.

Objetivos específicos

- Diseñar una estrategia didáctica basada en un estudio de caso que promueva el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes para el tema “Niveles tróficos, flujo de energía y materia en el ecosistema”.
- Aplicar y evaluar una estrategia didáctica basada en un estudio de caso con el fin de fomentar la integración de aprendizajes del tema por medio de la reflexión, el trabajo colaborativo y la discusión de un caso con un contexto real.

Capítulo 1. Marco Contextual

1.1 El Colegio de Ciencias y Humanidades

La UNAM cuenta con cinco planteles de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), cuatro de ellos se encuentran en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y uno en el Estado de México; el proyecto de CCH fue aprobado por el Consejo Universitario en 1971, y fue creado con la finalidad de responder a la urgente demanda de espacios en las instituciones educativas del nivel medio superior. Su desarrollo incluía una nueva visión curricular y modelo educativo. Contrario a la formación tradicional imperante, situaba al alumno en el centro del proceso enseñanza-aprendizaje, de manera que se formara como una persona capaz de transformar su medio y así mismo. Los cursos empezaron en tres planteles: Azcapotzalco, Naucalpan y Vallejo y en 1972 se incorporaron Oriente y Sur (Gaceta UNAM, 2021, p. 13).

Tras un largo trabajo de análisis e investigación, discusiones y acuerdos, en 1996 la institución se sumaba a otras entidades universitarias que renovaban sus Planes y Programas de Estudio para ofrecer mayor preparación a sus estudiantes. Esta circunstancia hizo posible que, en 1997, el Colegio obtuviera el carácter de Escuela Nacional (Gaceta UNAM, 2021, p. 14).

De esta manera, durante más de 50 años se han impulsado múltiples programas de fortalecimiento al aprendizaje, actualización y formación docente, principalmente en la incorporación de recursos tecnológicos para dar respuesta a los nuevos desafíos (Gaceta UNAM, 2021, p. 14).

1.1.1 Misión y Filosofía

El Colegio pretende el consecuente reconocimiento del alumno como sujeto de la cultura y de su propia educación, además de que sean capaces de aplicar su conocimiento para resolver problemas prácticos, con base propedéutica para cursar sus estudios superiores y ejercer una actitud de formación autónoma. La orientación del Plan de Estudios Actualizado (PEA) facilita que los estudiantes aprendan cómo se aprende, por lo que les ofrece la posibilidad de repetir y asimilar conscientemente

su propia experiencia de conocimiento. Asimismo, busca que sean personas dotadas de valores y actitudes éticas fundadas; con sensibilidad e interés en las manifestaciones artísticas, humanísticas y científicas; capaces de tomar decisiones, de ejercer liderazgo con responsabilidad y honradez, de incorporarse al trabajo con creatividad, para que sean al mismo tiempo, ciudadanos habituados al respeto, diálogo y solidaridad en la solución de problemas sociales y ambientales. Aunado a lo anterior, dentro de la institución, los estudiantes encontraran un espacio de crecimiento en libertad y en la responsabilidad, en el compromiso crítico y propositivo con el cambio social hacia una mayor equidad, en el compromiso académico con el rigor de la ciencia y en el compromiso pedagógico con la participación de los alumnos como integrantes de la propia cultura básica (PEA, 1996, p. 5-6).

Por otro lado, su filosofía se basa en el desarrollo del alumno crítico que *aprenda a aprender, a hacer y ser*. Desde su origen, el CCH adoptó los principios de una educación moderna donde consideró al estudiante como individuo capaz de aprender por sí mismo el conocimiento y sus aplicaciones. En este sentido, el trabajo del docente consiste en dotar al alumno de los instrumentos metodológicos necesarios para poseer los principios de una cultura científica-humanística (PEA, 1996, p. 36).

El Colegio concibe al alumno como sujeto de la cultura y no solamente un receptor ni destinatario, por lo que éste no solo debe comprender los conocimientos que se le ofrecen, sino también juzgarlos y relacionarlos con su propia experiencia y realidad. De esta forma, el estudiante es capaz de desarrollar una participación, tanto en el salón de clases como en la realización de trabajos de investigación y prácticas de laboratorio (Bazán y García, 2020, p. 44)

De acuerdo con el PEA (1996) las orientaciones del quehacer educativo del CCH se sintetizan en:

Aprender a aprender: Donde el alumno se apropiará de una autonomía para la adquisición de nuevos conocimientos congruentes con la edad de los alumnos.

Aprender a hacer: Donde el alumno desarrollará habilidades que le permitirán poner en práctica lo aprendido. Supone conocimientos, elementos de métodos diversos, enfoques de enseñanza y procedimientos de trabajo en clase.

Aprender a ser: Donde el alumno desarrollará, además de los conocimientos científicos e intelectuales, valores humanos, cívicos, éticos y sensibilidad estética (p. 39).

1.1.2 Perfil del egresado

El egresado del CCH será actor y sujeto de su propia formación, de la cultura de su medio, capaz de obtener, jerarquizar y validar información, utilizando instrumentos tecnológicos para la resolución de problemas. De modo que para responder a las demandas sociales y culturales que la sociedad le formulan, el alumno egresado se caracteriza por los siguientes conocimientos, habilidades, valores y actitudes: posee una formación científica y humanista, aprende por sí mismo, ha adquirido una visión de conjunto y jerarquizada de los aspectos fundamentales de las distintas disciplinas, mantiene una actitud de curiosidad y cuestionamiento, fundamenta con responsabilidad, racionalidad y rigor, toma decisiones informadas y responsables; por lo que conjuntamente, asimila en su manera de ser, de hacer y pensar, conocimientos y habilidades que lo lleven a mejorar su propia interpretación del mundo (PEA, 1996, p. 68-69).

Específicamente, el área de Ciencias Experimentales contribuye a este perfil con formas de enseñanza-aprendizaje que promuevan la construcción del conocimiento objetivo, para que los estudiantes sean capaces de interpretar a la naturaleza de una manera lógica, racional y mejor fundamentada a través del conocimiento científico (Programas de Estudio Biología I-II, 2016, p. 6).

1.1.3 Modelo Educativo

El Colegio dispone de un Modelo Educativo, que opera como marco de referencia y acción para organizar el trabajo académico y dar sentido al desarrollo de las experiencias formativas de los estudiantes. Representa un proyecto de formación específico que coloca al alumno y sus aprendizajes como eje de organización de todas las actividades escolares. Asimismo, al considerar al alumno como sujeto de su aprendizaje, de su formación y de su cultura, promueve la utilización de procedimientos pedagógicos participativos, en los que el profesor es ejemplo, promotor y guía del trabajo académico. Conocer y apropiarse del Modelo representa entender que el proceso educativo tiene como núcleo lograr experiencias de

aprendizaje de los alumnos, así como asumir que sus componentes estipulan acciones que privilegien la participación, el trabajo individual y grupal (PEA, 1996, p. 38; Bazán y García, 2020, p. 46).

1.1.4 Programas de estudio

Considerando que el conocimiento científico y tecnológico se desarrolla vertiginosamente, el Colegio realiza la actualización permanente de los contenidos de sus programas de estudio; por lo cual, este bachillerato ofrece a su estudiantado una enseñanza acorde a los requerimientos del siglo XXI (Gaceta CCH, 2019, p. 2).

De esta manera, en todo momento ha sido prioridad del CCH la aplicación de programas de estudio actualizados. En ellos se agrupan las acciones, mediante el uso de estrategias que permiten la construcción del conocimiento, para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de los alumnos. El Colegio está consciente que el cambio curricular, actualización o ajuste, representa una oportunidad para mejorar las experiencias de aprendizaje de los estudiantes, así como el desempeño académico de los profesores. Es importante recalcar que las modificaciones a los programas de estudio, que actualmente están vigentes, encuentran su articulación en formulaciones de hace diez años, lo cual ha permitido agrupar las acciones en cuatro etapas (Gaceta CCH, 2019, p. 2-4).

- *Etapa 1.* 2009-2010. Se inició el proceso de revisión curricular con la pretensión de la modificación al plan y programas de estudio.
- *Etapa 2.* 2010-2014. Se emprendió un amplio trabajo orientado a la actualización del plan de estudios por lo que se conformaron dos comisiones; una fue la encargada de los aspectos concernientes al plan y la otra, para la actualización de los programas.
- *Etapa 3.* 2014-2018. El trabajo curricular se circunscribió a la actualización de los programas de estudio, logrando su aprobación en 2016. Las materias de 1º a 4º semestre aprobadas en mayo 2016 y las de 5º y 6º semestre aprobadas en noviembre 2016.
- *Etapa 4.* 2018-2019. Se emprendió un trabajo curricular con una visión de mayor sistematicidad y dando un adecuado seguimiento de la formación docente.

El Plan de Estudios vigente del CCH, conserva las orientaciones y principios pedagógicos esenciales del plan que le dieron origen. Tomando como base estos principios, los conocimientos se agrupan en cuatro áreas: 1) Matemáticas, 2) Ciencias Experimentales, 3) Histórico-Social y 4) Talleres de Lenguaje y Comunicación. De esta manera, se deben considerar elementos estructurales que permean entre cada una de ellas, tales como las actitudes y valores científico-humanísticos, las habilidades intelectuales que constituyen la capacidad de enfrentar problemas conceptuales y prácticos, y el conjunto de la información disciplinaria, el cual dependerá del nivel de integración teórica de las disciplinas (PEA, 1996, p. 50).

Los programas de las materias del área de Ciencias y Experimentales que incluyen materias como Biología, Química, Física, Ciencias de la Salud y Psicología, pretenden que los alumnos conozcan y comprendan la información que diariamente se les presenta con características científicas, para que comprendan fenómenos naturales que ocurren en su entorno o en su propio organismo y con ello elaboren explicaciones racionales de estos fenómenos, dado que en la actualidad, el desarrollo de la ciencia y tecnología hacen necesaria la incorporación de estructuras y estrategias del pensamiento científico (Programas de Estudio de Biología I-II, 2016, p. 6).

Particularmente, los cursos de Biología I y II, actualizados en 2016, impartidos en tercero y cuarto semestre respectivamente, buscan que los alumnos aprendan a ofrecer explicaciones objetivas acerca de los sistemas biológicos, al integrar conceptos y principios, con el desarrollo de habilidades, actitudes y valores, que les permitirán construir, deconstruir y reconstruir, y con ello valorar el conocimiento biológico. Así mismo, los valores y las actitudes desarrollados les permitirán integrarse a la sociedad, asumiéndose como parte de la naturaleza, con respeto hacia ella y con una posición ética en cuanto a las aplicaciones del conocimiento biológico (Programas de Estudio de Biología I-II, 2016, p. 5).

1.1.5 Enfoque disciplinar y didáctico de la Biología

Dado que en la actualidad el avance del conocimiento biológico se caracteriza por una especialización y complejidad, que han derivado en conocimientos cada vez más fragmentados, en los que se privilegian el detalle y se dificulta establecer relaciones entre las partes y la totalidad, la alternativa es dar paso a una forma de conocimiento capaz de aprehender y entender a los objetos en sus contextos, sus complejidades y sus conjuntos, es decir, dar un tratamiento integral al estudio de esta ciencia (Programas de Estudio de Biología I-II, 2016, p. 7).

Por ello, en el aspecto disciplinario, se propone el enfoque integral de la biología, teniendo como eje estructurante a la evolución y basado en cuatro ejes complementarios, los cuales permean en las distintas unidades temáticas de los programas: 1) el pensamiento evolutivo, 2) el análisis histórico, 3) las relaciones sociedad–ciencia–tecnología–ambiente y 4) las propiedades de los sistemas biológicos (Programas de Estudio de Biología I-II, 2016, p. 7).

En cuanto al enfoque didáctico, es necesario seleccionar contenidos que den sentido a la construcción de otros, además es indispensable dotar a los alumnos de habilidades, actitudes y valores que les permitan tener acceso a la información científica para que desarrollen su autonomía académica y mejoren su identidad para su vida profesional y ciudadana (Programas de Estudio de Biología I-II, 2016, p. 9).

Por lo anterior, se deben elegir estrategias que promuevan las habilidades que se requieren para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información de diferentes fuentes, reflexionar acerca de ellas y emitir juicios o puntos de vista a partir de lo investigado (Programas de Estudio de Biología I-II, 2016, p. 9).

1.2 Características de la población estudiantil

El sistema educativo mexicano es uno de los más grandes del continente americano, superado únicamente por Estados Unidos y Brasil. Por otro lado, el sistema educativo nacional comprende tres grandes tipos de educación: la educación básica -preescolar, primaria y secundaria-, la educación media superior –bachillerato- y la educación superior -estudios universitarios- (Lorenzo y Zaragoza, 2014, p. 60).

Los planes de estudio en la educación media superior (EMS) en México, pueden durar entre dos y cinco años; sin embargo, el tiempo promedio de estudios es de tres años, siendo las edades habituales de los estudiantes, entre los 15 y 18 años (Ruiz, 2006, p. 26). Además, se pueden encontrar algunas variantes de bachillerato, teniendo así: el bachillerato general o propedéutico, bachillerato tecnológico, bachillerato profesional técnico y los bachilleratos universitarios.

Cualquiera que sea el bachillerato, la EMS se define como un espacio para formar personas con conocimientos y habilidades que les permita desarrollarse en sus estudios superiores o en el ámbito laboral, y de forma más amplia, en la vida. Asimismo, los jóvenes adquieren actitudes y valores que tienen un impacto positivo en su comunidad y en la sociedad (Planes de Estudio de referencia del componente básico del marco curricular común de la Educación Media Superior, 2017, p. 45).

Por su parte, dado que las edades de la mayoría de los estudiantes de bachillerato se encuentran en el rango denominado *adolescencia*; es importante que los docentes conozcan las características generales, ya que esto va a determinar en primera instancia, los objetivos educativos, las condiciones de las propuestas didácticas a desarrollar y las pautas de interacción social en el aula.

Respecto al término *adolescencia*, Adrián y Rangel (2001), señalan que éste tiene su origen en el verbo latino *adolescere*, que significa crecer, desarrollarse. Otros dos términos que aparecen relacionados habitualmente con esta expresión, son *pubertad* y *juventud*. Por un lado, *pubertad* proviene del latín *pubere* -cubrirse de vello el pubis- y hace referencia fundamentalmente a los cambios biológicos que aparecen en el final de la infancia y que suelen englobarse en una primera fase de la *adolescencia*. Por su parte, *juventud* es un término que alude a los procesos formativos y de incorporación al mundo laboral a partir de la *pubertad*, y que se prolongarían más allá de los 20 años (p. 2).

En la literatura se señala que lo acaecido en la infancia constituía el anclaje irreversible del desarrollo de la personalidad. Sin embargo, las experiencias que corresponden a otras fases críticas del desarrollo, en especial durante la *adolescencia*, ejercen una influencia igualmente importante sobre cuanto acontece en el posterior curso de la vida. Este conocimiento relativo a que la adaptación

durante la adolescencia posee críticas implicaciones para el desarrollo adulto, así como para la salud de la sociedad en general, ha conducido a que surja un renovado interés por los años de adolescencia. De esta manera, los sociólogos y psicólogos sociales consideran a esta etapa no sólo como un periodo de transición, sino como una fase de la vida que contiene multitud de características potencialmente generadoras de tensión (Ruiz, 2006, p. 26).

De modo que, dentro de los principales cambios durante la adolescencia se encuentran los siguientes.

a) Desarrollo Biológico:

La pubertad, como período de rápidas transformaciones evolutivas tiene el sello de lo sexual y está determinada por las hormonas. La naturaleza de los cambios fisiológicos de la pubertad implica dos procesos, en función de su relación con las funciones reproductoras (Ravera, 1976, p. 13; Adrián y Rangel, 2001, p. 6).

Adrián y Rangel (2001), mencionan que las *características sexuales primarias* son aquellos cambios directamente relacionados con la reproducción, que afectan a órganos como los ovarios, el útero y la vagina en las mujeres; y a la próstata, las vesículas seminales, los testículos y el pene en los varones (p. 6).

Por su parte, las *características secundarias* implican a procesos de maduración sexual, pero no directamente relacionados con los órganos reproductores: en ambos sexos, la variación del peso, estatura y fuerza, la aparición del vello en el pubis y otras partes del cuerpo, y cambios en la voz y en la piel. En las mujeres, el crecimiento de los senos y el ensanchamiento de los huesos pélvicos. En los varones, el crecimiento de vello facial y el ensanchamiento de los hombros (Adrián y Rangel, 2001, p. 6).

b) Desarrollo Psicosocial:

Debido a que el determinismo hormonal de la pubertad es neuro-hipotálamo-hipofisario, tiene particular importancia, no solo en los aspectos biológicos sino también en los psicosociales.

La magnitud de los cambios corporales que suceden en la pubertad tiene como consecuencia un aumento en el interés y la preocupación del adolescente por su

imagen corporal. Algunos testimonios reflejan el impacto de estos cambios y el esfuerzo de adaptación a ellos. Existen algunas diferencias por sexo con relación al foco de interés y grado de satisfacción con la imagen corporal (Adrián y Rangel, 2001, p. 8).

Además, es una etapa caracterizada por la búsqueda de identidad, necesidad de intelectualizar y fantasear, crisis religiosas, desubicación temporal, fluctuaciones de humor, contradicciones de la conducta, tendencia grupal y en ocasiones separación progresiva de los padres (Awuapara y Valdivieso, 2013, p. 119).

De esta manera, el aumento de la emocionalidad negativa y la variabilidad del comportamiento adolescente se han relacionado en diferentes estudios con los cambios hormonales en este periodo, los niveles elevados de andrógenos se asocian a conductas violentas e impulsivas; mientras que, existen algunos indicios que relacionan niveles elevados de estrógenos con depresión (Adrián y Rangel, 2001, p. 8).

Sin embargo, los mismos autores mencionan que, el efecto de las hormonas no es suficiente para dar cuenta del comportamiento adolescente, sino que son dependientes de la mediación ejercida por el conjunto de características psicológicas del sujeto y de las propiedades del ambiente social que le rodea (Adrián y Rangel, 2001, p. 8-9).

Por otro lado, Awuapara y Valdivieso (2013), mencionan que los adolescentes enfrentan distintos riesgos como embarazo y maternidad precoz, elevados índices de mortalidad por accidentes, homicidio y suicidio, condicionados por patrones conductuales como el consumo excesivo de alcohol, abuso de sustancias, actividad sexual y de pandillas (p. 119).

Por lo anterior, no solo la comunidad escolar, sino de primera instancia, los padres, deben de tener una óptima comunicación con los jóvenes, ya que se encuentran en una etapa de mucha vulnerabilidad, no solo por los marcados cambios biológicos sino también por las problemáticas de su entorno familiar y sociocultural.

c) Desarrollo cognitivo:

De acuerdo con Jean Piaget, quien propuso que el desarrollo cognitivo se manifiesta en etapas, los adolescentes presentan el pensamiento formal a partir de los 11-12 años y en esta etapa, los sujetos desarrollan la capacidad de abstracción y de hipotetizar, aplicando principios más lógicos que en la etapa anterior (Adrián, 2001, p. 5).

Como señala Adrián (2001), las características funcionales de esta etapa son:

1) *Lo real es concebido como un subconjunto de lo posible*: los adolescentes pasan a ser capaces de razonar sobre las distintas posibilidades de una situación, aunque no tengan una existencia real y concreta. Son propensos a interrogar a la realidad, imaginando otras situaciones posibles a la presente y conjeturando sobre las consecuencias derivadas de esas otras posibilidades. Esta característica se puede interpretar a menudo como una actitud insidiosa y molesta a ojos del adulto.

2) *Razonamiento hipotético-deductivo*: las conjeturas que el adolescente realiza a partir de imaginar realidades alternativas son estructuradas en forma de hipótesis que hay que verificar.

3) *Pensamiento proposicional*: los adolescentes son capaces de abordar las relaciones lógicas que se establecen entre enunciados o proposiciones, manifestadas a través de un lenguaje verbal, lógico o matemático (p. 7-8).

Por su parte, Cano (2007) señala que el sujeto que ha construido un pensamiento formal no se limita a contemplar solamente las relaciones aparentes entre los elementos que conforman un problema, sino que busca englobar esas relaciones con el conjunto de relaciones que conciba como posibles, con el objeto de evitar que posteriormente nuevos hechos resulten contradictorios (p. 151).

Por lo que el desarrollo de estas nuevas capacidades funcionales guarda una relación estrecha con la capacidad del sujeto para sustentar verbalmente su pensamiento. Dicho de otro modo: lo posible, lo imaginario, lo hipotético, sólo existen en el pensamiento. Y para operar sobre este pensamiento, es necesario verbalizarlo (Adrián, 2001, p. 8).

Así, los sujetos pasarían por una subetapa inicial de adquisición parcial y progresiva de estas habilidades que abarcaría el periodo de los 11-15 años para pasar después a un periodo de consolidación entre los 15-20 años (Adrián, 2001, p. 8).

El mismo autor menciona que no todos los individuos adquieren globalmente este tipo de pensamiento, puesto que su adquisición y su consolidación posterior requiere de una ejercitación de estas competencias, bien a través inicialmente de las experiencias educativas propias de la secundaria y posteriores etapas educativas o bien a través del ejercicio profesional (Adrián, 2001, p. 8).

Por consiguiente, en la **Tabla 1** se muestran, de manera resumida, los cambios antes señalados.

Tabla 1. Procesos de desarrollo durante la adolescencia (Adaptado de Adrián y Rangel, 200, p. 3).

<ul style="list-style-type: none">- Desarrollo de formas de pensamiento con mayor nivel de abstracción, más potentes y descontextualizadas para el análisis y comprensión de la realidad (pensamiento formal):<ul style="list-style-type: none">• capacidad de operar mentalmente no sólo con lo que se considera real sino también con lo hipotético o lo posible.• control de variables.• pensamiento hipotético-deductivo.• capacidad de operar mentalmente con enunciados formales de manera independiente de su contenido concreto.- Posibilidad de acceder de forma más completa a la representación y análisis del mundo ofrecidos por el conocimiento científico.- Mejora de las capacidades metacognitivas: potencialidad creciente para planificar, regular y optimizar de manera autónoma sus propios procesos de aprendizaje.- Revisión y construcción de la propia identidad personal:<ul style="list-style-type: none">• Revisión de la propia imagen corporal.• Revisión del autoconcepto y la autoestima.• Establecimientos de compromisos vocacionales, profesionales, ideológicos y sexuales.- Desarrollo de nuevas formas de relación interpersonal y social:<ul style="list-style-type: none">• Redefinición de las relaciones familiares.• Ampliación y profundización de las relaciones con los iguales.• Inicio de las relaciones de pareja.• Extensión de las relaciones sociales.- Desarrollo de niveles más elevados de juicio y razonamiento moral.- Posibilidad de experimentar comportamientos característicos de la vida adulta

Por otra parte, en relación con la temática del presente trabajo sobre los niveles tróficos, flujo de materia y energía, cabe insistir en la función de la escuela como una de las opciones formativas para que desde el aula los jóvenes analicen, reflexionen y puedan tomar decisiones sobre su papel dentro de los ecosistemas.

De esta manera, es de gran relevancia trabajar temas ambientales en la etapa de desarrollo psicosocial de la adolescencia, ya que constituye un momento clave en la definición de posiciones ideológicas y valores como la conciencia y la responsabilidad cívica, así como de una cultura ambiental.

Además, se ha constatado que el *miedo medioambiental* ha disminuido considerablemente entre los adolescentes, siendo cada vez mayor la proporción de ellos que considera que se están exagerando las crisis ecológicas (González- Anleo, 2012, p. 91). De esta forma, el bachillerato es la oportunidad de insistir sobre el papel del ser humano dentro de la dinámica de los ecosistemas; abordando no solo contenidos conceptuales, sino también procedimentales y actitudinales.

Capítulo 2. Marco Didáctico- Disciplinar

2.1 Enseñanza de temas ecológicos y ambientales en el bachillerato

El aprendizaje escolar supone una multidisciplinariedad -que enriquece una disciplina con los saberes de otra- entre distintos conocimientos; sean de naturaleza declarativa, procedimental o actitudinal. Y es precisamente en estos principios pedagógicos, en donde el valor didáctico de la Ecología tiene sus mayores contribuciones (Aguilar, 2013, p. 270).

Por una parte, aporta elementos fundamentales para la comprensión de las relaciones de las especies con su entorno, y por otro, conecta áreas del saber que antes parecían lejanas e incompatibles, ayudando con ello a que los alumnos desarrollen su creatividad, actitud científica y una conciencia ecológica. De esta manera, la ecología relaciona la naturaleza, la filosofía, la política, economía, etc. Por ello los docentes, deben aprovechar estas circunstancias biosociales para lograr aprendizajes de carácter estratégico para toda sociedad y más en la actualidad, donde se está experimentando una desvinculación con los ecosistemas y la sociedad se enfrenta a complejos problemas ambientales (Aguilar, 2013, p. 270-271).

Asimismo, la importancia de los temas ecológicos en el sistema educativo se basa en evitar el constante desencuentro entre humanidad y naturaleza, que en el último siglo ha conducido a un grave deterioro de los ecosistemas; así, uno de sus principales objetivos, es dirigir la acción hacia la coevolución entre el ser humano y la biosfera (Sánchez y Pontes, 2010, p. 272-273).

Por otro lado, Ibarra y Gil (2009), señalan que estos temas convienen extenderse desde el conocimiento disciplinar hasta los cambios de actitudes y valores que permitan a los estudiantes cambiar su mundo; por eso, los docentes deben plantear cómo se puede ayudar a los alumnos a discutir problemas ambientales, en concreto los relacionados con la degradación, la recuperación y protección de los ecosistemas, así como de adquirir actitudes que les permitan ser proactivos en el mejoramiento ambiental (p. 20).

Además, Cuevas y Torres (2011), mencionan que el nivel medio superior, es la mejor etapa para desarrollar dichos valores y actitudes, ya que es considerada como un espacio de oportunidades de construcción de visiones del mundo, en donde los sistemas educativos pueden incidir de mejor manera para rescatar una amplia diversidad de pensamientos e ideas; es decir, en cuestiones ecológicas, el bachillerato es la etapa oportuna para incidir en el desarrollo de opciones cognitivas, afectivas y prácticas, más que en cualquier otra etapa escolar (p. 133).

Por su parte, en México, desde 1988 se estableció, con la participación de la Secretaría de Educación Pública -SEP- y de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente -artículo 39-, la incorporación de contenidos ecológicos en los diversos cursos educativos, especialmente en el nivel básico, así como en la formación cultural de la niñez y la juventud. También se promovió el desarrollo de planes y programas para la formación de especialistas en la materia en todo el territorio nacional y para la investigación de las causas y efectos de los fenómenos ambientales (Espejel, Flores y Castillo, 2012, p. 324).

La enseñanza de estos contenidos en los distintos niveles educativos puede ser de tres formas: a) como disciplina independiente en el plan de estudios, b) integrados a disciplinas de las ciencias naturales o experimentales o c) como eje transversal a todo el currículo (Ocampo, García y Flores, 2018, p. 15).

Ocampo, García y Flores (2018) señalan que en el sistema de EMS, se encuentran principalmente las dos primeras tendencias mencionadas, ya que a pesar de que existen asignaturas que abordan específicamente la Ecología, también se incluyen aspectos de nociones ecológicas en asignaturas a fines como; Biología, Ciencia, Tecnología y Sociedad, así como en Ética (p. 18).

2.2 Enseñanza de temas ecológicos y ambientales en la asignatura de Biología

Como ya se había mencionado, las nociones ecológicas en el bachillerato pueden abordarse en materias como Biología; sin embargo, cuando se estudian contenidos ecológicos y ambientales en esta asignatura, no suelen trabajarse procedimientos ecológicos; por el contrario, la enseñanza suele quedar circunscripta a la discusión que entablan docente y alumnos desde sus referentes cotidianos, sin que

necesariamente se produzcan rectificaciones, jerarquizaciones o ampliaciones conceptuales de las ideas previas (Bermúdez y de Longhi, 2008, p. 276-277).

Por consiguiente, los alumnos no logran comprender las redes semánticas que dan fundamento a los acontecimientos del medio ambiente, inclusive pueden asumir pensamientos y comportamientos equívocos, cuando la estrategia didáctica pone el énfasis en las secuelas de los problemas -generalmente desertificación, contaminación, extinción, etc.-, más que en sus causas o prospectivas. Por eso, es importante reflexionar teóricamente sobre los peligros de elegir un enfoque que no conlleve el tratamiento de los fundamentos científicos de temáticas ecológicas y además, al no considerar las concepciones alternativas de los estudiantes (Bermúdez y de Longhi, 2008, p. 277).

Por otro lado, a pesar de su enorme importancia, las nociones ecológicas, suelen encontrarse al final de los programas de Biología o Ecología en los bachilleratos de la SEP y de la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM. Por su parte, en el CCH a pesar de que no se encuentra al final, debido a la gran carga temática de estos programas y la cantidad de horas planteadas para cubrir cada unidad, generalmente no coincide con las destinadas para cada temática, por lo que el tiempo para la enseñanza de temas ecológicos y ambientales se reduce drásticamente (Monge, 2015, p. 22).

De la misma manera, la poca cantidad de horas de la enseñanza de Ecología en Biología presenta algunos inconvenientes en los tres tipos de contenidos: a) los **conceptuales** que no se formulan como si fueran problemática ambientales, sino como hechos; b) los **procedimentales**, los cuales simplemente toman en cuenta algunos métodos como la recopilación de información o el trabajo rutinario en laboratorio y c) los **actitudinales**, a los que no se les da la importancia que desempeñan en las problemáticas ambientales. Como consecuencia, no se contextualizan las temáticas con la vida cotidiana, vivencial, experiencial y de interés para los alumnos (Álvarez y Rivarosa, 2000, p. 118).

Es por ello que, con esta serie de inconvenientes, solo se alcanza un nivel de profundidad declarativo sobre las nociones ecológicas (Espejel, Flores y Castillo 2012, p. 323). Por lo que, como menciona García (2003), no solo basta reconocer la

existencia de un problema ambiental y entender sus causas sociales, también hay que entender los procesos ecológicos subyacentes y reflexionar sobre ellos (p. 88).

2.3 Enseñanza-aprendizaje de los “Niveles tróficos, flujo de energía y materia en el ecosistema”

Es bien sabido que los problemas ecológicos y sus consecuencias aparecen de forma recurrente en los medios de comunicación y, como ya se ha mencionado, su presencia en los currículos de ciencias se ha incrementado. Sin embargo, para entender la dinámica de los ecosistemas y utilizar estos conocimientos, los alumnos no solo necesitan estar familiarizados con algunos conceptos, sino también comprender cómo estos conocimientos se relacionan entre sí (Bravo y Jiménez, 2014, p. 426-427).

Las mismas autoras, señalan que el aprendizaje del ecosistema ha sido objeto de estudio de la didáctica de las ciencias desde el trabajo de Griffiths y Grant (1985), citado por Bravo y Jiménez (2014) quienes trabajaron en la comprensión de las redes tróficas, estos investigadores mostraron el gran número de conceptos interrelacionados y los cuales, los alumnos no logran relacionar (p. 427).

2.3.1 Conocimientos previos y sus problemáticas

Rincón (2011), menciona que las investigaciones acerca de las concepciones sobre ecosistema y sus procesos, se abordan en diferentes perspectivas, dentro de las cuales resaltan: *cognición causal y cambio conceptual* (p. 77).

a) *Estudios basados en la cognición causal*: En este campo, las investigaciones se han enfocado principalmente en indagar acerca de la interdependencia de los organismos en los ecosistemas, relaciones entre organismos en la red trófica, y solo algunos estudios han abordado el ciclaje de la materia y los efectos de las perturbaciones en la red trófica (Rincón, 2011, p. 78). De esta forma, las dificultades más frecuentemente encontradas por diversos autores son:

Bell-Basca *et al* (2000), citado por Rincón (2011) señalan que, los estudiantes, presentan dificultades al razonar acerca de la dimensión espacial de los ecosistemas ya que tienden a razonar localmente y no incluyen escalas mayores; también

encontraron que destacan más la importancia de los animales que de las plantas (p. 78).

Rincón, Medellín y Vargas (2004), mencionan que esto último se debe a la prevalencia dada al reino animal en el aula y las representaciones de animales domésticos, lo que hace que los estudiantes los reconozcan como más importantes (p. 75).

En relación con la energía, hay alumnos que expresan la idea de que las plantas elaboran el alimento solo para el beneficio de los animales y las personas, por lo que no reconocen que sea útil para las plantas mismas; es decir, no reconocen que la fotosíntesis es el proceso mediante el cual la energía del ambiente llega a estar disponible para las plantas y que éstas, además presentan interacciones no solo con animales, sino también con bacterias, hongos y protistas (Leach *et al*, 1996 citado por Rincón 2011, p. 78).

Cabe destacar que, en los diversos niveles educativos, el enfoque principal es hacia los ecosistemas terrestres, dejando de lado o abarcando poco a los ecosistemas acuáticos y a los terrestres subhúmedos, por lo que los alumnos presentan dificultades para visualizar las interacciones entre las algas –como principales productoras de oxígeno- y los demás grupos biológicos.

Por otra parte, Ibarra, Carrasquer y Gil (2010), mostraron las dificultades del alumnado para comprender cuestiones sobre la descomposición de la materia orgánica y el papel de los seres vivos (p. 18). De la misma manera, Bravo y Jiménez (2014), mencionaron que en un estudio sobre dinámica de ecosistemas se solicitó al alumnado universitario de Biología justificar, en términos de eficiencia ecológica, si era más adecuado alimentarse de carnívoros terciarios o cuaternarios; las autoras encontraron que solo el 73% de los alumnos identificaron como más eficiente comer de niveles tróficos inferiores; sin embargo, solo el 16% utilizó nociones como el flujo de energía para apoyar sus conclusiones (p. 434).

b) Estudios desde la perspectiva del cambio conceptual: Desde esta perspectiva, algunas investigaciones se han centrado en determinar cambios específicos en la comprensión conceptual que tienen los estudiantes, acerca de las relaciones

alimentarias en un ecosistema y conocer los obstáculos básicos que podrían dificultar una comprensión más profunda de esta temática (Rincón, 2011, p. 81).

Grotzer y Basca (2003) citado por Rincón (2011) señalaron que los estudiantes no comprenden el significado de las flechas que se utilizan para conectar a los organismos en una cadena o red trófica; el problema parte de que los estudiantes consideran que las flechas representan “*quien se come a quien*”, en lugar de la *transferencia de energía*, los autores sugieren que una razón por la cual existe este problema, es que no se hace explícito que las flechas representan la trayectoria de la energía (p. 81). Por su parte, Soylyu (2006) citado por Rincón (2011), menciona que la mayoría de los estudiantes dibujan las cadenas alimentarias como cíclicas, no lineales y ubican a los descomponedores en la parte superior de la pirámide de energía; argumentan que dicha posición se debe a que estos descomponen a todos los organismos de los niveles inferiores (p. 82).

En general, estos estudios convergen hacia una visión del aprendizaje del ecosistema en la que los alumnos memorizan los conceptos, pero no siempre establecen o reconocen sus relaciones. Para que los estudiantes puedan comprender al ecosistema, deben moverse entre distintos niveles de abstracción, desde datos concretos, hasta enunciados teóricos; es decir, su conocimiento necesita, una aprehensión de las interacciones y de su naturaleza sistémica. (Espejel, Flores y Castillo, 2012, p. 337; Bravo y Jiménez, 2014, p. 438).

Además de que en el bachillerato se requieren estrategias didácticas que incluyan interacciones de los ecosistemas urbanos en las cuales los alumnos tengan una visión integral del tema y se puedan abordar contenidos no solo conceptuales, sino también procedimentales y actitudinales.

2.3.2 Conceptos de niveles tróficos, flujo de energía y materia en el ecosistema

El término *ecosistema* fue acuñado por el ecólogo inglés Arturo C. Tansley en 1935, para denominar a aquellos sistemas formados por la interacción entre los elementos vivos -o bióticos- y los no vivos -o abióticos- de la naturaleza. Actualmente, se concibe como un sistema abierto, formado por el conjunto de las comunidades compuestas por productores, consumidores, desintegradores y los elementos

abióticos, dentro del cual ocurren movimientos de materia y energía (Valverde *et al.*, 2005, p. 104).

A continuación, se explican los procesos que se abordaron en la estrategia didáctica del presente trabajo.

2.3.2.1 Niveles tróficos

La estructura trófica es un atributo ecosistémico que se refiere a la forma en la que se organizan los organismos en un ecosistema, de acuerdo con el tipo de alimento que consumen. Los rasgos centrales de la estructura trófica son el número de niveles tróficos, los cuales hacen referencia al número de veces que la energía o materia pasa de un organismo a otro y las conexiones de la red alimentaria; esto es, el número de enlaces alimenticios entre los organismos (Valverde *et al.*, 2005, p. 115-116; Carabias *et al.*, 2009, p. 74).

Asimismo, la energía almacenada en los productores constituye la base para alimentar a todos los organismos heterótrofos. Por lo que entonces, el nivel trófico 1 corresponde a los *productores primarios o autótrofos*. Por otro lado, todos los organismos que se alimentan de plantas o de otros organismos fotosintéticos son los *consumidores primarios* y representan el nivel trófico 2; en el cual se ubican los herbívoros. Los carnívoros, que se alimentan de los herbívoros, representan el nivel trófico 3 y constituyen el grupo de los *consumidores secundarios*. Continuando con esta misma lógica, se distinguen organismos que ocupan los niveles tróficos 4 y 5, que se consideran consumidores de tercer y cuarto grado respectivamente (Valverde *et al.*, 2005, p. 116).

Un grupo particular de organismos heterótrofos son los saprófagos, que se dividen en dos grandes grupos: los detritívoros y los descomponedores o desintegradores, los cuales degradan la materia orgánica de organismos muertos y obtienen energía de los productos de descomposición como las heces, pelos, descamaciones, etc. (Valverde *et al.*, 2005, p. 120).

.

Además, dado que algunos organismos consumen más de un tipo de alimento, un nivel trófico no representa la posición que ocupa un organismo, sino una de sus posibles actividades alimentarias en la cadena trófica. Por ejemplo, hay organismos que consumen tanto plantas como otros animales, lo cual significa que ocupan más de un nivel trófico (Valverde *et al.*, 2005, p. 118).

De esta manera, una cadena trófica o cadena alimentaria puede ser representada con un esquema lineal que muestra el paso de energía alimenticia de un organismo a otro dentro de un ecosistema (**Figura 1**).



Figura 1. Estructura básica de una cadena -el número de niveles tróficos puede variar en los ecosistemas-. La flecha indica el flujo de energía (Elaboración propia).

Sin embargo, en los ecosistemas las relaciones alimentarias son mucho más complejas de lo que se puede representar en una cadena trófica. En realidad, estas se encuentran “enlazadas” unas con otras, ya que la mayoría de los organismos comen diversos tipos de alimentos. Esta serie de cadenas tróficas entrelazadas forman una compleja *red trófica* o *red alimentaria* (Carabias *et al.*, 2009, p. 76) (**Figura 2**).

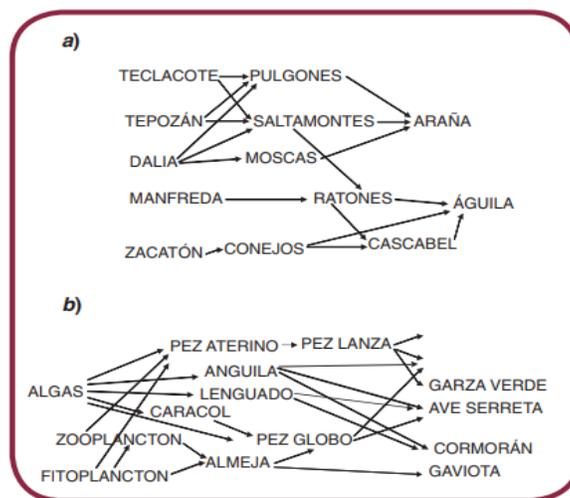


Figura 2. Ejemplos de redes tróficas a) en un ecosistema terrestre y b) en un ecosistema acuático (Adaptado de Carabias *et al.*, 2009, p. 76).

2.3.2.2 Flujo de energía y materia

La *energía* se define como la capacidad de efectuar trabajo y puede ser de diversos tipos: calórica, química, lumínica, etc. Por lo tanto, los ecosistemas, como cualquier elemento o sistema del universo, están sujetas a dos leyes de la termodinámica - ciencia que estudia los procesos relacionados al intercambio de calor-. La primera ley, establece que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma; por su parte, la segunda ley, sostiene que las transformaciones de energía de un tipo a otro nunca son 100% eficientes. Los ejemplos de estos principios son la fotosíntesis y la respiración (Valverde *et al.*, 2005, p. 108).

a) Fotosíntesis:

De primera instancia, es conocido que los organismos autótrofos pueden ser quimiosintéticos o fotosintéticos. Por un lado, la quimiosíntesis es el proceso por el cual algunos organismos obtienen energía a partir de los enlaces químicos de los compuestos ricos en hidrógeno presentes en algunos minerales (Carabias *et al.*, 2009).

Por otro lado, la fotosíntesis consiste en la fijación de la energía lumínica proveniente del Sol, mediante la síntesis de compuestos orgánicos elaborados a partir del dióxido de carbono y una sustancia donadora de hidrógeno. Este proceso se presenta en todas las plantas, las algas y otros microorganismos que contienen pigmentos fotosintéticos (Valverde *et al.*, 2005, p. 110).

Además, la fijación de energía en enlaces químicos es poco eficiente, ya que del total de la energía proveniente del Sol que incide en un ecosistema terrestre, solo 1.3% es aprovechada por los organismos fotosintéticos; es decir, la mayor parte de la energía solar que recibe el ecosistema se refleja o se disipa en forma de calor (Carabias *et al.*, 2009, p. 69).

b) Respiración:

Constituye un proceso fisiológico inverso a la fotosíntesis; consiste en la absorción de oxígeno con la finalidad de oxidar moléculas ricas en hidrógeno (glucosa y otras sustancias contenidas en los alimentos). Durante este proceso se libera la energía necesaria para mantener las funciones orgánicas y desechar dióxido de carbono y

agua. Es importante resaltar, que durante este proceso gran parte de la energía química se disipa en forma de calor (Carabias *et al.*, 2009, p. 70).

Por su parte, “la *materia* no se crea ni se destruye, solo se transforma”. Este principio fundamental de la física señala que, en su paso por los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas, la materia no desaparece, sino que sufre una gran cantidad de modificaciones (Valverde *et al.*, 2005, p. 122).

Cabe destacar, que aproximadamente el 70% de la materia constitutiva de los seres vivos es agua. De la masa restante, 95% de las moléculas son compuestos de carbono (proteínas, carbohidratos, lípidos, entre otros). Estas moléculas están formadas por tan solo 27 de los 109 elementos de la tabla periódica; por un lado, están los esenciales (también conocidos como macronutrientes), dentro de los principales están: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre y, por otro lado, los no esenciales (también llamados micronutrientes), dentro de los cuales se encuentran: sodio, hierro, zinc, flúor, cloro, entre otros (Valverde *et al.*, 2005, p. 122).

Los mecanismos de movimiento de la materia en los ecosistemas son de naturaleza cíclica e intervienen factores bióticos y abióticos. Esto implica que en el patrón de circulación en el que se mueve la materia intervienen procesos geológicos, químicos y biológicos. Es por esto que los ciclos de la materia a través de los ecosistemas se llaman *ciclos biogeoquímicos* (Valverde *et al.*, 2005, p. 123).

Dado que no todos los elementos químicos tienen la misma movilidad a través del ecosistema. Algunos se desplazan muy poco, mientras que otros viajan prácticamente alrededor de todo el planeta, esto ha permitido distinguir dos tipos de ciclos biogeoquímicos (Valverde *et al.*, 2005):

- *Ciclos sedimentarios*: También conocidos como ciclos locales, en estos intervienen elementos que no pueden moverse a través de la atmósfera; es decir, se acumulan principalmente en el suelo, como es el caso del fósforo.
- *Ciclos atmosféricos*: También conocidos como ciclos gaseosos o globales, en los que participan elementos y compuestos que -en estado gaseoso- se mueven por la biosfera gracias a las corrientes de aire. Ejemplos de este tipo de ciclo son; azufre, carbono, nitrógeno y agua (p. 124).

Como se ha señalado, la materia y la energía presentan diferencias en la forma en que se mueven a través de un ecosistema. Mientras que la materia se mueve en forma de ciclos ya sea entre ecosistemas o en toda la biosfera; la energía, pasa una sola vez y no regresa a su origen (**Figura 3**).

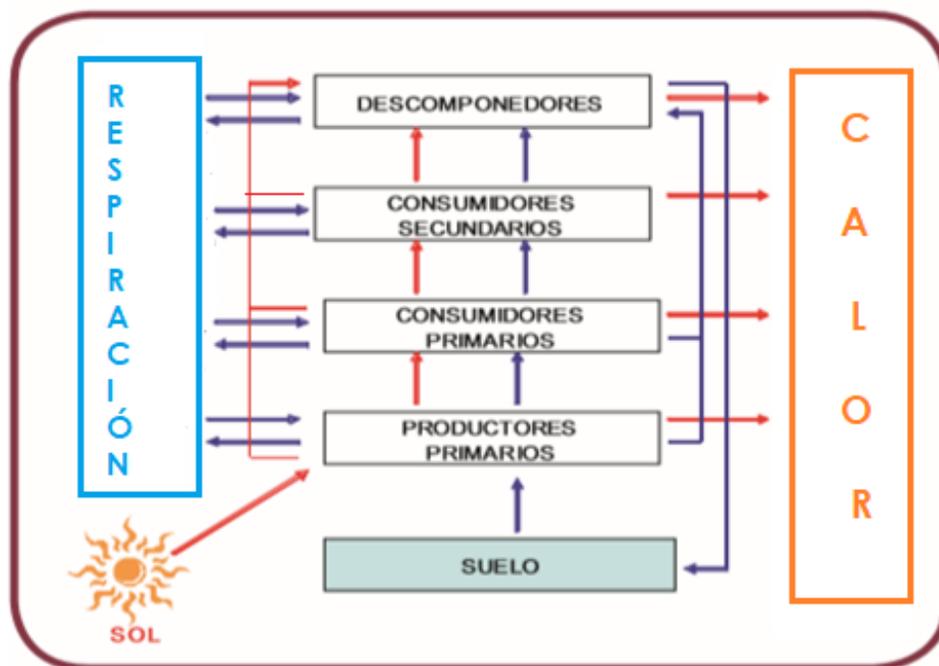


Figura 3. Esquema del movimiento de la materia y energía en un ecosistema. Se observa que mientras que la materia -flechas azules- se mueve a través de ciclos, la energía -flechas rojas- lo hace en un flujo unidireccional; sin embargo, ambos procesos están íntimamente vinculados entre sí, así como con los niveles tróficos (Modificado de Carabias *et al.*, 2009, p. 68).

2.4 ¿Qué es la sucesión ecológica?

Aunque la sucesión ecológica no se encuentra como aprendizaje central en el Programa de Estudios de Biología II (2016) del CCH, fue fundamental emplearlo de manera general en el presente trabajo para comprender algunos procesos que se llevan a cabo en los ecosistemas y así promover una mejor comprensión de la narrativa del caso.

A principios del siglo XVIII predominaba la idea de que los sistemas biológicos eran invariables, y fue hasta finales del siglo XIX cuando se concibió la idea de que la naturaleza no es inmutable. Esto permitió el surgimiento del concepto de *sucesión*

ecológica, que se refiere al proceso de sustitución de una comunidad biótica por otra con una mayor estructuración funcional durante la maduración de un ecosistema (Carabias *et al.*, 2009, p. 58; Monroy y Ramírez, 2018, p. 14).

Cabe destacar que, la sucesión ecológica inicia con un *disturbio*; es decir, un suceso que daña o provoca la muerte de los organismos de una comunidad, dejando espacios abiertos para que puedan ser ocupados por nuevos organismos. Las alteraciones en la comunidad que son consecuencia del disturbio se conocen como *perturbaciones*. Hay que resaltar que, aunque en algunos textos utilizan estos términos como sinónimos, este uso no es conveniente porque genera confusión entre la causa -el disturbio- y el efecto -la perturbación- (Valverde *et al.*, 2009, p. 95).

Al cesar el disturbio inicia el proceso sucesional; el punto de partida inicial es muy variable y depende fundamentalmente de qué tan destructivo fue el disturbio. De esta forma, los ecólogos distinguen dos tipos básicos de sucesión: el primer tipo se conoce como *sucesión primaria*, el cual se presenta cuando el disturbio fue tan intenso que eliminó a todos los elementos vivos del hábitat e hizo desaparecer el suelo. Por otra parte, el segundo tipo, es conocido como *sucesión secundaria*, la cual se lleva a cabo cuando el disturbio no hace desaparecer todos los organismos, además de que el suelo conserva propiedades necesarias que hacen posible la vida vegetal (Carabias *et al.*, 2009, p. 59).

Es así que las transformaciones ecológicas que sufre un ecosistema en la sucesión secundaria y la velocidad con la que ocurren estos cambios, dependen de las características del disturbio -extensión, intensidad y frecuencia-, de la disponibilidad de propágulos regenerativos -como semillas y plántulas, de origen local o foráneo-, del ambiente biótico -depredadores, carnívoros, herbívoros, patógenos, parásitos, entre otros- y de las condiciones abióticas prevaletentes en el ambiente perturbado (Monroy y Ramírez, 2018, p. 14).

Como se ha mencionado, la sucesión ecológica trata de predecir los cambios que se dan en los ecosistemas en largos periodos de tiempo, por ejemplo la evolución desde el suelo desnudo hasta la formación de un bosque o la recuperación de la vegetación después de un incendio; ahora bien, para que los alumnos comprendan el significado propiamente de la sucesión, es necesario que conozcan conceptos previos tales

como población, ecosistema, relaciones entre los seres vivos, niveles tróficos, entre otros (Ibarra y Gil, 2009, p. 20).

Además, el alumno debe ser capaz de utilizar el concepto para predecir formaciones paisajísticas futuras en un determinado entorno -por ejemplo, después de un incendio- o prever soluciones para algunos problemas ambientales -por ejemplo, la erosión- (Núñez *et al.*, 2013, p. 2536).

Sin embargo, algunos autores señalan que han encontrado dificultades para que los alumnos puedan predecir formaciones paisajísticas futuras, especialmente al hablar de la sucesión primaria; ya que, para poder ver la culminación de ésta, es necesario que pasen muchos años y por ello es casi imperceptible para los jóvenes. Estos tienen que imaginar qué ocurrirá en un periodo que puede oscilar entre los 50 y 100 años -inclusive más tiempo-, dentro de los que el paisaje se transformará por completo. Así, la dificultad para comprender el tema de sucesión primaria reside en que para los estudiantes el tiempo de referencia es el propio tiempo vivido (Núñez *et al.*, 2013, p. 2536).

Por su parte, en el caso de la sucesión secundaria, el tiempo necesario para que el paisaje se reponga es menor, por lo que es más fácil para los alumnos predecir su apariencia futura. Por ello, Núñez *et al.* (2013) afirman que el concepto común que gira alrededor de las ideas alternativas sobre la sucesión ecológica es principalmente el tiempo, su forma de interpretarlo y entenderlo (p. 2537).

Por lo anterior, es necesario que los docentes empleen estrategias didácticas para conocer el esquema conceptual que los alumnos utilizan para interpretar los cambios en los ecosistemas, analizar de qué forma utilizan el término de sucesión ecológica y cómo lo relacionan con los conceptos previos.

2.5 Ubicación del tema en el Programa de Estudio del CCH

El tema “Niveles tróficos, flujo de energía y materia” se encuentra en el Programa de Estudio de Biología II (2016), dentro de la temática *Estructura y procesos en el ecosistema* y el cual es impartido en cuarto semestre (**Tabla 2**).

Tabla 2. Ubicación del tema, de acuerdo con Programa de Estudio de Biología II del CCH (Adaptada del Programa de Estudio de Biología II, 2016).

Unidad	Unidad 2. ¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?
Propósito	Al finalizar, el alumno describirá la estructura y funcionamiento del ecosistema, a partir de las interacciones que se presentan entre sus componentes, para que reflexione sobre el efecto que el desarrollo humano ha causado en la biodiversidad y las alternativas del manejo sustentable en la conservación biológica.
Tema	“Niveles tróficos y flujo de energía”
Aprendizaje esperado	Describe el flujo de energía y ciclos de la materia (carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y agua) como procesos básicos en el funcionamiento del ecosistema.

Cabe aclarar que la modificación del tema “Niveles tróficos y flujo de energía” (Programa de Estudio de Biología II, 2016) por “Niveles tróficos, flujo de energía y materia”, se realizó debido a que el presente trabajo pretende una visión integradora de dos procesos fundamentales en los ecosistemas: el flujo de energía y de materia, y aunque este último está implícito debido a lo señalado por el aprendizaje esperado, en el ligero cambio del tema no se aíslan uno del otro.

Capítulo 3. Marco Psicopedagógico

3.1 Aprendizaje constructivista

El constructivismo plantea que el aprendizaje implica un proceso constructivo interno y autoestructurante, por lo que entonces, es subjetivo y personal; además, se facilita gracias a la mediación o interacción con otros, por lo tanto es social y cooperativo. Asimismo, el aprendizaje implica un proceso de reorganización interna de esquemas y se produce cuando entra en conflicto lo que el alumno ya sabe con los nuevos conocimientos. Además en este enfoque, se requiere de contextualización; es decir, los estudiantes deben trabajar con tareas auténticas y significativas culturalmente, y necesitan aprender a resolver problemas con sentido (Araya, Alfaro y Andonegui, 2007, p. 77; Tünnermann, 2011, p. 26).

Cuando se asocia el constructivismo con la educación, a menudo, se encuentra que el principal problema es que este enfoque se ha entendido como dejar en libertad a los estudiantes para que aprendan a su propio ritmo. No obstante, ésta es una concepción errónea, lo que se plantea es que exista una interacción entre el docente y los estudiantes, un intercambio dialéctico entre ambos, de tal forma que los contenidos sean revisados para lograr un aprendizaje significativo (Ortiz, 2015, p. 94).

De esta manera, el pensamiento constructivista del aprendizaje encuentra apoyo en la idea de que, la educación tiene la finalidad de promover los procesos de crecimiento integral del estudiante, considerando el marco sociocultural al que pertenece. Los aprendizajes no se producirán de forma satisfactoria, si no se le proporciona una guía y ayuda específica, con la participación del alumno en actividades planificadas, sistemáticas y metodológicas (Coll *et al.*, 2007, p. 435).

Díaz-Barriga y Hernández (2002), señalan que la postura constructivista rechaza la concepción del alumno como receptor o repetidor de conceptos y conocimientos, también considera falsa la idea de que el desarrollo académico se produce con la acumulación de conocimientos y aprendizajes específicos, ya que lo importante es relacionar los conceptos en redes semánticas estructuradas, es decir, redes de memoria o algoritmos tipo causa-efecto. Por lo que el planteamiento filosófico a estas

ideas muestra que la institución educativa debe favorecer el proceso de socialización y de individualización conjuntamente, es decir, incrementar la cosmovisión del que está aprendiendo. Lo anterior implica que la finalidad de la intervención pedagógica es desarrollar en el alumno la capacidad de realizar aprendizajes significativos, en una amplia gama de situaciones y circunstancias, este proceso también se le conoce como “aprender a aprender” (p. 30).

De acuerdo con lo descrito por Coll *et al* (2007), la concepción constructivista se organiza conforme a tres ideas fundamentales:

- 1) El alumno es el responsable último de su propio proceso de aprendizaje; es decir, él es quien construye o reconstruye los saberes.
- 2) El alumno no tiene que descubrir o inventar en todo momento en un sentido literal el conocimiento, ya que se parte de la idea de que el conocimiento que se enseña es el resultado de un proceso de construcción social.
- 3) El docente participará como guía y orientador en los procesos de construcción del alumno, favoreciendo el desarrollo de una actividad mental constructiva (p. 441-442).

Por lo anterior, se puede afirmar que la construcción del conocimiento es en realidad un proceso de elaboración, en el sentido que el alumno selecciona, organiza y transforma la información que recibe de diversas fuentes, estableciendo relaciones entre dicha información y sus ideas o conocimientos previos (Díaz-Barriga y Hernández, 2002, p. 32).

3.1.1 Postulados constructivistas en educación

Dado que el constructivismo en educación se fundamenta en diversas posturas, es necesario conocer a cuál se refiere en casos particulares. En la **Tabla 3** se muestran los tres principales enfoques que han tenido implicaciones en el campo educativo; la psicogenética de Piaget, las teorías cognitivas, en específico la de Ausubel y la corriente sociocultural de Vygotsky.

Tabla 3. Enfoques constructivistas en educación. Aportes de Piaget, Ausubel y Vygotsky (Adaptado de Díaz-Barriga y Hernández, 2002, p. 31).

Enfoque	Características
<p>Psicogenético Autor: Jean Piaget</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Modelo de equilibrio: generación de conflictos cognitivos y reestructuración conceptual. ● Cualquier aprendizaje depende del nivel cognitivo inicial del sujeto. ● Énfasis en el currículo de investigación por ciclos de enseñanza y en el aprendizaje por descubrimiento. ● <i>Papel del alumno:</i> Constructor de esquemas y estructuras operatorias. ● <i>Papel del profesor:</i> Facilitador del aprendizaje y desarrollo. ● <i>Enseñanza:</i> Indirecta, por descubrimiento. ● <i>Aprendizaje:</i> Determinado por el desarrollo.
<p>Cognitivo Autor: David Ausubel</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Énfasis en el desarrollo de habilidades de pensamiento, aprendizaje significativo y solución de problemas. ● Aprendizaje significativo: contempla el engranaje lógico de los nuevos conocimientos con los conceptos, ideas y representaciones ya formados en las estructuras cognoscitivas del educando, construyendo así un conocimiento propio; es decir, un conocimiento de él para él (Viera, 2003). ● <i>Papel del alumno:</i> Procesador activo de la información. ● <i>Papel del profesor:</i> Organizador de la información tendiendo puentes cognitivos, promotor de habilidades del pensamiento y aprendizaje. ● <i>Enseñanza:</i> Inducción de conocimientos esquemáticos significativos y de estrategias o habilidades cognitivas. ● <i>Aprendizaje:</i> Determinado por conocimientos y experiencias previas.

<p>Sociocultural</p> <p>Autor: Lev Vygotsky</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Aprendizaje situado en contexto dentro de comunidades. ● Aprendizaje de mediadores instrumentales de origen social. ● Creación de Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) ● Origen social de los procesos psicológicos superiores. ● Andamiaje y ajuste de la ayuda pedagógica. ● Énfasis en el aprendizaje guiado y cooperativo. ● Evaluación dinámica y en contexto. ● <i>Papel del alumno:</i> Efectúa apropiación o reconstrucción de saberes culturales. ● <i>Papel del profesor:</i> Labor de mediación por ajuste de la ayuda pedagógica. ● <i>Enseñanza:</i> Transmisión de funciones psicológicas y saberes culturales mediante interacción de la ZDP. ● <i>Aprendizaje:</i> Interiorización y apropiación de representaciones y procesos.
--	--

Dado que se ha demostrado que la enseñanza con métodos tradicionales no satisface de manera integral la apropiación de los aprendizajes de los alumnos, para que el proceso de enseñanza-aprendizaje se concrete, éste debe tener implícita la guía del profesor a través de estrategias, actividades y técnicas. Por lo que el docente debe planear su práctica a fin de que le brinde al alumno experiencias ricas en aprendizajes, generando un alumno activo, autónomo, constructivo y reflexivo en problemas y casos cotidianos (Castillo, 2008, p. 176).

3.2 Enseñanza situada

Como se ha mencionado, la concepción de que el aprendizaje es la adquisición de conocimientos específicos como resultado de un proceso de transmisión-recepción de información ha cedido terreno ante los enfoques contemporáneos de corte constructivista, socio-cultural y situados, que plantean que el aprendizaje es ante todo un proceso de construcción de significados, cuyo atributo es su carácter dialógico y social (Díaz-Barriga y Hernández, 2002, p. 34).

En este sentido, el presente trabajo, tiene como modelo central a la *enseñanza situada* enfoque del cual, Díaz-Barriga (2006), señala que el conocimiento es parte y producto de la actividad, del contexto y de la cultura en que se desarrolla el

individuo. Así, se genera y se recrea el aprendizaje en determinada situación, en función de lo significativo y motivante que resulte, de la relevancia cultural que tenga o del tipo de interacciones colaborativas que propicie e inclusive podrá aplicarse o transferirse a otras situaciones análogas o distintas a las originales (p. 19).

En esta concepción, el aprendizaje es un proceso mediado por diversos agentes, a través del cual los aprendices se integran gradualmente en determinadas comunidades de aprendizaje o en culturas de prácticas sociales, por lo que se puede confirmar que el conocimiento es un fenómeno social (Díaz-Barriga, 2006, p. 19).

De acuerdo a Díaz-Barriga (2006), los principales autores de este enfoque (John Dewey, Donald Schön y el constructivismo socio-cultural) abogan por la importancia que tiene el “aprender haciendo”, además de estrategias adaptativas que permitan el autoaprendizaje y la innovación continua en contextos cambiantes e inciertos, que posibiliten el afrontamiento de problemas situados en escenarios reales, la resolución de conflictos o dilemas éticos, el trabajo colaborativo y la adopción de posturas críticas, así como un verdadero compromiso con su comunidad (p. 20).

La enseñanza situada, incluye cuatro conceptos: colaboración, facilitación, reflexión y contacto con problemas auténticos; por lo que el aprendizaje situado ocurre mediante la interacción entre los miembros del grupo o comunidad de aprendizaje, interacción que se da en un contexto real para la resolución de problemas (Batista, 2007, p. 72; Díaz-Barriga, 2006, p. 20-21).

Además, se sabe que las personas no aprenden en solitario, más bien, la actividad autoestructurante del sujeto está mediada por la influencia de los otros, y por ello el aprendizaje, ya sea en contextos escolares o no escolarizados, implica en buena medida una actividad de apropiación, reconstrucción o innovación de los saberes de la cultura (Díaz-Barriga y Hernández, 2002, p. 61).

Sin embargo, no se debe dejar de reconocer que la enseñanza debe individualizarse para permitir a cada individuo trabajar con independencia y a su propio ritmo, también es importante promover la colaboración y el trabajo en equipos cooperativos. Se ha demostrado que las personas aprenden más, establecen mejores relaciones con los demás, aumentan su autoestima y aprenden habilidades sociales más efectivas cuando trabajan en colaboración o participan en equipos cooperativos, en contraste

con el trabajo que realizan de manera individual y/o competitiva (Díaz-Barriga y Hernández, 2002, p. 62).

3.3 El estudio de caso como estrategia didáctica

El estudio de caso como estrategia didáctica, permite dinamizar el proceso de enseñanza-aprendizaje, el papel del estudiante como responsable del desarrollo de sus conocimientos y habilidades, y el del docente como mentor y orientador de la estrategia. Este último tiene la responsabilidad de construir escenarios basados en problemas auténticos y que puedan ser llevados a las aulas a través de los casos. Una bondad del estudio de caso es que no solo permite al docente ser partícipe de los enfoques centrados en la dimensión social del proceso didáctico, sino que también en algunos momentos, centrar la atención a cada estudiante de manera individual (Lacosta, 2012, p. 32; González, 2015, p. 3-4).

Por su parte, el caso es un instrumento complejo que reviste la forma de narrativa donde se cuentan de la manera más precisa y objetiva posibles sucesos que plantean situaciones problema reales (auténticas) o realistas (simuladas), de manera que los alumnos experimenten la complejidad, ambigüedad, incertidumbre y falta de certeza que enfrentaron los participantes originales en el caso. En la medida en que los estudiantes se apropien y "vivan" el caso, podrán identificar sus componentes clave y construir una o más opciones de afrontamiento o solución a la situación problema que identificaron. Además, puede incluir información y datos: psicológicos, sociológicos, científicos, antropológicos, históricos y de observación, además de material técnico (Wassermann, 1994, p. 19; Díaz-Barriga, 2006, p. 77).

Como estrategia, el docente diseña y adapta el caso partiendo tanto del contexto formativo de los estudiantes y sus características, como de los contenidos de aprendizaje que respondan al objetivo buscado. El alumnado entra en contacto con una situación real o realista que puede adaptarse a diversos niveles de análisis y exhaustividad. Lo que se pretende es que esa situación incluya un problema, una oportunidad, un desafío, o la toma de una decisión fundamentada desde la teoría consultada y la experiencia anterior o generada en el estudiantado (González, 2015, p. 4).

En el estudio de casos el trabajo individual y en grupo, se coloca en el mismo nivel de importancia, ya que el segundo es inviable, sin el primero. El trabajo individual implica el desarrollo de unas determinadas destrezas cognitivas que se complementan con el trabajo grupal en clase (Díaz-Barriga, 2006, p. 83).

Por lo que el empleo del estudio de caso como medio pedagógico, se justifica gracias a la idea de que los estudiantes, tanto de forma individual como en grupo, aprenden mejor porque aceptan más responsabilidad en el desarrollo de la discusión y se acercan a su realidad; de esta forma, se trata de un método activo que exige una participación constante del estudiante (Castro, 2013, p. 5).

Díaz-Barriga (2006), señala que esta estrategia promueve el desarrollo de habilidades de aplicación e integración del conocimiento, el juicio crítico, la deliberación, el diálogo, la toma de decisiones y la solución de problemas. Además, las discusiones en torno al caso difieren de otras experiencias de solución de problemas, en que los alumnos no solo examinan y analizan el caso, sino que se involucran en él. (p. 83).

3.3.1 Características del estudio de caso

Aunque son variados los formatos para presentar el caso, éstos pueden consistir en casos formales por escrito, como un artículo periodístico; sin embargo, también se puede tomar un segmento de un video real o de una película, una historia tomada de las noticias que aparecen en radio o televisión, un expediente documentado obtenido de algún archivo, inclusive una pieza de arte, entre otros. Sin embargo, independientemente del formato y de acuerdo con Díaz-Barriga (2006) los "buenos casos" requieren:

- Ilustrar los asuntos y factores típicos del problema que se pretende examinar.
- Reflejar marcos teóricos pertinentes.
- Poner de relieve supuestos y principios disciplinarios prevaletentes.
- Revelar complejidades y tensiones reales existentes en torno al problema en cuestión (p. 78).

Por su parte, Wassermann (1994) señala cuatro principales características para el trabajo con los estudios de caso:

1. *Preguntas críticas.* Son aquellas que están al final del caso y que obligan a los alumnos a examinar ideas importantes, nociones y problemas relacionados con la narrativa. Estas preguntas, por la forma en que están redactadas, requieren de los alumnos una reflexión sobre los problemas, lo cual las diferencia de aquellas que los obligan a recordar cierta información sobre hechos y producir una respuesta específica.

Lo que se busca con estas preguntas no es que los alumnos lleguen a conocer algunos fragmentos de información sobre los hechos, sino que apliquen sus conocimientos cuando examinan ideas; es decir, su objetivo es promover la comprensión.

Además, Díaz-Barriga (2006), señala que las preguntas propician que salgan a la luz los puntos centrales del caso; es decir, constituyen el medio fundamental del profesor para mediar el encuentro del estudiante con el material de estudio. De esta forma, plantea cuatro tipos de preguntas que se deben integrar en el caso:

- Preguntas de estudio: permiten la entrada del alumno al caso, organizan su pensamiento para la discusión por venir y le permiten clarificar los conocimientos o información básica requerida.
- Preguntas de discusión: definen áreas de exploración del caso y conducen a que emerjan los asuntos principales que interesa analizar; por lo que, dan la pauta a seguir, es decir, dirigen el análisis.
- Preguntas facilitadoras: revelan los significados explícitos de las contribuciones individuales y estimulan la interacción entre los alumnos.
- Preguntas sobre el producto o resultado de la discusión del caso: permiten revelar la toma de postura asumida, las soluciones acordadas, y los consensos y disensos en el grupo (p. 82).

2. *Trabajo en pequeños grupos.* Es la oportunidad que tienen los alumnos de discutir las respuestas a las preguntas críticas, reunidos en grupos pequeños. El trabajo dentro de cada equipo prepara a los alumnos para la discusión, que se producirá posteriormente con participación de toda la clase.

De esta forma, cuando los grupos sesionan durante la clase, el docente tiene la ventaja de poder observar su funcionamiento; así, se conoce mejor la forma de

pensar e interactuar de los alumnos, ese conocimiento permite al docente, proporcionar ayuda individualizada.

3. Interrogatorio sobre el caso. Aunque la calidad de un caso es fundamental para despertar el interés de los alumnos por los problemas que en él se plantean, la condición esencial es la capacidad del maestro para conducir la discusión, ayudar a los alumnos a realizar un análisis más agudo de los diversos problemas, e inducir a esforzarse para obtener una comprensión más profunda.

4. Actividades de seguimiento. Así como un caso genera en los alumnos la necesidad de saber, el interrogatorio intensifica esa necesidad, por lo que algunos casos incluyen una amplia lista de actividades de seguimiento, y en ocasiones los docentes recurren a su propio archivo de referencias: libros de texto, artículos de periódico y revistas, tablas y gráficos con datos primarios, informes de investigaciones, así como diversos tipos de información escrita.

Los alumnos pueden realizar las actividades de manera colectiva o individual y se pueden incorporar a las tareas del aula como complemento de las discusiones sobre el caso (p. 20-28).

Por otra parte, Colbert, Trimble y Desberg (1996) plantean las siguientes fases para llevar a cabo el trabajo áulico con estudios de caso:

Fase preliminar: Presentación del caso a los participantes.

Fase eclosiva: Se refiere a la "explosión" de opiniones, impresiones, juicios, posibles alternativas, etc., por parte de los participantes. Cada uno reacciona a la situación, tal como la percibe subjetivamente. Bien llevada, esta fase revela la subjetividad y la posibilidad de que existan otras opiniones o tomas de posición tan valiosas como las propias.

Fase de análisis: Se impone una vuelta a los hechos y a la información disponible, para salir de la subjetividad. La búsqueda en común del sentido de los acontecimientos permite a los participantes acrecentar su conciencia de la situación analizada. Se redescubre la realidad y se integran aspectos informativos objetivos.

Se concluye esta fase cuando se ha conseguido una síntesis aceptada por todos los miembros del grupo.

Fase de conceptualización: es la formulación de conceptos operativos o de principios concretos de acción, aplicables en el caso actual y que permiten ser utilizados en una situación parecida (p. 130-132).

3.3.2 Tipos de estudio de caso

Dentro del modelo de estudios de caso se pueden considerar diversos tipos establecidos, en función de la finalidad didáctica específica que se pretende en cada situación y, consecuentemente, de las capacidades que se ejerciten. De esta forma, Castro (2013), señala tres tipos:

a) *Casos-problema o casos-decisión:* Es el más frecuente; se trata de la descripción de una situación problemática de la realidad sobre la cual es preciso tomar una decisión. La situación es interrumpida justo antes del momento de la toma de decisión o del inicio de una acción, pero con todos los datos necesarios para su análisis y, posteriormente, la toma de decisiones.

b) *Casos-evaluación:* Estos casos permiten adquirir práctica en el análisis o la evaluación de situaciones, sin tener que tomar decisiones y/o emitir recomendaciones para la acción. En este grupo se pueden incluir los sucesos o accidentes medioambientales en los que se trata de evaluar el impacto generado y su alcance.

c) *Casos-ilustración:* Se trata de una situación que va más allá de la toma de decisiones, en la que se analiza un problema real y la solución que se adoptó atendiendo al contexto; lo que permite al grupo aprender sobre la forma en que una determinada organización o profesionales han tomado una decisión y el éxito de la misma (p. 6-7).

Por su parte, Wassermann (1994) señala que cualquiera que sea el tipo, los criterios que le permiten al docente elegir un caso son:

Concordancia con los temas curriculares. El caso debe estar relacionado con al menos un tema central del programa, que permita focalizar ideas y conceptos importantes.

Calidad del relato. Se debe tomar en cuenta que un relato bien escrito tiene más posibilidades de despertar y retener el interés de los alumnos.

Comprensión. Además de considerar la calidad, los docentes deben tomar decisiones basadas en su percepción de la capacidad de sus alumnos para comprender el lenguaje, descifrar el vocabulario y encontrarle sentido a lo que leen.

Sentimientos intensos. El propósito de la emotividad del relato es despertar ciertos sentimientos en los alumnos (enojo, furia, afecto, preocupación, alarma, ente otros) y así vivificar hechos y conceptos que habitualmente no provocan emoción. Es importante resaltar que, a pesar del elevado nivel emocional del caso no debe usarse para inducir a los alumnos a adoptar un punto de vista determinado (p. 52-56).

3.3.3 Evaluación del estudio de caso

En relación con los principios básicos por considerar en la evaluación del aprendizaje mediante los estudios de casos, se puede mencionar que es importante; obtener información de cómo están pensando los alumnos, además de cómo aplican el conocimiento que construyen en lo personal y de manera conjunta en la resolución de los problemas planteados. También, se debe trascender la evaluación orientada a la medición del recuerdo de la información declarativa vinculada al problema analizado; es decir, se debe abandonar el enfoque del examen de respuesta corta y unívoca. Asimismo, se debe retroalimentar al alumno y al docente, con la finalidad de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Díaz-Barriga, 2006, p. 85).

Por lo anterior, Díaz-Barriga (2006) señala que los principios por considerar en la evaluación del aprendizaje mediante un caso son los siguientes:

1) Fomentar el pensamiento crítico, 2) promover la responsabilidad del estudiante ante el estudio, 3) transferir la información y los conceptos, 4) convertirse en autoridad en la materia en un ámbito concreto, 5) vincular aprendizajes afectivos y cognitivos, 6) fomentar la motivación, 7) desarrollar habilidades cooperativas y 8) promover el aprendizaje autodirigido (p. 85).

Cabe mencionar, que siempre se debe tener en cuenta que es una estrategia de enseñanza eminentemente experiencial e inductiva, y que busca no sólo educar el

intelecto, sino a la persona; es decir, al profesional en formación y/o al ciudadano (Díaz-Barriga, 2006, p. 86).

3.3.4 Papel del profesor y del alumno en los estudios de caso

Dado que el trabajo con estudios de caso difiere de la enseñanza tradicional, tanto el profesor como el alumno tienen papeles establecidos. En la **Tabla 4** se describe el papel del profesor y en la **Tabla 5**, el del alumno:

Tabla 4. Papel del profesor en el trabajo con estudios de caso (Adaptado de López, 1997, p. 135).

Profesor		
Antes	Durante	Después
<p>1. Elaborar/ elegir el caso.</p> <p>2. Motivar tanto al análisis riguroso como a la toma de decisiones (individual y en equipo).</p> <p>3. Determinar claramente el problema o los problemas que plantea el caso.</p> <p>4. Determinar las posibles alternativas de acción que podrían considerarse.</p>	<p>5. Formular buenas preguntas.</p> <p>6. Conceder la palabra a los alumnos.</p> <p>7. Hacer que todos participen.</p> <p>8. Evitar que un participante sea inhibido por otro.</p> <p>9. Evitar exponer sus propias opiniones.</p> <p>10. Administrar el tiempo.</p>	<p>11. Sintetizar lo que descubra el grupo.</p> <p>12. Reformular las buenas intervenciones.</p> <p>13. Promover la reflexión grupal sobre los aprendizajes logrados.</p>

Tabla 5. Papel del alumno en el trabajo con estudios de caso (Adaptado de López, 1997, p. 137).

Alumno		
Antes	Durante	Después
<p>1. Entender y asimilar el caso.</p> <p>2. Tener conocimientos previos sobre el tema.</p> <p>3. Trabajar individualmente y en equipo.</p>	<p>4. Participar mediante la expresión de sus opiniones, juicios, hechos y posibles soluciones.</p> <p>5. Escuchar atenta y abiertamente las opiniones de los demás.</p>	<p>6. Llegar a un consenso global.</p> <p>7. Reflexionar sobre los aprendizajes logrados.</p>

A pesar de que las Ciencias Sociales y las Humanidades parecen ser las áreas de contenido más adecuado para la enseñanza con estudios de caso, hay otras disciplinas, como la Biología que están incluyendo este tipo de estrategias. Revel (2013) señala que su implementación, en especial para aquellas cuestiones de carácter complejo, es particularmente pertinente debido a la estructura propia de este formato y que precisamente la complejidad de algunos tópicos de esta área disciplinar, en los que se involucran aspectos sociales, políticos, históricos, entre otros, reclaman para su abordaje que se contemplen dichos elementos, tal como puede hacerse mediante los casos (p. 44).

Por otra parte, las competencias de orden superior -exigidas para la resolución de un caso particular- favorecen la apropiación de una interpretación más amplia de los conceptos involucrados, los escenarios y las situaciones determinantes, así como la puesta en marcha de procesos relacionados con la producción y comunicación de las ciencias, como la analogía, la inducción y la deducción (Revel, 2013, p. 49).

Capítulo 4. Propuesta Metodológica

Se diseñó, aplicó y evaluó una estrategia didáctica basada en un estudio de caso para la enseñanza-aprendizaje de los “Niveles tróficos, flujo de materia y energía”, dirigida a los alumnos de cuarto semestre que cursaron la asignatura de Biología II en el CCH Plantel Oriente (**Tabla 6**).

Tabla 6. Esquema de la secuencia didáctica con base en el Programa de la materia de Biología II del CCH.

Tema	Niveles tróficos, flujo de energía y materia
Unidad	Unidad 2. ¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?
Horas asignadas para el tema	6 horas
Sesiones	4 sesiones en total: 2 sesiones de 2 horas y 2 sesiones de 1 hora
Población	26 alumnos
Aprendizajes conceptuales	El alumno: <ul style="list-style-type: none">•Relaciona el flujo de energía y los niveles tróficos.•Relaciona los ciclos de materia, los niveles tróficos y el flujo de energía.•Describe el flujo de energía y los ciclos de materia como procesos básicos en el funcionamiento del ecosistema.
Aprendizajes procedimentales	El alumno: <ul style="list-style-type: none">•Selecciona información de diversas fuentes como: presentaciones, imágenes y lecturas.•Sistematiza información para llevar a cabo actividades de discusión, análisis y toma de decisiones.•Elige la información revisada sobre niveles tróficos, el flujo de energía y ciclos de la materia para analizar y reflexionar sobre un estudio de caso.
Aprendizajes actitudinales	El alumno: <ul style="list-style-type: none">•Reconoce y valora la importancia de los procesos básicos en los ecosistemas.•Reconoce y valora la importancia de la responsabilidad y el compromiso en el trabajo colaborativo.

	•Reconoce y valora la importancia del respeto en la opinión de los demás, favoreciendo el diálogo para llegar a acuerdos y toma de decisiones.
--	--

4.1 Diagrama general de las sesiones

La estrategia consta de tres fases: diagnóstica, intervención didáctica y evaluación (Figura 4).

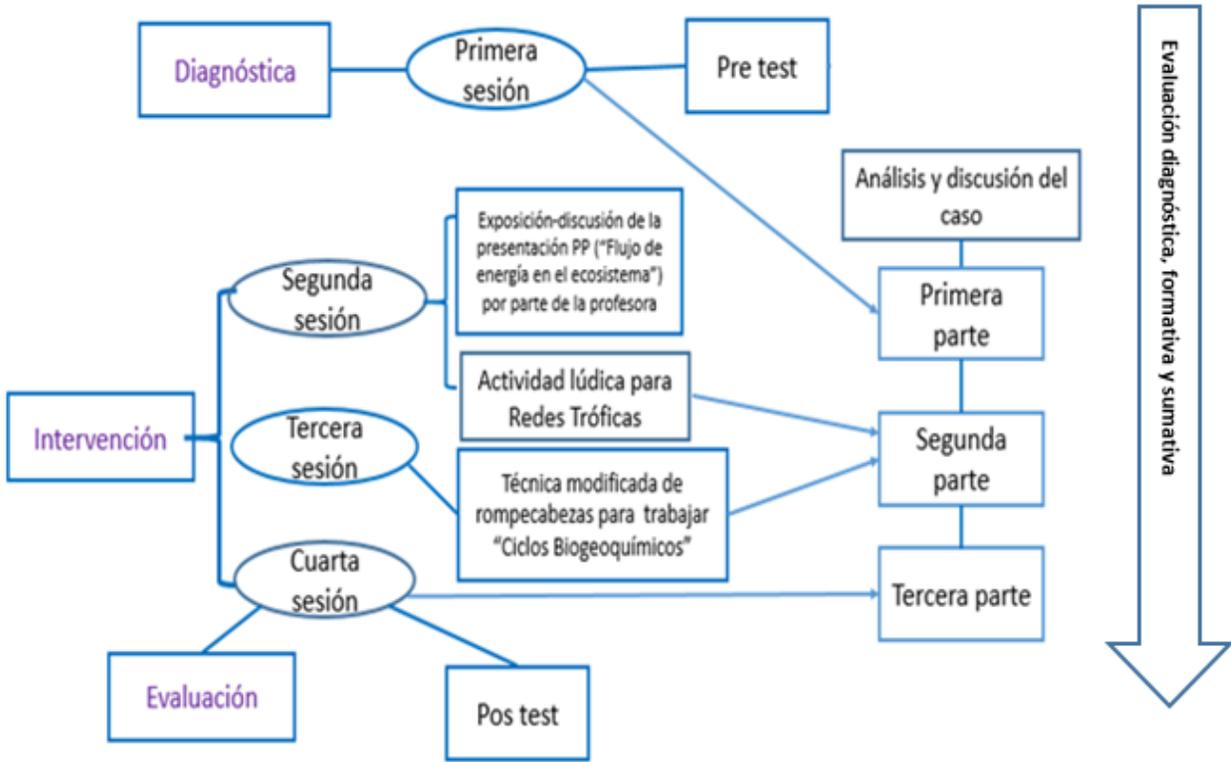


Figura 4. Esquema general de la estrategia didáctica para el tema “Niveles tróficos, flujo de materia y energía” en el CCH (Elaboración propia).

4.2 Etapa de planeación y organización de la estrategia didáctica

La etapa de planeación y desarrollo para la enseñanza-aprendizaje del tema: Niveles tróficos, flujo de energía y materia, se llevó a cabo de acuerdo con los propósitos y aprendizajes establecidos en el programa de estudio de Biología II (2016), correspondientes a la Unidad 2 “¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?” y particularmente con el siguiente:

“Describe el flujo de energía y ciclos de la materia como procesos básicos en el funcionamiento del ecosistema” (p. 28).

De esta manera, tomando como base el aprendizaje, se realizó la planeación de las cuatro sesiones, cada una con los tres momentos: inicio, desarrollo y cierre (**Tablas 7-10**).

4.3 Etapa de intervención didáctica

La intervención se llevó a cabo en la asignatura de Biología II en el grupo 409-A del turno matutino, en un horario de 9:00 a 11:00, los martes y jueves, y de 10:00 a 11:00 los viernes. Con un total de 28 alumnos registrados en lista cursando la materia.

En la aplicación de la secuencia, fueron considerados 26 alumnos ya que dos de ellos, se ausentaron en al menos una sesión, por lo que no se incluyeron para no generar alteraciones en los resultados.

4.3.1 Espacio y tiempo de aplicación

La intervención se llevó a cabo en las fechas del 29 de septiembre al 7 de octubre del 2019, en las instalaciones del Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Oriente de la Universidad Nacional Autónoma de México. Con un total de seis horas-clase distribuidas en cuatro sesiones, dos de 120 minutos y dos de 60 minutos.

Tabla 7. Planeación de la sesión 1 para el tema “Niveles tróficos, flujo de energía y materia en el ecosistema” en el CCH.

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO MADEMS (BIOLOGÍA) COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL ORIENTE</p> 			
Profesora titular: María del Rosario López Mendoza	Asignatura: Biología II	Ciclo escolar: 2021-1	Horario: Grupo:
<p>PROFESORA SUSTENTANTE: MARTHA PATRICIA RAYON ESPAÑA</p> <p>UNIDAD 2. ¿CÓMO INTERACTÚAN LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS CON SU AMBIENTE Y SU RELACIÓN CON LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD?</p> <p>TEMÁTICA: ESTRUCTURA Y PROCESOS EN EL ECOSISTEMA</p> <p>TEMA: NIVELES TRÓFICOS, FLUJO DE ENERGÍA Y MATERIA EN EL ECOSISTEMA</p> <p>PROPÓSITO DEL TEMA: EL ALUMNO DESCRIBE EL FLUJO DE ENERGÍA Y CICLOS DE LA MATERIA (CARBONO, NITRÓGENO, FÓSFORO, AZUFRE Y AGUA) COMO PROCESOS BÁSICOS EN EL FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA.</p> <p>OBJETIVO DE LA SESIÓN: AL TERMINAR LA SESIÓN LOS ALUMNOS RECONOCERÁN SUS IDEAS PREVIAS RESPECTO AL TEMA A TRAVÉS DE UNA EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA.</p>			
Sesión: 1, duración 1 hora			
Contenidos. Aspectos generales de los procesos básicos en el ecosistema			
Estrategias de enseñanza-aprendizaje	Dimensión del contenido	Evaluación	Recursos y /o materiales
<p>APERTURA</p> <ol style="list-style-type: none"> Saludo a los alumnos y presentación de la profesora (5 minutos). La profesora presenta los objetivos de la clase, así como los materiales a usar, las instrucciones del trabajo en clase Se realiza dinámica de presentación (presentar a otro) (10 minutos). Posteriormente, se elabora un reglamento interno (10 minutos). La profesora entrega unas tarjetas, para que cada alumno coloque su nombre (5 minutos). <p>DESARROLLO</p> <ol style="list-style-type: none"> La profesora entrega a cada alumno un <i>pre test</i>, que será contestado de manera individual (10 minutos). Una vez terminado, a cada uno se le dará un dulce y se formarán los equipos (4 o 5 integrantes) para las sesiones posteriores (5 minutos). <p>CIERRE</p> <ol style="list-style-type: none"> La docente resalta la metodología del estudio de caso que se utilizará para el trabajo de las siguientes sesiones. Se les proporcionó por equipos la primera parte del caso. Se realiza plenaria para analizar, confrontar y debatir las diversas posturas (10 minutos). 	<ol style="list-style-type: none"> Declarativo Procedimental Actitudinal 	<p>Diagnóstica:</p> <ol style="list-style-type: none"> Pre test <p>Formativa:</p> <ol style="list-style-type: none"> Análisis y discusión de la primera parte del caso 	<p>Pizarrón y plumones</p> <p><i>Pre test</i> impreso</p> <p>Tarjetas para colocar nombre</p> <p>Plumones</p> <p>Seguritos</p> <p>Rúbrica para heteroevaluar estudio de caso</p> <p>Anexos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <i>Pre test</i> Estudio de caso Rúbrica para heteroevaluar estudio de caso

Tabla 8. Planeación de la sesión 2 para el tema “Niveles tróficos, flujo de energía y materia en el ecosistema” en el CCH.

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO MADEMS (BIOLOGÍA) COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL ORIENTE</p> 			
Profesora titular: María del Rosario López Mendoza	Asignatura: Biología II	Ciclo escolar: 2021-1	Horario: Grupo:
<p>PROFESORA SUSTENTANTE: MARTHA PATRICIA RAYON ESPAÑA UNIDAD 2. ¿CÓMO INTERACTÚAN LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS CON SU AMBIENTE Y SU RELACIÓN CON LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD? TEMÁTICA: ESTRUCTURA Y PROCESOS EN EL ECOSISTEMA TEMA: NIVELES TRÓFICOS, FLUJO DE ENERGÍA Y MATERIA EN EL ECOSISTEMA PROPÓSITO DEL TEMA: EL ALUMNO DESCRIBE EL FLUJO DE ENERGÍA Y CICLOS DE LA MATERIA (CARBONO, NITRÓGENO, FÓSFORO, AZUFRE Y AGUA) COMO PROCESOS BÁSICOS EN EL FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA. OBJETIVO: AL TERMINAR LA SESIÓN, LOS ALUMNOS RELACIONARÁN EL FLUJO DE ENERGÍA Y LOS NIVELES TRÓFICOS, A TRAVÉS DE LA REFLEXIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE UN CASO</p>			
Sesión: 2, duración 2 horas			
Contenidos. Niveles tróficos y flujo de energía			
Sistematización de estrategias de enseñanza-aprendizaje	Dimensión del contenido	Evaluación	Recursos y /o materiales
<p>APERTURA</p> <ol style="list-style-type: none"> Saludo a los alumnos La profesora presenta los objetivos de la clase, así como los materiales a usar y las instrucciones del trabajo en clase (5 minutos). Se lleva a cabo la exposición-discusión de la presentación en PowerPoint sobre los niveles tróficos y el flujo de energía en el ecosistema (20 minutos). Se les solicita que durante la presentación escriban las ideas y/o palabras clave de la presentación en un organizador gráfico proporcionado por la docente. <p>DESARROLLO</p> <ol style="list-style-type: none"> Posteriormente se formarán los equipos integrados en la sesión anterior; a los cuales, se les entregarán algunas tarjetas (3 tarjetas al azar a cada uno, y 12 que estarán disponibles para todos los integrantes) (5 minutos). El objetivo de la actividad lúdica “Arma tú cadena trófica” es formar una cadena alimenticia de 4 niveles, indicando los niveles tróficos básicos y el flujo de energía. Los dos primeros que la formen correctamente ganarán (20 minutos). Una vez concluido el juego, formaran una red trófica por equipo, indicando los niveles y el flujo de energía (20 minutos). Cada equipo explicará su red trófica (10 minutos). Se entrega lista de cotejo a cada equipo para la coevaluación. <p>CIERRE</p> <ol style="list-style-type: none"> Por equipo contestarán las primeras preguntas de la segunda parte del caso (20 minutos). Se realiza plenaria para analizar, confrontar y debatir las diversas posturas (10 minutos). 	<ol style="list-style-type: none"> Declarativo Procedimental Actitudinal 	<p>Diagnóstico:</p> <ol style="list-style-type: none"> Activación de ideas previas mediante la exposición-discusión. <p>Formativa:</p> <ol style="list-style-type: none"> Organizador gráfico de ideas principales y/o palabras clave. Elaboración de cadena y red trófica de manera colaborativa. Análisis y discusión del caso. 	<p>Pizarrón y plumones Proyector Laptop Plumones Tarjetas para formar las cadenas tróficas Papel bond Cinta para pegar Rúbrica para autoevaluar las cadenas tróficas Rúbrica para heteroevaluar estudio de caso</p> <p>Anexos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Rúbrica para autoevaluar las cadenas tróficas. Estudio de caso Rúbrica para heteroevaluar estudio de caso Tarjetas para la formación de redes tróficas

Tabla 9. Planeación de la sesión 3 para el tema “Niveles tróficos, flujo de energía y materia en el ecosistema” en el CCH.

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO MADEMS (BIOLOGÍA) COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL ORIENTE</p> 			
Profesora titular: María del Rosario López Mendoza	Asignatura: Biología II	Ciclo escolar: 2021-1	Horario: Grupo:
<p>PROFESORA SUSTENTANTE: MARTHA PATRICIA RAYON ESPAÑA</p> <p>UNIDAD 2. ¿CÓMO INTERACTÚAN LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS CON SU AMBIENTE Y SU RELACIÓN CON LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD?</p> <p>TEMÁTICA: ESTRUCTURA Y PROCESOS EN EL ECOSISTEMA</p> <p>TEMA: NIVELES TRÓFICOS, FLUJO DE ENERGÍA Y MATERIA EN EL ECOSISTEMA</p> <p>PROPÓSITO DEL TEMA: EL ALUMNO DESCRIBE EL FLUJO DE ENERGÍA Y CICLOS DE LA MATERIA (CARBONO, NITRÓGENO, FÓSFORO, AZUFRE Y AGUA) COMO PROCESOS BÁSICOS EN EL FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA.</p> <p>TEMA: NIVELES TRÓFICOS Y FLUJO DE ENERGÍA EN EL ECOSISTEMA</p> <p>OBJETIVO: AL TERMINAR LA SESIÓN, LOS ALUMNOS RELACIONARÁN LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS, EL FLUJO DE MATERIA Y LOS NIVELES TRÓFICOS MEDIANTE LA REFLEXIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE UN CASO</p>			
Sesión: 3, duración 2 horas			
Contenidos. Niveles tróficos, ciclos biogeoquímicos y flujo de energía			
Sistematización de estrategias de enseñanza-aprendizaje	Dimensión del contenido	Evaluación	Recursos y /o materiales
<p>APERTURA</p> <ol style="list-style-type: none"> Saludo a los alumnos. La profesora presenta los objetivos de la clase, así como los materiales a usar y las instrucciones del trabajo en clase (5 minutos). Se les proporciona la lectura “El viaje de C”(5 minutos) A través de preguntas detonadoras se enlaza con la sesión anterior (10 minutos). <p>DESARROLLO</p> <ol style="list-style-type: none"> Posteriormente, se conforman los equipos de la sesión anterior para trabajar con base en la técnica de “rompecabezas” (modificada) (5 minutos). La profesora entregará a cada integrante por equipo, una lectura dónde se explica un ciclo biogeoquímico. Con base en la lectura, se conformarán equipos expertos, los cuales “armarán” el ciclo correspondiente e intercambiarán ideas (30 minutos). Cada equipo expondrá el ciclo del cual es experto (20 minutos). Se entrega rúbrica a cada equipo para coevaluar los ciclos biogeoquímicos. <p>CIERRE</p> <ol style="list-style-type: none"> Por equipo concluyen la segunda parte del caso (20 minutos). Se realiza plenaria para analizar, confrontar y debatir las diversas posturas (10 minutos). 	<ol style="list-style-type: none"> Declarativo Procedimental Actitudinal 	<p>Diagnóstico:</p> <ol style="list-style-type: none"> Activación de ideas previas mediante preguntas detonadoras <p>Formativa:</p> <ol style="list-style-type: none"> “Armado” y exposición de los ciclos biogeoquímicos Análisis y discusión del caso. 	<p>Pizarrón y plumones</p> <p>Tarjetas para “armar” los diferentes ciclos biogeoquímicos</p> <p>papel bond</p> <p>Cinta para pegar</p> <p>Estudio de caso impreso</p> <p>Lecturas de los ciclos biogeoquímicos</p> <p>Rúbrica para autoevaluar trabajo colaborativo</p> <p>Rúbrica para heteroevaluar estudio de caso</p> <p>Anexos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Lectura “El viaje de C” Lecturas de los diferentes ciclos biogeoquímicos Estudio de caso Rúbrica para autoevaluar trabajo colaborativo Rúbrica para evaluar estudio de caso Tarjetas para armar los diferentes ciclos biogeoquímicos.

Tabla 10. Planeación de la sesión 4 para el tema “Niveles tróficos, flujo de energía y materia en el ecosistema” en el CCH.

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO MADEMS (BIOLOGÍA) COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL ORIENTE</p> 			
Profesora titular: María del Rosario López Mendoza	Asignatura: Biología II	Ciclo escolar: 2021-1	Horario: Grupo:
<p>PROFESORA SUSTENTANTE: MARTHA PATRICIA RAYON ESPAÑA</p> <p>UNIDAD 2. ¿CÓMO INTERACTÚAN LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS CON SU AMBIENTE Y SU RELACIÓN CON LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD?</p> <p>PROPÓSITO: AL FINALIZAR LA UNIDAD, EL ALUMNO DESCRIBIRÁ LA ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA, A PARTIR DE LAS INTERACCIONES QUE SE PRESENTAN ENTRE SUS COMPONENTES, PARA QUE REFLEXIONE SOBRE EL EFECTO QUE EL DESARROLLO HUMANO HA CAUSADO EN LA BIODIVERSIDAD Y LAS ALTERNATIVAS DEL MANEJO SUSTENTABLE EN LA CONSERVACIÓN BIOLÓGICA.</p> <p>TEMÁTICA: NIVELES TRÓFICOS Y FLUJO DE ENERGÍA</p> <p>TEMA: NIVELES TRÓFICOS Y FLUJO DE ENERGÍA EN EL ECOSISTEMA</p> <p>OBJETIVO: AL TERMINAR LA SESIÓN, LOS ALUMNOS INTEGRARÁN LOS CONOCIMIENTOS DE LAS ANTERIORES SESIONES, A TRAVÉS DEL ANÁLISIS, REFLEXIÓN Y DISCUSIÓN FINAL DEL CASO</p>			
Sesión: 4, duración 1 hora			
Contenidos. Niveles tróficos, ciclos biogeoquímicos y flujo de energía			
Sistematización de estrategias de enseñanza-aprendizaje	Dimensión del contenido	Evaluación	Recursos y /o materiales
<p>APERTURA</p> <ol style="list-style-type: none"> Saludo a los alumnos. La profesora presenta los objetivos de la clase, así como los materiales a usar y las instrucciones del trabajo en clase. Por medio de preguntas-guía se indagarán conocimientos previos y se enlazan con la sesión anterior (5 minutos). <p>DESARROLLO</p> <ol style="list-style-type: none"> Se presenta la tercera parte del caso para su análisis, reflexión, discusión y toma de decisiones de manera colaborativa (10 minutos). Se realiza plenaria para analizar, confrontar y debatir las diversas posturas (10 minutos). <p>CIERRE</p> <ol style="list-style-type: none"> La docente entrega de manera individual el <i>pos test</i> (10 minutos). La profesora agradece la participación del grupo. 	<ol style="list-style-type: none"> Declarativo Procedimental Actitudinal 	<p>Diagnóstico:</p> <ol style="list-style-type: none"> Activación de ideas previas mediante preguntas guía <p>Formativa:</p> <ol style="list-style-type: none"> Tercera parte del caso <p>Sumativa:</p> <ol style="list-style-type: none"> Análisis del caso Aplicación del <i>pos test</i> 	<p>-Pizarrón y plumones</p> <p>-Estudio de caso impreso</p> <p>-Rúbrica para heteroevaluar</p> <p>-Estudio de caso</p> <p>-<i>Pos test</i> impreso</p> <p>Anexos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Estudio de caso Rúbrica para evaluar estudio de caso <i>Pos test</i>

4.4 Estrategia Didáctica

4.4.1 Primera sesión

Al inicio de la sesión, la docente se presentó de manera breve, explicó a los alumnos el objetivo de la intervención, se realizó la dinámica “rompehielos” *Presentando a mi compañero*, en la cual, previamente por pares pudieron platicar sobre sus características y preferencias -dónde viven, pasatiempos y gustos en general- para posteriormente presentarse uno al otro al resto del grupo. Al finalizar, se elaboró un reglamento interno para cada una de las sesiones posteriores.

Después, la profesora les proporcionó el *pre test* (**Anexo 1**), el cual contestaron de manera individual, una vez terminado, los estudiantes eligieron un dulce y de acuerdo a la similitud de éste, se formaron los equipos de trabajo, por lo que fueron conformados totalmente al azar.

Primera parte del caso

Posteriormente, la docente entregó por equipo el caso “Una visita a la Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA)”. En esta sesión, se trabajó con la primera parte “*Conociendo el matorral xerófilo de la REPSA*” (**Anexo 11**) con la finalidad de identificar el contexto del caso, así como la ubicación y la importancia de la reserva. Para finalizar la sesión, se llevó a cabo de manera breve la retroalimentación en plenaria ya que en sesiones siguientes se retomaría el caso.

4.4.2 Segunda sesión

Para el trabajo de esta sesión, los alumnos se agruparon de acuerdo con el equipo correspondiente. Al iniciar, la profesora presentó el objetivo de la sesión y explicó la forma de trabajo. Después, a través de una presentación en PowerPoint se llevó a cabo la técnica de exposición-discusión sobre los niveles tróficos y flujo de energía en el ecosistema “*La energía en el ecosistema*” (**Anexo 2**). Para esto, se les solicitó a los estudiantes que durante la presentación escribieran las ideas y/o palabras clave en un organizador gráfico de árbol (**Anexo 3**) proporcionado por la profesora, el cual mediante la organización de información sirvió para identificar los conocimientos comprendidos ya que fueron recordados más adelante.

A continuación, a cada equipo se le entregaron tarjetas -tres tarjetas individuales al azar y doce que estuvieron disponibles para todos los integrantes- para la actividad lúdica “Arma tu cadena trófica” (**Anexo 4**), la cual tenía como objetivo que cada integrante formara una cadena alimentaria de cuatro niveles básicos. Para ganar, tenían que indicar los niveles tróficos y el flujo de energía correctamente. Cabe destacar que a pesar de que el primer integrante por equipo que lo lograra sería el ganador, todos tenían que formar una cadena. De esta manera, cada equipo fue responsable de verificar que todas las cadenas de sus integrantes estuvieran formadas correctamente. Al terminar, la profesora se cercioró de que cada una fuera correcta.

Enseguida, la docente proporcionó una hoja de rotafolio por equipos y utilizando las diferentes cadenas alimentarias formaron una red trófica, que pegaron en las paredes alrededor del salón. Para la evaluación de la actividad, la profesora utilizó una lista de cotejo (**Anexo 5**); además, a cada equipo se les proporcionó una rúbrica (**Anexo 6**) para autoevaluar su trabajo colaborativo.

Una vez que todos los equipos terminaron, la profesora resaltó las consecuencias de las perturbaciones como es el caso de los incendios y la importancia de la sucesión ecológica y las áreas naturales protegidas, dado que estos, eran eventos que beneficiaban o alteraban su cadena trófica en la actividad lúdica.

Segunda parte del caso

Después, a cada equipo se le proporcionó la segunda parte del caso “*Observando el matorral xerófilo de la REPSA*” (**Anexo 11**) y se les solicitó que contestaran las dos primeras preguntas; las cuales están relacionadas con la ejemplificación del proceso de sucesión ecológica y las cadenas tróficas.

En todo momento, la profesora monitoreó la discusión de cada equipo, aclarando dudas cuando era necesario y sin emitir ninguna opinión o postura al respecto, esto con la finalidad de no intervenir en la toma de decisiones de cada uno de ellos.

Finalmente, ya con los acuerdos tomados por equipo, se llevó a cabo la plenaria donde analizaron, confrontaron y debatieron las diversas posturas, siempre de manera respetuosa.

4.4.3 Tercera sesión

Al inicio de la sesión, la profesora presentó el objetivo y los materiales a usar; después, a los estudiantes se les proporcionó la lectura introductoria “El viaje de C” (**Anexo 7**), una vez terminada de leer y a través de preguntas detonadoras, se enlazó la lectura con el sentido del flujo de materia, para después hacer la comparación con el flujo de energía.

Enseguida, se trabajó con base en la técnica de “rompecabezas” o “Jigsaw”, para la cual a cada integrante por equipo base se le entregó una lectura (**Anexo 8**) donde se explicaba uno de los principales ciclos biogeoquímicos (nitrógeno, carbono, azufre, fósforo y agua); posteriormente, se formaron los grupos expertos a los cuales se les entregaron tarjetas plastificadas (**Anexo 9**) y una hoja de rotafolio, para que formaran el ciclo correspondiente a través del intercambio de ideas y con base en las lecturas proporcionadas por la docente. Una vez terminado, cada equipo presentó su trabajo y lo explicaron dos integrantes al azar. De la misma manera, que la actividad anterior sobre cadenas y redes tróficas, para su evaluación, la profesora utilizó una lista de cotejo (**Anexo 10**); además, a cada equipo se les proporcionó una rúbrica (**Anexo 6**) para evaluar el trabajo colaborativo.

Continuación de la segunda parte del caso

Posterior a la actividad, cada alumno regresó a su equipo base y contestaron la pregunta restante de la segunda parte del caso, la cual está relacionada con los ciclos biogeoquímicos dentro de la reserva.

Y de igual manera que en la sesión pasada, la profesora dejó que cada equipo discutiera y llegaran a los acuerdos correspondientes. Para finalizar con la plenaria donde analizaron, confrontaron y debatieron las diversas posturas, siempre de manera respetuosa.

4.3.4 Cuarta sesión

Al inicio de la sesión, la profesora presentó el objetivo y los materiales a usar; enseguida, por medio de preguntas detonadoras se indagaron los conocimientos de las sesiones anteriores.

Tercera parte del caso

Posteriormente, por equipos se les presentó la tercera parte del caso “*Dejando el matorral xerófilo de la REPSA*” (**Anexo 11**) y se les pidió responder las cuatro preguntas planteadas, las cuales están enfocadas a la preservación y al cuidado de la reserva; dichas cuestiones, tuvieron como finalidad que los equipos al analizarlas integraran los conocimientos de las sesiones anteriores. Una vez contestadas, se llevó a cabo la plenaria donde se analizaron, confrontaron y debatieron las diversas posturas. Cabe destacar que el estudio de caso se evaluó mediante la rúbrica modificada de Wassermann (1994) citado por Rivera (2018) (**Anexo 12**) y a través de las respuestas que los equipos dieron a las preguntas. Al finalizar, se les proporcionó el *pos test* (**Anexo 1**), que se contestó de manera individual y la profesora agradeció la participación del grupo.

Para llevar a cabo la evaluación de la estrategia se tomaron en cuenta tanto parámetros cualitativos como cuantitativos. Por un lado, los cuestionarios de *pre* y *pos test* se analizaron estadísticamente mediante la prueba de Kruskal-Wallis, que al ser una prueba no paramétrica no presupone una distribución normal de los datos y permite comparar las esperanzas de dos o más distribuciones. Para la obtención de resultados poblacionales se utilizó el programa estadístico *InfoStat* (2018), el cual permitió comparar el tamaño de la población, las medianas, medias y desviación estándar, así como conocer el valor p el cual indicó si existían diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Asimismo, el programa utilizó el estadístico de la prueba -Valor H- no paramétrica que se refiere a la suma de los rangos asignados a las observaciones dentro de cada tratamiento, para calcular el valor p (Di Rienzo *et al.*, 2018, p. 119).

Por otro lado, las actividades complementarias y propiamente el estudio de caso se evaluaron a través de diagramas, rúbricas y listas de cotejo principalmente, esto con la finalidad de evaluar no solo los conocimientos declarativos o procedimentales u otorgar una calificación, sino también valorar aspectos socio-afectivos, como el comportamiento, cooperación y la participación. Al respecto, Alfaro (1996) expresa que la evaluación cualitativa acentúa la importancia de observar e interpretar

situaciones y experiencias, más que en resultados numéricos y situaciones controladas como lo hace la evaluación cuantitativa (p. 12).

Capítulo 5. Análisis de resultados

En este capítulo se describen los resultados de lo realizado durante la estrategia; de primera instancia, del *pre test* y *pos test*, posteriormente de las actividades complementarias, y para finalizar, el análisis del caso.

5.1 Evaluación del *pre test* y *pos test*

5.1.1 Evaluación de las respuestas a preguntas de opción múltiple

Tanto el *pre test* (aplicado en la primera sesión) como el *pos test* (aplicado en la última sesión) se construyeron a partir de 11 reactivos: seis preguntas de opción múltiple y cinco preguntas abiertas. Dichos cuestionarios permitieron evaluar si los estudiantes lograron integrar los contenidos abordados en la temática: niveles tróficos, cadenas y redes tróficas, flujo de energía y materia, además del concepto de sucesión ecológica en el ecosistema.

Cabe resaltar que las preguntas de opción múltiple son adecuadas para evaluar los componentes relacionados con los conocimientos, ya que permiten mapear una amplia variedad de conceptos y habilidades de forma eficiente (Palés-Argullós, 2010, p. 149; Mahias y Polloni, 2018, p. 6).

Por su parte, en la **Figura 5** se muestra el promedio general de las respuestas a las preguntas de opción múltiple, el cual se obtuvo a través de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Como se observa, en el *pre test* el promedio fue de 5.22, mientras que en el *pos test* fue de 8.18.

Variable	Criterio	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Pre-test	1.00	26	5.22	2.52	5.00	16.36	<0.0001
Pos-test	2.00	26	8.18	1.57	8.30		

Figura 5. Promedio grupal de las respuestas a las preguntas de opción múltiple del *pre test* y *pos test* (Donde N: Tamaño de la población, D.E: Desviación estándar, H: Estadístico de la prueba y p: valor $p < 0.05$).

Además, el análisis estadístico para cada una de las preguntas, muestran que en el *pre* y *pos test* hubo diferencias significativas en cuatro de las seis preguntas, con una media en el *pre test* de 0.53 y en el *pos test* de 0.85 (**Tabla 11**).

Tabla 11. Prueba de Kruskal-Wallis para las preguntas de opción múltiple del pre y pos test (n=26).

Pregunta	Concepto (s)	media del pre test	media del pos test	p
1	autótrofos	0.77	1.00	0.009*
2	caballo	0.62	0.85	0.063
3	productor, consumidor primario, consumidor secundario, desintegrador	0.69	0.85	0.065
4	C,N,P	0.54	0.81	0.04*
5	autótrofos	0.31	0.58	0.05*
6	oxígeno	0.27	1.00	<0.0001*
Medias:		0.53	0.85	

*Diferencias significativas

5.1.2 Evaluación de las preguntas con respuesta abierta

Por otra parte, las preguntas de respuesta abierta se hicieron con la finalidad de explorar el nivel de pensamiento crítico y reflexivo de los estudiantes respecto al tema. Y dada la diversidad de respuestas, para su evaluación se utilizaron términos de referencia por parte de la profesora; de esta manera, como lo señala Rincón (2014) el propósito de la codificación -proceso de convertir las respuestas individuales en categorías (p. 142)-, fue reducir toda la variedad de respuestas dadas para una pregunta (**Tablas 12-16**).

Pregunta 7. Esquematiza una cadena alimentaria, señalando cada uno de sus componentes (Tabla 12).

Tabla 12. Porcentaje de palabras referenciales en la pregunta sobre las cadenas alimentarias en el pre y pos test (Donde P: Productor, C1: Consumidor primario, C2: Consumidor secundario).

Términos de referencia	Pre test	Pos test
Productor/Autótrofo	26.9%	57.6%
Consumidores	38.4%	69.2%
Desintegradores	34.6%	65.3%
Energía	0%	15.3%
Sentido de la flecha Ejemplo: P → C1 → C2	11.5 %	73%
Transferencia cíclica de energía	30.7%	19.2%

Como se puede observar, incrementó en un 61.5% los alumnos que indicaron correctamente el sentido de la flecha, lo cual se interpreta que lograron comprender que ésta indica el flujo de energía, no “*quien se come a quien*”, además, hubo un aumento de aproximadamente el 30% que mencionaron los términos, *productor o autótrofo, consumidores y desintegradores*; y un 15.3% más de los estudiantes utilizaron el término propiamente de *energía*, a diferencia del *pre test* en donde ninguno lo mencionó. Ahora bien, en la literatura se menciona que un error conceptual común de los estudiantes es pensar que la transferencia de energía es cíclica (Soylu, 2006 citado por Rincón, 2011, p. 82) y solo el 11.5% modificó su concepción previa.

Pregunta 8. ¿Cuál es la diferencia entre una cadena y una red trófica? (Tabla 13).

Tabla 13. Porcentaje de palabras referenciales en la pregunta sobre las cadenas y redes tróficas en el *pre* y *pos test*.

Términos de referencia	Pre test	Pos test
Transferencia lineal de energía	0%	76.9%
Interacción de dos o más cadenas alimentarias	0%	34.6%

Como se observa, en el *pre test* ningún estudiante mencionó que la transferencia de energía sea lineal, ni tampoco explicaron qué es una red trófica; sin embargo, en el *pos test* aumentó un 76.9 % el primer aspecto y un 34.6% el segundo.

Pregunta 9. ¿Cuál es la importancia de los ciclos biogeoquímicos? (Tabla 14).

Tabla 14. Porcentaje de palabras referenciales en la pregunta sobre los ciclos biogeoquímicos en el *pre* y *pos test* (Donde C: carbono, N: nitrógeno, P: fósforo, S: azufre y H₂O: agua)

Términos de referencia	Pre test	Pos test
Transferencia de materia	0%	15.3%
Transferencia cíclica	3.8%	7.6%
Elementos: C, N, P, S y/o H ₂ O	15.3%	26.9%
Niveles tróficos	0%	57.6%

Como se puede notar, en un inicio ningún alumno asoció los niveles tróficos con los ciclos biogeoquímicos, mientras que en el *pos test* lo señalaron el 57.6% de los estudiantes. De igual manera, al principio de la intervención pedagógica ninguno mencionó cómo se lleva a cabo la transferencia de materia, mientras que al finalizar, un 15.3% fue capaz de explicarlo. Por su parte, los alumnos que ya tenían noción sobre algunos de los elementos químicos involucrados en los ciclos, así como la transferencia cíclica, reforzaron este aspecto e incluso aumentó un 11.6% y 3.8% respectivamente.

Pregunta 10. ¿Qué es la sucesión ecológica? (Tabla 15).

Tabla 15. Porcentaje de palabras referenciales en la pregunta sobre sucesión ecológica en el *pre* y *pos test*.

Términos de referencia	Pre test	Pos test
Disturbio/ Perturbación	0%	73%
Recuperación de ecosistemas	3.8%	57.6%
Cambio en los ecosistemas	15.3%	23%

Como se observa, dado que los alumnos no están familiarizados o habituados a utilizar el término de sucesión ecológica, ni los procesos que lo acompañan (Ibarra y Gil, 2009, p. 20), en el *pre test* la mayoría de estudiantes solo lo refiere como un cambio en los ecosistemas sin ahondar más; sin embargo, en el *pos test* un alto porcentaje de alumnos (73%) no solo fueron capaces de mencionar palabras como perturbación y/o disturbio y recuperación de ecosistemas, sino también ofrecieron una breve explicación.

Pregunta 11. ¿Cuál es la importancia de los ecosistemas? (Tabla 16).

Tabla 16. Porcentaje de palabras referenciales en la pregunta sobre la importancia de los ecosistemas en el *pre* y *pos test*.

Términos de referencia	Pre test	Pos test
Transferencia de energía y materia	0%	38.4%
Biodiversidad	15.3%	57.7%
Beneficios a la población	46.1%	76.9%

En la tabla anterior se observa que en el *pre test* un alto porcentaje de los estudiantes solo asocia a los ecosistemas con los beneficios que brinda a la población, mientras que en *pos test* no solo resaltan este aspecto, sino también, hay un aumento considerable cuando los alumnos explican su relación con la biodiversidad y cómo se lleva a cabo la transferencia de energía y materia dentro del ecosistema.

A continuación, se muestran las diferencias porcentuales para cada una de las preguntas, teniendo como resultado un incremento en la media de +36.3% (Tabla 17).

Tabla 17. Diferencia de porcentajes en las preguntas abiertas del *pre* y *pos test*.

Pregunta	Conceptos de referencia	Media % pre test	Media % pos test	Diferencia %
7	Niveles tróficos, energía, flujo de energía, transferencia de energía cíclica	23.6	49.9	+ 26.3
8	Transferencia lineal de energía e interacción de dos o más cadenas tróficas	0	55.7	+ 55.7
9	Transferencia de materia, bioelementos, niveles tróficos, transferencia cíclica	9.5	26.9	+ 17.4
10	Disturbio/ perturbación, recuperación de Ecosistemas, cambio en los ecosistemas	6.3	51.2	+ 44.9
11	Transferencia de energía y materia, biodiversidad, beneficios a la población	20.4	57.6	+ 37.2 %
Media:				+36.3

5.2 Actividades complementarias al estudio de caso

5.2.1 Diagrama de árbol

En la segunda sesión, a través de la técnica de exposición-discusión se revisó la presentación PowerPoint -elaborada por la docente- “La energía en el ecosistema” sobre los niveles tróficos y flujo de energía, y se les solicitó a los alumnos que durante la exposición escribieran en un diagrama de árbol proporcionada por la profesora, las ideas y/o palabras que consideraban clave.

De esta manera, al implementar la técnica de exposición-discusión primero se da un “*pantallazo general*” que servirá como marco teórico, para posteriormente introducir nuevos conceptos y ayudar a los estudiantes a conectarlos entre sí y ponerlos en relación con los contenidos que ya comprendían, esto a través de preguntas para monitorear la comprensión de los alumnos y para evitar que aprendan los conceptos de forma aislada (Eggen y Kauchak, 1999, p. 415-416).

Por lo anterior, la presentación se organizó desde la definición de ecosistema, la clasificación y tipos de ecosistemas, su relación con las leyes de la termodinámica, para introducir al flujo de energía y los niveles tróficos. Durante la presentación, se hizo hincapié en la diferencia entre cadenas y redes tróficas, así como en la quimiosíntesis y fotosíntesis, la transferencia lineal de energía y se explicó de manera general la “ley del diezmo ecológico”.

Si bien el diagrama de árbol tuvo una intención integradora, es una representación esquemática que relaciona palabras o frases dentro de un proceso informativo. Esto induce al estudiante a organizar esta información no solo en un documento, sino también mentalmente, al identificar las ideas principales y subordinadas según un orden lógico (Pimienta, 2012, p. 23) **(Figura 6)**.

Además, como lo menciona Pozo (2006) esto favorece en los alumnos la comprensión de los conceptos abstractos y complejos, asumiéndolos en lo posible como propios (p. 42), en este sentido se les acercó al lenguaje y a la terminología científica que se usaría en las sesiones, evitando que se sintieran ajenos a la temática.

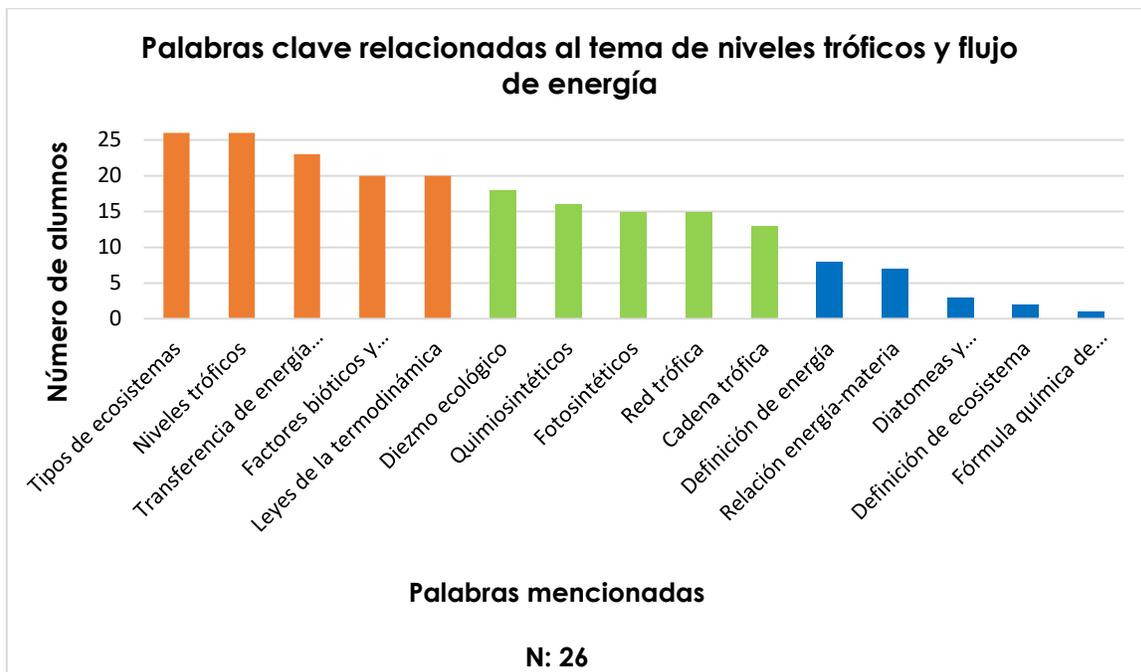


Figura 7. Palabras e ideas clave mencionadas por los alumnos en el diagrama de árbol respecto a la exposición-discusión de la presentación “La energía en el ecosistema” (Donde las barras anaranjadas (Grupo 1), representan las palabras mencionadas de 20 a 26 veces; las barras verdes (Grupo 2), representan las palabras mencionadas de 10 a 19 veces y las barras azules (Grupo 3), representan las palabras señaladas en menos de 10 ocasiones).

Como se observa, en el grupo 1 (a la izquierda del gráfico) se encuentran las palabras con frecuencia más alta, éstas pueden considerarse como los términos centrales; es decir, los conceptos generales que ayudan a comprender el tema. No obstante, quizás corresponden a aquellas con las que los estudiantes están familiarizados debido a su trayectoria académica. Ahora bien, cabe destacar que el 100% de los estudiantes mencionaron dos ideas que consideraron clave: *los tipos de ecosistema (según su tamaño, su origen y por su ubicación) y los niveles tróficos (productores, consumidores y desintegradores)*. Además, el 88.4% señaló la transferencia lineal de energía y el 76.9% mencionaron la interacción de factores bióticos y abióticos, así como la relación de los ecosistemas con las leyes de la termodinámica.

En el grupo 2 (al centro del gráfico), se encuentran aquellas palabras e ideas que consideraron medianamente relevantes, probablemente estos términos corresponden aquellos que son nuevos para los estudiantes, pero que pudieron

asociarlos con otros ya conocidos, por lo que consideraron importante escribirlos. Es así que, el 69.2% mencionó la ley del diezmo ecológico, el 61.5% señaló los procesos de la quimiosíntesis y fotosíntesis, así como la definición de red trófica y el 50% indicó la definición de cadena alimenticia.

En el grupo 3 (a la derecha del gráfico), posiblemente se encuentran los términos que los alumnos no consideraron importantes y que corresponden a aquellos que consideran muy básicos (como la definición de energía) o totalmente desconocidos, (como las diatomeas y cianobacterias) por lo que no creyeron que fueran relevantes dentro del tema. De esta manera, se observa que el 30.7% mencionó la definición de energía, el 26.9% señaló una relación entre la materia y energía y por debajo del 12% mencionaron la función de las diatomeas y cianobacterias, así como la definición de ecosistema y solo el 3.8% colocó la fórmula química de la fotosíntesis.

5.2.2 Actividad lúdica sobre cadenas y redes tróficas

En la segunda sesión se llevó a cabo una actividad lúdica con tarjetas “Arma tu cadena trófica”, la cual consistió en que cada integrante por equipo formara una cadena alimentaria con cuatro niveles básicos.

Como lo mencionan Posligua, Chenche y Vallejo (2017), las actividades lúdicas son uno de los instrumentos más importantes para el desarrollo integral de los estudiantes ya que por este medio no solo desarrollan el aspecto intelectual, sino también el social, además de ciertas habilidades y destrezas, actitudes y valores, y la creatividad (p. 1035) .

Asimismo, estos autores señalan que el juego es una actividad lúdica que puede ser utilizada dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de una forma integradora e indicadora de objetivos; sin embargo, necesita ser aprovechada de una forma hábil por parte del docente (Posligua, Chenche y Vallejo, 2017, p. 1038).

De la misma manera, durante la actividad se pudo observar que la mayoría de los estudiantes formaron su cadena alimentaria con los niveles tróficos fundamentales; es decir, conformada por; *productor*, *consumidores* y *desintegradores*. Sin embargo, algunos estudiantes a pesar de colocar los cuatro niveles solicitados, excluyeron al productor o a los desintegradores (**Figura 8**).



Figura 8. Ejemplos de dos cadenas alimentarias formadas por los estudiantes. Como se puede observar, el alumno A colocó los niveles tróficos básicos (productor, consumidores y desintegradores), mientras que el alumno B solamente señaló al productor y a los consumidores.

Una vez concluido el juego, cada equipo formó una red trófica basándose en las cadenas de cada integrante. Durante la actividad se observó que los cinco equipos colocaron correctamente el sentido del flujo de energía. Sin embargo, a tres de ellos, correspondientes al 60% se les dificultó la interrelación entre los diversos niveles, inclusive dos de estos equipos, que equivalen al 40% colocaron al final a los desintegradores, lo cual hacía parecer que no tenían relación con los primeros niveles tróficos. Por su parte, dos equipos relacionaron de manera correcta todos los niveles tróficos (**Figura 9**).

En cuanto a lo actitudinal, en la mayoría de los equipos siempre se mantuvo buena disposición al trabajo en equipo; sin embargo, de acuerdo con la rúbrica de autoevaluación uno de ellos que equivale al 20% resaltó que faltó organización y funciones bien definidas. En los aspectos restantes, el 100% de los equipos señalaron la puntuación más alta. Así, de acuerdo con lo observado por la profesora, en el 20% de los equipos, se perdió el orden debido a algunas faltas de respeto y en tres equipos, correspondientes al 60% faltó organización y el trabajo recayó sobre una o dos personas. Lo anterior indica que no concuerda lo observado por la profesora y lo señalado por los alumnos. Una vez terminada la actividad, los alumnos continuaron trabajando con el caso.



Figura 9. Ejemplos de la formación de redes tróficas por equipos. Como se observa, todos colocaron correctamente el sentido del flujo de energía; sin embargo, el equipo A solo colocó tres cadenas alimentarias “aisladas” por lo que no formaron propiamente una red trófica. Por su parte, el equipo B, solo relacionó a los desintegradores con los consumidores terciarios, mientras que el equipo C, logró relacionar de manera correcta los diferentes niveles para formar adecuadamente una red trófica.

5.2.3 Actividad basada en la técnica de “rompecabezas (Jigsaw)”

En la tercera sesión para abordar los ciclos biogeoquímicos, se llevó a cabo una actividad basada en la técnica de “rompecabezas” o “Jigsaw”. De acuerdo con Pujolàs (2003), dado que en dicha técnica los contenidos son “fragmentados”, todos los alumnos se necesitan porque cada uno de ellos dispone de una pieza del rompecabezas, por lo que es fundamental la cooperación de todos los estudiantes (p. 8-9).

De esta manera, se conformaron cinco *equipos expertos* para cada uno de los principales ciclos biogeoquímicos (Carbono, Agua, Nitrógeno, Azufre y Fósforo). Cada equipo “armó” el ciclo correspondiente y después lo explicaron al resto del grupo. Cabe destacar que, durante la presentación, solo dos equipos, que equivalen al 40%, hicieron hincapié en el sentido del flujo de la materia y energía (**Figura 10**).

En cuanto a lo actitudinal, de acuerdo con la rúbrica de autoevaluación por equipo, el 80% de los equipos se evaluó con la puntuación más alta en todas las categorías, mientras que un equipo correspondiente al 20% señaló la falta de funciones definidas. De igual manera, que en la actividad anterior sobre redes y cadenas tróficas, esto no concuerda con lo observado por la profesora, quien señaló falta de organización, responsabilidad de todos los integrantes y falta de roles en más de un equipo.

Una vez terminada la actividad, volvieron a su *equipo base* para continuar con el análisis del estudio de caso.

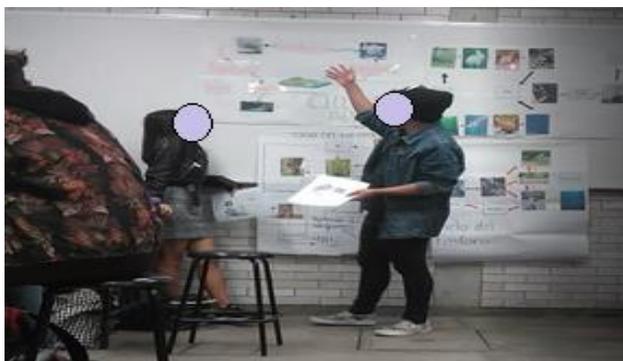


Figura 10. Una vez que los equipos expertos intercambiaron información, ahondaron en conceptos clave y construyeron un ciclo biogeoquímico; el cual, explicaron al resto de sus compañeros.

5.3 Estudio de caso

Como ya se había mencionado, el caso “Una visita a la Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA)” consta de tres partes, cada una con un propósito específico.

5.3.1 Primera parte del caso “Conociendo el matorral xerófilo de la REPSA

Durante la primera parte, las preguntas fueron organizadas con la finalidad de dar un primer acercamiento a los estudiantes con la Reserva; es decir, la identificación del contexto y las generalidades de ésta.

A continuación, se muestran las preguntas con las respectivas respuestas de los cinco equipos.

Pregunta 1. ¿Cuál consideran que es la importancia de la REPSA?

Objetivo de la Pregunta: Que los alumnos identificaran las principales características y funciones de la reserva.

Respuestas de los equipos.

1. “Es un área protegida de importancia para la vida silvestre con muchos rasgos geológicos y es manejada por el hombre con fines de conservación y así proveer oportunidades de investigación y de educación”.
2. “Es una de las pocas reservas que quedan en la CDMX, el cual también alberga un ecosistema único de matorral xerófilo, también es una zona de recarga de los mantos acuíferos”.
3. “Cuidar y salvaguardar a los seres vivos que se encuentran en ella y ayuda con diversos beneficios a la población, además de albergar diversos seres bióticos como abióticos”.
4. “La cantidad de oxígeno que aporta a la ciudad y la regulación del clima en la Ciudad de México”.
5. “Tiene en reserva a un ecosistema único de 1670 años y que ayuda a la recarga de los mantos acuíferos”.

Como se observa, solo los equipos uno, tres y cuatro, que corresponde al 60%, lograron el objetivo, al señalar ya sea de manera implícita o explícita al menos una

característica y función de la reserva; mientras que, el 40% restante, solo hizo énfasis en las características, tal cual se muestra en la narrativa del caso.

Pregunta 2. ¿Cuál creen que sea la relación entre la población humana y los ecosistemas?

Objetivo de la Pregunta: Que los estudiantes reconocieran el vínculo entre los humanos y su entorno.

Respuestas de los equipos.

1. “Se ayudan mutuamente ya que por una parte los humanos brindamos dióxido de carbono, así como nosotros dependemos del oxígeno que nos dan los ecosistemas para sobrevivir en espacios como las ciudades”.
2. “Debe ser una relación de cooperación, así como el ecosistema brinda luz, oxígeno, aire más limpio, flora y fauna, etc. El ser humano como población debe cuidar y preservar estos espacios, dejar de urbanizar las áreas verdes. El ser humano no puede subsistir sin el ecosistema y el ecosistema no puede subsistir sin el ser humano. Desgraciadamente debido al modo de vida urbano, las cuestiones ecológicas pasan a un segundo o tercer plano para la sociedad”.
3. “Que los dos van de la mano porque si uno no existiera, el otro tampoco. Además, gracias a los ecosistemas nosotros tenemos condiciones de vida buenas, pero lo explotamos sin que reciba nada a cambio”.
4. “Es complicado, porque la población humana en muchos casos no cuida a los ecosistemas que lo rodean, causando así que se tengan que crear distintas reservas ecológicas para preservarlos, cuando no debería de ser así pues todos conformamos un gran ecosistema y debemos de aprender a conservarlo”.
5. “Van relacionados porque forman parte del mismo ecosistema”.

Como se puede observar, el 100 % de los equipos contestó adecuadamente, al señalar que las personas y los ecosistemas dependen uno del otro y que, como población, el hombre forma parte de ellos. Además, algunos equipos hicieron énfasis en algunos de los servicios que brindan los ecosistemas a la población, así como la falta de preservación de las áreas naturales a pesar de todos los beneficios que brindan a las personas.

5.3.2 Segunda parte del caso “Observando el matorral xerófilo de la REPSA”

Las preguntas de la segunda parte se orientaron para que los estudiantes desarrollaran algunos ejemplos articulando los conocimientos promovidos durante la segunda y tercera sesión.

De esta manera, se muestran las preguntas con las respuestas de los cinco equipos.

Pregunta 3. Aparte del caso de la REPSA, describan ¿Dónde han observado o escuchado que ha ocurrido sucesión ecológica?

Objetivo de la Pregunta: Que los alumnos relacionaran la sucesión ecológica con algún acontecimiento de contexto real donde podrían observar dicho proceso.

Respuestas de los equipos.

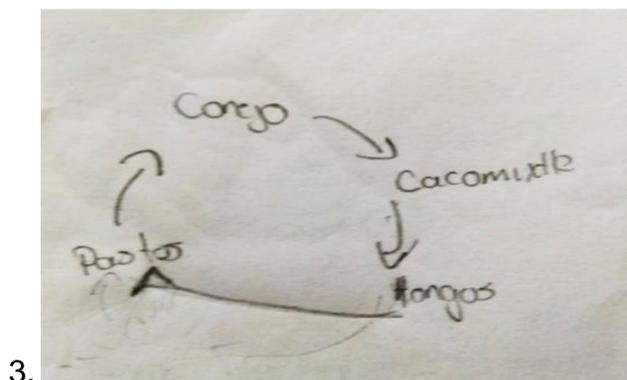
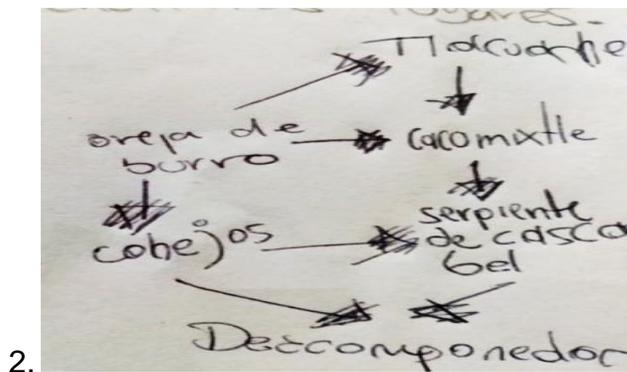
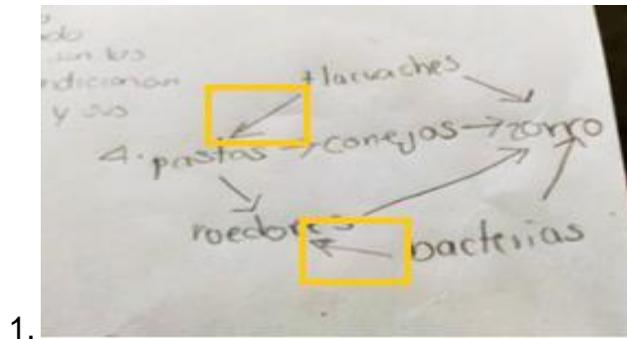
1. “Incendio del Amazonas en el 2019”.
2. “Los pastos traseros de la escuela”.
3. “Zona del Izta-Popo”.
4. “En el Amazonas”.
5. “En el Amazonas”.

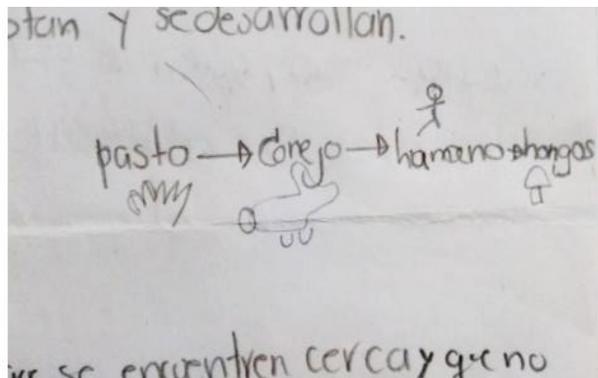
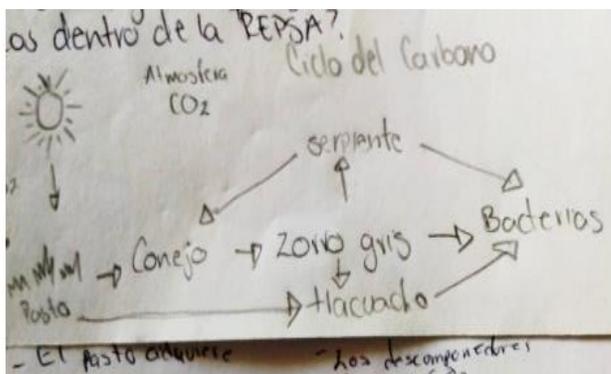
De acuerdo con las respuestas, el 100% de los equipos señaló correctamente un contexto real donde podría observarse el proceso de la sucesión ecológica. De esta manera, el 60% de los equipos colocaron la región del Amazonas como ejemplo, ya que, para las fechas de la sesión, era un suceso publicitado reciente para los estudiantes. El 20% señaló la parte trasera de la escuela, ya que observaron que hace unos años se quemó el pasto de esa zona y ya estaba volviendo a crecer la vegetación. Por su parte, el 20% restante colocó el Parque Nacional del Izta-Popo, ya que fue una región que se les presentó en las diapositivas de la segunda sesión y relacionaron dichos volcanes con el Xitle de la REPSA.

Pregunta 4. Con los elementos mencionados, esquematicen cómo se llevaría a cabo una red trófica dentro de la REPSA.

Objetivo de la Pregunta: Que los alumnos identificaran y señalaran los componentes fundamentales (niveles tróficos y sentido del flujo de energía) en la ejemplificación de una red trófica de un contexto real.

Respuestas de los equipos.



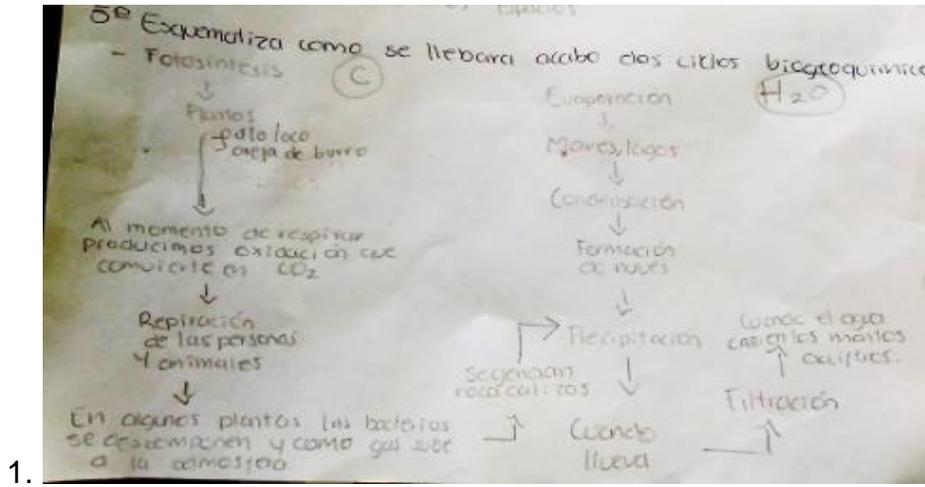


En relación con las respuestas, se observa que el 60% de los equipos -1, 2 y 4- alcanzaron el propósito de la pregunta ya que formaron adecuadamente una red trófica; no obstante, un equipo muestra errores en algunas flechas que indican el flujo de energía **-recuadros anaranjados-**. Dos equipos, que corresponden al 40% restante, no contestaron adecuadamente ya que esquematizaron una cadena alimentaria -equipos 3 y 5-; igualmente, estos equipos tuvieron otros errores como la representación del flujo de energía cíclico o la interacción del descomponedor únicamente con el nivel trófico anterior. Cabe destacar que solo el 20%, incluyó al humano en su ejemplo -equipo 5-.

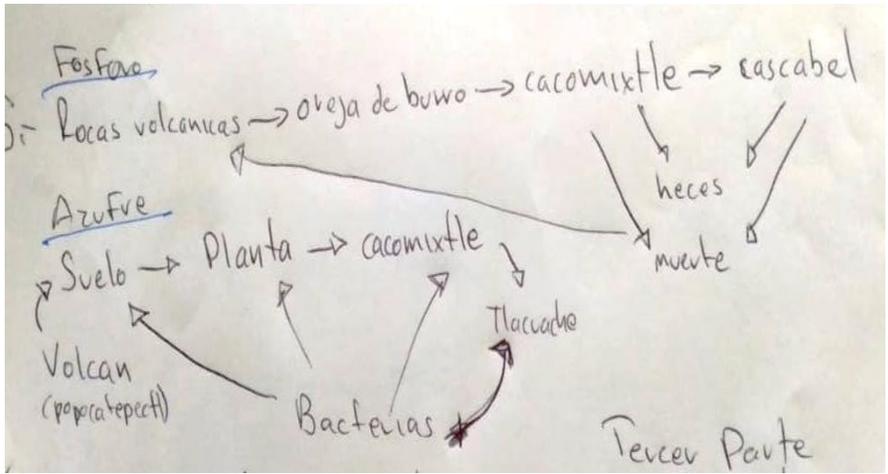
Pregunta 5. Con todos elementos señalados, esquematicen cómo se llevarían a cabo dos ciclos biogeoquímicos dentro de la REPSA.

Objetivo de la Pregunta: Que los estudiantes identificaran y relacionaran los elementos -factores bióticos y abióticos, así como el flujo de energía y materia- en la ejemplificación de dos ciclos biogeoquímicos de un contexto real.

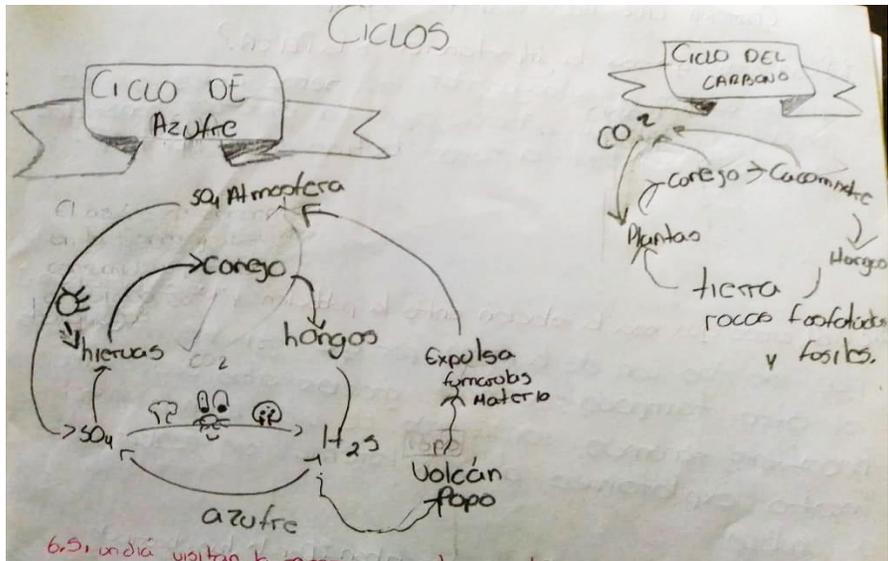
Respuestas de los equipos.



1.



2.



3.

5.3.3 Tercera parte del caso “Dejando el matorral xerófilo de la REPSA”

Estas preguntas estuvieron enfocadas a la reflexión, la argumentación y discusión del cuidado y preservación de la reserva. Además, a través de su análisis, los alumnos integraron los conocimientos de todas las sesiones.

A continuación, se muestran las preguntas con las respuestas de los cinco equipos.

Pregunta 6. Algunos autores mencionan que la sucesión de la REPSA seguirá avanzando si el crecimiento de la Ciudad lo permite. ¿Qué soluciones darían para que este proceso continúe?

Objetivo de la Pregunta: Que los alumnos propusieran algunas medidas viables para continuar con la preservación de la reserva.

Respuestas de los equipos.

1. “Contribuir a la reforestación, cuidar y proteger los espacios”.
2. “Controlar la sobrepoblación, la producción en masa, utilizar las 3 r’s (reutilizar, reducir y reciclar). Evitar construir casas muy cerca de la reserva y tal vez concientizar a la población sobre la importancia del ecosistema”.
3. “Hacerle saber a la población la importancia de la REPSA y los beneficios que nos otorga”.
4. “Disminuir la contaminación del ecosistema, al igual que a sus alrededores, tratar de informar más de su importancia en diversos medios para que la gente ayude a cuidarlo”.
5. “Reubicar a los habitantes de la zona”.

Con base en las respuestas, se observa que el 80% de los equipos alcanzaron el objetivo planteado al indicar propuestas viables, por ejemplo, que debe existir más difusión e información sobre la importancia de la reserva a la población en general; sin embargo, el 20% optó por una alternativa poco factible. Cabe destacar que ningún equipo mencionó la relación de la Universidad con el cuidado y preservación de la REPSA.

Pregunta 7. Si un día visitan la Reserva y se dan cuenta que una persona intenta llevarse un organismo (como una planta, hongo, animal, etc.). Como estudiantes de bachillerato ¿Qué le dirían?

Objetivo de la pregunta. Que los alumnos reflexionaran acerca de los efectos de la alteración de los ecosistemas al remover organismos de manera directa.

Respuestas de los equipos.

1. “Que no se lo puede llevar ya que ese organismo forma parte de una cadena y una red trófica de un ecosistema por lo que contribuye con otros organismos”.
2. “Nos acercáramos y le preguntaríamos bajo que permiso se está llevando a esa especie y lo reportaría con las autoridades, ya que esas especies son de ahí, algunas son endémicas y cada una de ellas forma parte de las cadenas tróficas del ecosistema”.
3. “Que está mal que haga eso, ya que aunque sea poco lo que está tomando, de alguna u otra manera afecta al ecosistema”.
4. “Le diríamos que no puede hacer eso, porque quizás es precisamente por eso una reserva, para que todos los componentes del ecosistema prosperen y estén en esta área, además, el organismo afuera no tendría el suficiente cuidado lo que provocaría su muerte”.
- 5.”Que no se la lleve ya que en otro lugar no tendría las condiciones que tiene dentro de la REPSA y moriría”.

Basado en las respuestas, se observó que el 100% de los equipos alcanzaron el objetivo al indicar que no es correcto que las personas intenten llevarse algún organismo de la reserva ya que podrían afectar a todo el ecosistema. Aunado a esta respuesta, dos equipos, correspondientes al 40%, mencionaron que la reserva se vería afectada dado que los organismos forman parte de las cadenas y redes tróficas del ecosistema, asimismo señalaron que de llevarse algún ser vivo, seguramente no sobreviviría ya que requiere de condiciones específicas.

Pregunta 8. ¿Por qué creen que la profesora les haya dado la indicación a los alumnos de sacudir la ropa y zapatos antes de salir de la REPSA?

Objetivo de la pregunta. Que los estudiantes reflexionaran acerca de la remoción de organismos y/o semillas de forma indirecta.

1. "Para que no se lleven ningún organismo en la ropa".
2. "Para no salir con animales, plantas, semillas o residuos tóxicos del volcán de la reserva".
3. "Porque a lo mejor podrían llevarse algún organismo como un insecto".
4. "Porque tal vez pudo haberse quedado en los zapatos o en las bolsas de los jóvenes algún animalito pequeño o algún otro organismo"
5. "Para no llevarse un organismo en algún otro lado y que se vuelva plaga".

De acuerdo con las respuestas, el 100% de los equipos indicaron respuestas adecuadas, ya que señalaron que tanto en la ropa como en los zapatos se podrían trasladar organismos o semillas fuera de la reserva.

Pregunta 9. Imaginen que un día visitan la REPSA y descubren a una persona aventando semillas; al acercarse, les muestra de su celular la siguiente información que ha circulado en redes sociales ¿Cómo estudiantes de bachillerato ¿Qué le dirían?, ¿Estarían de acuerdo, por qué?



Adaptado de Facebook, 2019

Objetivo de la pregunta. Que los estudiantes analizaran la confiabilidad de la información proveniente de redes sociales y argumentaran su posición con respecto a dicha información.

1. “Sí, porque contribuimos a que haya una sucesión ecológica y crear nuevos organismos y contribuir a las cadenas tróficas”.
2. “Eso estaría bien, pero tal vez en un lugar donde se pudieran desarrollar mejor”.
3. “Estaríamos de acuerdo, ya que es una buena idea devolver un poco al ecosistema, por lo que es algo bueno para la naturaleza”.
4. “Estaríamos de acuerdo pues es una buena idea para que haya más árboles; sin embargo, el ecosistema no sería el indicado para los árboles frutales u otras plantas, consideramos que hay otros lugares mejores para depositar las semillas”.
5. “No estamos de acuerdo porque además de que no todas las semillas crecen en cualquier lugar, el aventar semillas a la reserva podría alterar el ecosistema. O también podrían ocasionar plagas dentro de la reserva”.

Como se observa, el 60% de los equipos lograron el objetivo, ya que señalaron que a pesar de ser una buena idea, la reserva no sería un lugar adecuado para aventar las semillas frutales y reconocieron que el ecosistema podría verse afectado por esta acción. Por su parte, el 40% mencionó que sería buena idea porque beneficiaría a la reserva.

Cabe mencionar que la discusión de esta última pregunta fue clave para incorporar los conceptos revisados durante todas las sesiones, ya que los alumnos demostraron movilización de ideas y la incorporación de nuevos elementos propuestos no solo por sus compañeros de equipo, sino del grupo en general.

5.4 Resultados de la rúbrica de evaluación

Para la evaluación del caso “Una visita a la Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA)” se utilizó una rúbrica modificada de Wassermann (1994) citado por Rivera (2018), la cual permitió valorar diferentes criterios durante la discusión y argumentación de los planteamientos de cada uno de los equipos.

De acuerdo al instrumento de evaluación, los aspectos que se evaluaron se dividieron en tres criterios: 1) el *disciplinar*, el cual permitió identificar la idea principal de caso, los conceptos biológicos involucrados en la narrativa y las opiniones, suposiciones y hechos que se plantean; 2) el de las *habilidades y destrezas*, el cual contempló la interpretación de los datos de manera objetiva, la capacidad de dar ejemplos para apoyar sus ideas y la reflexión de su trabajo, así como la congruencia de sus pensamientos con su comunicación verbal y escrita; 3) el de *actitudes y valores*, en el cual se evaluó si los estudiantes escucharon y respetaron las ideas de sus compañeros, la tolerancia ante la crítica y la colaboración para facilitar la discusión por equipo y con el grupo (**Figura 11**).



Rúbrica para la evaluación del caso “Una visita a la Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA)”

Criterios	Muy bien (Siempre) %	Bien (Frecuentemente) %	Suficiente (Pocas veces) %	Insuficiente (Nunca) %
Disciplinar				
Identifica la idea principal o problema	3/5= 60	2/5= 40		
Identifica los conceptos involucrados en el caso	3/5= 60	1/5= 20	1/5= 20	
Distingue entre opinión, suposición y hecho	1/5= 20	2/5= 40	2/5= 40	
Habilidades y destrezas				
Interpreta los datos objetivamente	1/5= 20	2/5= 40	2/5= 40	
Es capaz de dar ejemplos en apoyo a sus ideas	2/5= 40	1/5= 20	2/5= 40	
Adopta la reflexión en su trabajo	4/5= 80	1/5= 20		
La calidad de sus pensamientos se refleja en su comunicación verbal	1/5= 20	3/5= 60	1/5= 20	
La calidad de su pensamiento se refleja en su comunicación escrita	2/5= 40		3/5= 60	
Actitudes y valores				

Escucha y respeta las ideas de todos los integrantes	1/5= 20	3/5= 60	1/5= 20	
Es tolerante con la crítica en contra	2/5= 40	1/5= 20	2/5= 40	
Colabora para facilitar la discusión en equipo y grupal	2/5= 40	1/5= 20	2/5= 40	

Figura 11. Resultados para cada uno de los criterios de acuerdo con la rúbrica (Adaptada de Wassermann, 1994 citado por Rivera 2018, p. 92-94).

5.4.1 Análisis de la rúbrica de evaluación para el caso “Una visita a la Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA)”

Criterios Disciplinarios

Identifica la idea principal o problema

Con base en los resultados obtenidos en la rúbrica, se observó que el 100% de los equipos alcanzó la meta de identificar la idea principal de la narrativa; de esta manera, tres equipos correspondientes al 60% fueron evaluados dentro de la categoría de “muy bien”, mientras que el 40% restante, fue ubicado en la categoría de “bien”. De acuerdo con lo señalado por Wassermann (1994, p. 197), estos alumnos son capaces de formarse una idea de conjunto cuando examinan cuestiones. Sus argumentos se centran en las grandes ideas, cuya complejidad pueden apreciar.

Por lo tanto, se considera que todos los equipos fueron capaces de identificar la idea principal sin distraerse con ideas secundarias; lo cual, es congruente con las respuestas dadas en las preguntas sobre la importancia de la reserva y la relación entre la población humana y los ecosistemas.

Identifica los conceptos involucrados en el caso

Como se observa, tres equipos correspondientes al 60%, identificaron adecuadamente todos conceptos, siendo calificados en la categoría “muy bien”. Estos alumnos fueron capaces de leer, ver u observar datos y obtener de ellos significados inteligentes y racionales. Las interpretaciones que hicieron están basadas en los conceptos y datos, y los significados que obtuvieron fueron lógicos y reflejaron lo que era importante (Wassermann, 1994, p. 200). Esto puede observarse en la sistematización de datos del caso para la construcción de dos ciclos biogeoquímicos, en los cuales los equipos, aún con algunos errores, señalaron de manera apropiada, los diversos niveles tróficos, el flujo de energía y materia.

Mientras que un equipo, correspondiente al 20%, fue ubicado en la categoría “bien”, por identificar menos conceptos y dado que el 20% restante solo señaló pocos conceptos, fue situado en la categoría “suficiente”. Como lo señala, Wassermann (1994, p. 200), estos alumnos se precipitaron a obtener conclusiones sin contar con datos adecuados que las respalden o cuando no hay datos suficientes para justificarlas. También tergiversaron los datos para sustentar ideas y el resultado fue un desacuerdo entre lo que ellos creyeron y dijeron.

Como podemos observar, estos equipos no lograron construir de manera adecuada los ciclos biogeoquímicos, siendo que un equipo prefirió narrar un ejemplo, en vez de esquematizarlo; y el otro, ejemplificó solamente basado en sus ideas previas, y no tomó en consideración los datos y conceptos que se encontraban dentro del caso.

Distingue entre opinión, suposición y hecho

De acuerdo con la rúbrica, un equipo correspondiente al 20% se ubicó en la categoría de “muy bien”, mientras que un 40% equivalente a dos equipos, fue evaluado en la categoría “bien”. De esta manera, observamos que este 60% de los equipos tuvieron clara la diferencia entre opiniones y hechos, usaron calificativos como “tal vez”, “quizá” o “al parecer” cuando hubo razones para ser cautelosos al ofrecer opiniones o formular suposiciones. En sus argumentos indicaron cuando están seguros (hechos) y cuando deben ser cautelosos (opiniones y suposiciones) (Wassermann, 1994, p. 200).

La identificación de estos conceptos es útil para desarrollar el juicio crítico, por lo que cuando los estudiantes son capaces de formular opiniones propias cautelosas, están aprendiendo a desarrollar el pensamiento crítico (Digeduca, 2018, p. 2).

Por su parte, el restante 40% que corresponde a dos equipos, fueron asignados en “suficiente”. Estos alumnos utilizaron las opiniones y las suposiciones de manera intercambiable con los hechos, por lo que no resultó claro si tenían conciencia de que los hechos sugieren certeza y las suposiciones y opiniones debían ser empleados con cautela. En consecuencia, sus argumentos no se basaron en hechos sino en creencias personales y especulaciones que van mucho más allá de los datos (Wassermann, 1994, p. 199).

Lo anterior concuerda con las respuestas dadas principalmente en la tercera parte del caso, donde los equipos ofrecieron respuestas para el cuidado y preservación de la REPSA.

Habilidades y destrezas

Interpreta los datos objetivamente

Los datos que se obtuvieron fueron iguales a los del criterio anterior. Por lo que a través de estos se puede corroborar que aquellos equipos capaces de interpretar objetivamente los datos también son capaces de distinguir entre suposiciones, opiniones y hechos, por lo tanto, son capaces de construir una idea general de la idea principal de la narrativa lo más apegada a su realidad.

Es capaz de dar ejemplos en apoyo a sus ideas

Con base en la rúbrica, en dos equipos que corresponden al 40% fueron calificados como “muy bien”, un equipo, que equivale al 20% fue evaluado en la categoría de “bien”. Por lo que el 60% de equipos fueron capaces de proporcionar ejemplos convenientes, con apoyo de diferentes puntos de vista. Como lo señalan Forero, Bareño y Duarte (2016), mediante la buena ejemplificación los alumnos desarrollan la argumentación, que es una pieza importante de la retórica y que, a través de ésta, se logra convencer al auditorio sobre un tema o una idea en particular (p. 139).

Por otro lado, dos equipos correspondientes al 20% se situaron en la categoría de “suficiente”, por lo que estos alumnos son incapaces de proporcionar ejemplos para

sustentar sus argumentos. Puede ocurrir que sean incapaces de hallar ejemplos o que sus ejemplos no sean adecuados para respaldar sus argumentos (Forero, Bareño y Duarte. 2016, p. 140).

Lo anterior se puede observar en las respuestas de los equipos al ejemplificar sobre la formación de una red trófica dentro de la reserva.

Adopta la reflexión en su trabajo

Como se observa en la rúbrica, cuatro equipos correspondientes al 80% fueron ubicados en la categoría “muy bien”, mientras que el 20% restante fue calificado como “bien”. Lo cual indica que el estímulo del diálogo y experiencias grupales ofrecen al estudiante tanto la oportunidad de trabajar de manera colaborativa en la construcción de significados, como también en la búsqueda de soluciones a determinados problemas (Matos, 2006, p. 68).

De manera general, podemos corroborar lo anterior, con las respuestas de la última pregunta, en la cual tenían que tomar decisiones con base en lo que circula en redes sociales, el cuidado y preservación de la reserva.

La calidad de sus pensamientos se refleja en su comunicación verbal

Lo que se obtuvo al evaluar este criterio es que uno de cinco equipos, que corresponde al 20%, fue situado en la categoría “muy bien”, dado que al momento de expresar sus ideas lo hicieron utilizando términos técnicos y científicos del tema, principalmente en la tercera parte del caso, donde la reflexión conjuntaba los conocimientos de las sesiones anteriores. Mientras que en tres equipos equivalente al 60% fue evaluado como “bien”, ya que al momento de las discusiones de plenaria utilizaron un lenguaje más coloquial, buscaban palabras muy comunes para darse entender, y les costó más trabajo utilizar términos técnicos.

El 80% de los equipos dieron prueba de un pensamiento de calidad en la comunicación oral de sus ideas. Cuando se expresaron, su lenguaje fue claro y lo que dijeron estuvo basado en datos; asimismo, fueron capaces de dar ejemplos legítimos para sustentar sus puntos de vista. Cuando hablaron, fue fácil entender lo que decían y seguir el hilo de su razonamiento (Wassermann, 1994, p. 202).

Por su parte, un equipo correspondiente al 20% restante fue calificado en la categoría “suficiente”, debido a que, al expresarse, sus integrantes no terminaban sus ideas ya que no sabían cómo hacerse entender frente al grupo. Probablemente esto pudo deberse a que no llevaron una discusión interna adecuada, porque no organizaron y clarificaron sus ideas individuales y por lo tanto, tampoco las colectivas.

Wassermann (1994, p. 202), menciona que es posible que las ideas de estos alumnos fueron improvisadas y por lo tanto carecieron de conexión. En ocasiones no dieron ejemplos legítimos que apoyaron sus ideas y sus presentaciones orales produjeron la impresión de ideas incompresibles e incoherentes.

La calidad de su pensamiento se refleja en su comunicación escrita

De acuerdo con la rúbrica, dos de cinco equipos que equivale al 40%, fue evaluado como “muy bien”, porque siempre se mostraron coherentes entre lo que expresaban oralmente y por escrito, también formularon construcciones gramáticas que integraron conocimientos técnicos. Además, mostraron orden, limpieza, buena redacción y ortografía. Estos alumnos fueron capaces de dar prueba de un pensamiento de calidad en sus escritos, las ideas que consignaron estuvieron presentadas claramente y fueron capaces de dar ejemplos que aclararon lo que querían decir (Wassermann, 1994, p. 201).

Mientras que tres equipos, correspondiente al 60% en ciertos momentos no mostró esa coherencia al hablar y al escribir, además de que la expresión de sus ideas fue en un sentido más coloquial que técnico-científico por lo que fueron asignados en la categoría de “suficiente”. Como lo señala Wassermann (1994, p. 201), estos alumnos no reflexionaron detenidamente y por lo tanto no siempre tuvieron ideas claras, lo que pudo resultar en la incapacidad para trasladar sus pensamientos al papel y así, organizar sus ideas de forma coherente y lógica.

Actitudes y valores

Escucha y respeta las ideas de todos los integrantes

De acuerdo con la rúbrica un equipo (20%) fue evaluado como “muy bien”, lo cual corresponde a que en todo momento sus integrantes escucharon con respeto las opiniones de los demás, no sólo del mismo equipo sino del grupo en general. De igual manera, tres equipos (60%) fueron situados en la categoría de “bien” debido a que se observó menor organización al momento de que los integrantes tomaban la palabra y se expresaban dentro del equipo, sin embargo, siempre dieron ideas asertivas sobre lo que se comentaba en las plenarios

Lo anterior permite observar que el 80% de los equipos fueron capaces de prestar atención a las ideas de sus compañeros, sin embargo, sólo el 20% de los equipos no sólo escucharon atenta y cuidadosamente, sino que fueron capaces de percibir el sentido de lo que expusieron los demás (Wassermann, 1994, p. 203).

Por otra parte, un equipo (20%) fue evaluado como “suficiente”, estos alumnos no siempre mostraron respeto a las ideas ajenas y en algunos momentos parecían no escuchar. En lugar de prestar atención en lo que expresaban los demás equipos, quizá sólo pensaban en lo que iban a contestar ya que en sus respuestas no se referían a las ideas de los demás su principal preocupación era oír sus propias ideas (Wassermann, 1994, p. 203).

Es tolerante con la crítica en contra

Los datos obtenidos muestran que dos equipos (40%) fueron evaluados como “muy bien”, mientras que a un equipo (20%) se le evaluó como “bien”, debido a que siempre se mostraron respetuosos cuando otro equipo no concordaba con sus ideas o hacía algún tipo de crítica hacia sus comentarios. Estos alumnos, aunque tienen creencias propias arraigadas, mostraron disposición a considerar las ideas o los datos que no concordaban con los propios. Cuando examinaron las ideas diferentes lo hicieron cuidadosa y racionalmente, tratando de determinar si los datos discrepantes podían ser integrados a su sistema de creencias.

Por otro lado, los integrantes de un equipo que equivale al 20% mostraron menor tolerancia con ideas opuestas a las suyas, por lo que fueron calificados como “suficiente”. En ciertas preguntas se aferraban a sus respuestas, aún reflexionando

en plenaria que no podían ser del todo correctas. De esta manera, estos alumnos fueron incapaces de reconocer la validez a ideas que fueron distintas de las propias. Se mostraron dogmáticos en cuanto a sus puntos de vista e intransigentes en su rechazo de los datos no concordantes (Wassermann, 1994, p. 199).

González (2001) señala que a través de la escuela se debe ofrecer a los alumnos saberes que incluyan valores, actitudes y pautas de comportamiento. Es por ello, que, para la promoción de la tolerancia, ha de conseguirse un ambiente democrático en el aula y propiciarse la comprensión, el diálogo, la cooperación y el compromiso solidario con los demás (p. 12).

Colabora para facilitar la discusión en equipo y grupal

De acuerdo con los datos obtenidos, dos equipos (40%) fueron evaluados como “muy bien”, mientras que a un equipo (20%) se le evaluó como “bien”. Lo anterior permite observar que el 60% de los equipos fueron oyentes activos; es decir, que estuvieron preparados para oír las ideas de los demás miembros; sin embargo, solo en el 40% de los equipos existió apoyo entre sus integrantes y respetaron todas las ideas, tanto las que concuerdan y las que no, con las propias, fueron buenos miembros del grupo, porque no se mostraron dogmáticos al exponer sus ideas y su flexibilidad les permitió compartir puntos de vista diferentes. Por lo que éste equipo pudo reconocer que la escucha y el respeto es apreciar la dignidad de otra persona, y considerar su libertad para comportarse tal cual es, de acuerdo con su voluntad, intereses, opiniones, sin tratar de imponer una determinada forma de ser y de pensar (Wassermann, 1994, p. 204; Uranga, Rentería y de González., 2016, p. 190).

Por otra parte, dos equipos (40%) fueron evaluados como “suficiente”, estos alumnos quizás fueron dogmáticos con respecto a sus ideas, no siempre mostraron interés a las ideas ajenas e inclusive en algunos momentos “acapararon” el momento de su participación por su falta de organización (Wassermann, 1994, p. 204).

Capítulo 6. Discusión de resultados

6.1 Interpretación de resultados obtenidos en el pre test y pos test

Generalmente cuando los alumnos llegan a las aulas no lo hacen con la mente en blanco, por el contrario, cuentan con ideas propias para interpretar los fenómenos de la naturaleza y el mundo que los rodea. En algunos casos, estas concepciones concuerdan con los nuevos conocimientos enseñados en clase; sin embargo, a veces existen contradicciones entre sus creencias que no coinciden con las ideas científicamente aceptadas (Mahmud y Gutiérrez, 2010, p. 12).

Dado que estas ideas previas influyen en como los estudiantes aprenden el nuevo conocimiento científico, Mahmud y Gutiérrez (2010) establecen que es necesario que el docente conozca las ideas que tienen los alumnos para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de cualquier tema (p. 13).

De esta manera, al inicio de la presente estrategia para identificar los conocimientos previos se aplicó un *pre test* y al finalizarla se empleó un *pos test*. De acuerdo con la comparación de ambas pruebas, se puede inferir que existió una reestructuración conceptual del tema en la mayoría de los alumnos, ya que en su mayoría lograron diferenciar con mayor claridad términos como cadenas y redes tróficas, así como las diferencias en ambas; además, lograron identificar sus componentes, tales como los diferentes niveles tróficos, así como el flujo de energía y materia en los ciclos biogeoquímicos.

Asimismo, en algunas respuestas se pudo observar que hay ideas previas arraigadas en los estudiantes, ya que en ambas pruebas presentaron respuestas similares, por lo que el cambio no fue significativo, principalmente al tratarse de la esquematización del flujo de energía en las cadenas alimentarias, ya que un porcentaje importante siguió señalándolo de manera cíclica, 30.7% en el *pre test* vs 19.2% en el *pos test*. Es decir, sólo el 11.5% logró una reestructuración conceptual, lo cual podría interpretarse como que los estudiantes identifican con mayor claridad el flujo de materia más que el de energía, y que solo asocian a los productores con los descomponedores porque tienen más clara la función de este último nivel, que es la de regresar al suelo los nutrientes, para que puedan ser nuevamente incorporados

por los productores y sea reutilizado, de ahí que no asocien a los descomponedores con los otros niveles, ni con el flujo de energía (Leones *et al.*, 2010, p. 37-38).

Como se señala en la literatura, las ideas previas son construcciones que los estudiantes elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos o conceptos, y para brindar explicaciones, descripciones o predicciones. Son construcciones personales, pero a la vez son universales y muy resistentes al cambio; muchas veces persisten a pesar de largos años de instrucción escolarizada. Este pensamiento alternativo se conoce esquema representacional y si los estudiantes encuentran información que contradiga sus esquemas, es difícil para ellos aceptarla, porque les parece errónea. Por ello, es muy importante conocer sus ideas previas y reflexionar sobre la importancia que tienen en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia (Bello, 2004, p. 210-211).

Moreira y Greca (2003) señalan que cuando las estrategias de cambio conceptual son bien sucedidas, en términos de aprendizaje significativo, lo que hacen es agregar nuevos significados a las concepciones ya existentes. Es decir, la concepción se torna más elaborada en términos de significados agregados a ella, o evoluciona sin perder su identidad. De esta manera, todo el proceso requiere de un tiempo prolongado, en donde se tienen que reforzar los conocimientos y aplicarlos en situaciones problema para hacer uso de ello (p. 12-13). Y aunque en la presente estrategia se realizaron diversas actividades de corte constructivista para lograr el cambio conceptual sobre el flujo de energía, no se pudo lograr en un porcentaje importante.

Como ya se mencionó, no solo existió una reestructuración en las preguntas de respuesta abierta, sino también en las de opción múltiple, y aunque algunos autores señalan que las evaluaciones cerradas no se centran en apuntalar y corregir el proceso de adquisición de conocimientos y que por lo tanto lo adquirido por el estudiante se quede en los niveles cognoscitivos más elementales (Martínez y Verdejo, 2017, p. 15); también es cierto que pueden diseñarse preguntas de opción que midan actividades intelectuales de orden superior como la capacidad de síntesis y análisis (González, 2003, p. 8). Además, se sabe que en la realidad, los estudiantes

seguirán enfrentándose a este tipo de pruebas para diferentes finalidades, por ejemplo, una de las más fundamentales, el ingreso a otro nivel educativo.

6.2 Interpretación de resultados de actividades complementarias al caso

Dado que el quehacer científico es una actividad de construcción de modelos que permitan explicar y predecir fenómenos, se deben buscar estrategias en educación que permitan mediar entre la teoría y la realidad y que sean fáciles de comprender por los estudiantes, por lo que debe trabajarse de forma adecuada a la edad y a la etapa en que se encuentren. Así, es posible involucrar a los estudiantes, paulatina y gradualmente, en actividades que les ayuden a vislumbrar la distancia que existe entre los modelos utilizados para representar los fenómenos del mundo natural y de la realidad misma (Leones *et al.*, 2010, p. 35).

Por lo anterior, en el presente trabajo se implementaron diversas actividades con las cuales se fue guiando poco a poco a los estudiantes al análisis y reflexión del caso “Una visita a la Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA)”, y así generar interés y motivación del alumnado por los contenidos.

De primera instancia, a través de la exposición-discusión de una presentación PowerPoint se explicaron las generalidades de los ecosistemas con la finalidad de introducir a los alumnos al tema. Gil y Martínez (1992), mencionan que dado que el ecosistema es un término abstracto en el que intervienen otros conceptos, es fundamental el conocimiento previo de los elementos que lo componen (p. 69).

Por esta razón, se utilizó un organizador gráfico de diagrama de árbol en el que los estudiantes colocaron los términos que consideraron más importantes para el tema. Con base en lo observado, los resultados se dividieron en tres grupos: 1) de 20 a 26 menciones, 2) de 10 a 19 menciones y 3) menos de 10 menciones.

En el primer grupo se encontraron términos como; *niveles tróficos* (o al menos mencionaron alguno de ellos), *energía*, *factores bióticos y abióticos*, entre otros. Probablemente, los estudiantes identificaron como primordiales a estos conceptos debido a su formación escolar, ya que como señalan Sánchez y Pontes (2010) los temas ecológicos y ambientales tienen una presencia importante en los currículos de

ciencias no solo a nivel bachillerato, sino también primaria y secundaria (p. 272). Seguramente debido a sus conocimientos previos, un porcentaje importante de los alumnos reconocieron dichos términos como los centrales y fundamentales.

En el segundo grupo se localizaron términos como; *diezmo ecológico*, *red trófica*, *quimiosintético*, entre otros. Quizá estos conceptos fueron nuevos para los estudiantes, pero a través de la presentación pudieron relacionarlos estrecha y claramente con los del grupo anterior. Esto concuerda con lo descrito en la literatura, la cual señala que en las presentaciones PowerPoint, los estudiantes desarrollan el pensamiento lateral aun cuando no hayan sido creadores de la presentación, por lo que presentan fluidez en la expresión de sus ideas; además, con buenas diapositivas; es decir, al ser más visuales y no llenas de texto, se les facilita expresar con mayor amplitud, rapidez y confianza la lluvia de ideas o conocimientos específicos del tema en clase (Mesía, 2011, p. 162; Muñoz, 2013, p. 269).

Cabe mencionar que en todo momento se aclararon las dudas, asimismo, gracias a la técnica de exposición-discusión existió una participación en todo momento; además, se les otorgaron unos minutos entre diapositivas para tomar apuntes e inclusive se generaron momentos de humor que aligeraron la clase; de esta manera, se propició un ambiente de confianza que permitió mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje no solo en esa sesión, sino también en las posteriores.

En el tercer grupo, algunos términos fueron mencionados en menor proporción probablemente porque nunca habían escuchado de ellos o porque su conocimiento era poco, tales como las *diatomeas* y *cianobacterias*. Sin embargo, otros de ellos eran de su conocimiento, pero no los consideraron importantes tales como; *definición de energía*, *la relación energía-materia*, *fórmula química de la fotosíntesis*, entre otros, quizá porque eran términos relacionados más a otras asignaturas como Física o Química. Al respecto, Pedroza y Argüello (2002), señalan que una grave problemática dentro de los sistemas educativos es el hecho de que prevalece una incomunicación entre disciplinas, lo que ha dificultado avanzar en el desarrollo de diversos temas, entre ellos, la educación ambiental (p. 287) .

Por lo anterior, es necesario que en la educación en general, y en este caso tratándose de temas ecológicos, se fomente una visión integradora, a partir de la

interacción de distintas disciplinas con la finalidad de ir más lejos que la visión unidisciplinaria, de esta manera, sería de primera instancia interdisciplinario para posteriormente (e idealmente) llegar a un currículo de tipo multidisciplinario (Pedroza y Argüello, 2002, p. 286).

Por su parte, la implementación de la actividad lúdica sobre las cadenas tróficas terrestres promovió un ambiente agradable para el trabajo. El hecho de que cada una de las tarjetas tenía impresa algún organismo, permitió que la comunicación entre los integrantes de los equipos fuera más fluida, ya que algunos desconocían el organismo impreso en la tarjeta y los alumnos que si lo conocían explicaban todo lo relacionado al mismo, esto también permitió que se generara curiosidad e interés por el tema. Cabe mencionar que, dado que los equipos fueron formados por la profesora, de primera instancia se mostraron apáticos al trabajo porque no era el equipo con el que solían trabajar cotidianamente; sin embargo, actividades de este tipo, los acercaron para mejorar la comunicación y el trabajo en grupo.

Lo anterior, concuerda con lo descrito por Velásquez (2008) quien menciona que en un ambiente lúdico se promueve un mayor acercamiento entre las personas y una interacción constante que permite que afloren la comunicación y la ayuda mutua, rompiendo las barreras que separan a los individuos (p. 148).

Asimismo, la actividad permitió que los alumnos reconocieran los diferentes niveles tróficos; sin embargo, se observaron ciertos errores en la construcción individual de las cadenas alimentarias principalmente relacionados al desconocimiento de los hábitos alimentarios de algunos organismos, por lo que lo colocaban en algún nivel erróneo. Además, algunos estudiantes no colocaron descomponedores en la cadena, y en ocasiones cuando los colocaron, solo los asociaron a los productores. En este contexto, Sánchez y Pontes (2010) señalan que algunas ideas previas de los estudiantes muestran que le dan más importancia a los depredadores respecto a las presas, olvidando a los productores o los descomponedores, además han observado que algunos alumnos no relacionan a microorganismos con la descomposición y las transformaciones que experimentan los organismos muertos, los excrementos o los productos en descomposición en el ecosistema, razón por la

que no asocian al grupo de los descomponedores con los demás niveles tróficos (p. 275).

Por lo anterior, Leones *et al* (2010) afirman que se deben utilizar estímulos visuales para que el alumnado identifique las relaciones tróficas entre las distintas especies. Además, se debe involucrar a los alumnos, paulatina y gradualmente, en actividades que los ayuden a vislumbrar la distancia que existe entre los modelos que se utilizan para representar los fenómenos del mundo natural y la realidad misma (p. 52).

Por esta razón, después de la actividad lúdica sobre las cadenas alimentarias, se realizó por equipo, una red trófica, y aunque las relaciones tróficas representadas siguieron presentando ciertos errores, mejoraron bastante con respecto a la primera actividad, inclusive lograron señalar el sentido de las flechas como el flujo de energía dentro de las relaciones tróficas, no como: “quién se come a quién”.

Leones *et al.* (2010) señalan que tanto las cadenas o redes tróficas son conceptos abstractos para los estudiantes y que constituyen interpretaciones parciales de la realidad. Si bien es posible que los alumnos hayan observado un herbívoro alimentándose de una planta, esto no quiere decir que identifiquen la situación como una cadena alimentaria, mucho menos que puedan interpretarla como parte de una red trófica y que forman parte de los ciclos de la materia. Estos autores, mencionan que el uso de diagramas se debe utilizar para que los alumnos reconozcan la importancia de reconocer las generalizaciones que median entre éstos y la realidad (p. 33).

Algunos autores sugieren que para abordar la complejidad entre las cadenas y redes tróficas se debe discutir con los alumnos más de un modelo conceptual para representar un mismo fenómeno. En algunos casos es posible a partir de una representación más básica e ir complicándola paulatinamente (Leones *et al.*, 2010, p. 54), tal como se realizó en el presente trabajo.

Con respecto a la actividad basada en la técnica de “rompecabezas” o “*Jigsaw*” que se empleó para trabajar los principales ciclos biogeoquímicos, al formar los *grupos expertos*, algunos alumnos se mostraron renuentes porque tenían que volver a cambiar de equipo; sin embargo, al hacerles ver que cada integrante sería responsable de un ciclo al regresar al *equipo base*, mostraron una mejor disposición

al trabajo y aunque no era el equipo con el que acostumbraban trabajar ni el equipo base con el que habían trabajado las sesiones anteriores, en todo momento se retroalimentaron entre ellos, y aunque la profesora pasaba a revisar periódicamente el trabajo de cada equipo, muy pocas veces le pidieron ayuda.

De acuerdo con lo anterior, Guijarro, Babiloni y Fernández (2014) señalan que la principal característica de las técnicas de cooperación como la técnica de rompecabezas, es que los propios alumnos, trabajando en equipo, son los que hacen de tutores del aprendizaje de sus compañeros siendo, a la vez, guiados por ellos mismos. De este modo, se produce una interdependencia positiva al trabajar juntos, ya que cada cual podrá alcanzar sus objetivos si los demás consiguen los propios; es decir, los alumnos no dependen excesivamente del profesor, sino que son ellos los constructores de su propio aprendizaje y el de sus compañeros (p. 496).

En cuanto a la parte conceptual sobre los ciclos, cada equipo experto construyó adecuadamente el ciclo biogeoquímico correspondiente; sin embargo, cuando pasaron a explicarlos al resto de sus compañeros se les dificultó darse a entender, por lo que solo dos equipos que corresponden al 40% hicieron énfasis en la diferencia del flujo de materia y energía. Cabe mencionar que en todo momento la profesora retroalimentaba con la explicación de los equipos para una mejor comprensión del tema.

Lo anterior probablemente ocurrió a causa de que la mayoría de los estudiantes utilizan modelos mentales sencillos para explicar las relaciones entre los distintos componentes de los ecosistemas, y aunque en el presente trabajo se plantearon actividades en las que los estudiantes pudieron desarrollar destrezas relacionadas con el razonamiento como lo sugiere la literatura, la complejidad de los modelos teóricos que explican el funcionamiento de los ciclos hace necesaria una alta capacidad de abstracción que permita interpretar de forma adecuada las relaciones e interacciones del ecosistema (Estevé y Jaén, 2013, p. 78).

En las actividades relacionadas a los niveles tróficos y ciclos biogeoquímicos se les proporcionó a los alumnos una rúbrica para autoevaluar el trabajo en equipo. Los resultados mostraron que los equipos evaluaron de forma positiva la mayoría de las

dimensiones de la rúbrica, a excepción de las funciones donde señalaron algunas dificultades.

Sin embargo, se observó que no solo en el papel que desempeñaron tuvieron problemas, aunque de manera general los equipos trabajaron bien; no fueron honestos en otros aspectos, ya que faltó organización en algunos de los equipos, no todos los integrantes compartieron la responsabilidad y en algunos no siempre hubo respeto, pero al momento de la autoevaluación, la mayoría de los equipos lo hizo de manera positiva. Posiblemente porque los alumnos no están acostumbrados a las autoevaluaciones, ya que de manera general su trayectoria escolar ha sido por medio de heteroevaluaciones, además de que al momento de escuchar “evaluación”, inmediatamente piensan que el resultado va directamente a una calificación y esto puede afectar el propósito de la rúbrica.

De acuerdo con la literatura, algunos profesores se niegan a usar este tipo de evaluación debido a la corta edad o inmadurez de los alumnos, ya que tergiversarían el uso de dicho instrumento y que, específicamente, en el caso de transformarse en calificación estaría siendo utilizada con intereses propios asociados a la obtención de una buena calificación sin esfuerzo suficiente. Sin embargo, se le reconoce su relevancia en el proceso enseñanza-aprendizaje, ya que brinda mayor autonomía al alumno en su aprendizaje, lo que se denomina “autorregulación de los aprendizajes” (Rodríguez y Hernández, 2014, p. 16), asimismo, como ellos conocen mejor que el tutor el grado de participación de cada miembro del grupo, pueden puntuar con más fundamento algunos aspectos (Bermejo y Pedraza, 2018, p. 94).

Además, la autoevaluación desarrolla en los estudiantes capacidades y actitudes deseables para la futura vida profesional; aumentando su sentido de la responsabilidad y la autonomía, que adquieran una competencia cognitiva de alto nivel, como la capacidad de evaluar; que aprendan sobre los criterios de un trabajo bien hecho, y a juzgar hasta qué punto su trabajo se ajusta a esos criterios e ir incorporando la ética y la responsabilidad profesional (Bermejo y Pedraza, 2018, p. 95). De esta manera, es necesario que no solo es profesor sea el agente evaluador, sino también otorgarles la responsabilidad a los estudiantes en coevaluaciones y

autoevaluaciones con la finalidad de acercarlos a una objetividad de su trabajo y el de pares.

6.3 Interpretación de resultados obtenidos en el estudio de caso

La narrativa del caso “Una visita a la Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA)” se diseñó para cubrir los requerimientos del tema sobre niveles tróficos, flujo de materia y energía, de la Unidad 2. ¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?, perteneciente al Programa de Estudio de Biología II (2016) del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM. Cabe mencionar que en la literatura no se encontró ningún caso elaborado y validado para dar soporte a este tema en ningún nivel educativo, por lo que se optó por diseñar el caso de la REPSA basado en algunas referencias bibliográficas que señalan las características de la reserva, añadiendo un relato amable y de fácil comprensión que propiciara el interés de los estudiantes.

En este sentido, la aplicación y evaluación del caso, promovió la utilización de las ideas previas de los alumnos, así como el nuevo conocimiento generado con las actividades complementarias a la narrativa, esta interacción de ideas previas y el nuevo conocimiento generaron en los alumnos una forma diferente de interpretar, entender y analizar el desarrollo de la narrativa. Para Díaz-Barriga (2003) la confrontación de los conocimientos de los estudiantes para buscar diferentes soluciones e interpretaciones es esencial en el proceso de aprendizaje científico, ya que les permite poner a prueba sus aprendizajes (p. 83).

Asimismo, el caso se planteó desde un contexto con características y algunas problemáticas reales de la Reserva del Pedregal de San Ángel, en las que los alumnos debían analizar y discutir para tomar una postura, reflexionar y tomar decisiones en cada una de las situaciones. Esteve y Jaén (2013) señalan que los docentes deben proyectar el estudio de procesos naturales desde enfoques globalizadores que permitan abordar nuestro planeta como un sistema complejo, constituido a su vez, por subsistemas interrelacionados e interdependientes; haciendo especial énfasis en los efectos producidos por las actividades humanas (p. 79).

Así, al acercar estos contenidos a contextos reales, contribuirá a asociar la ciencia con problemáticas sociales y ambientales actuales, y ayudará a los estudiantes a ser conscientes del papel del ser humano en una sociedad en continuo cambio, además de promover su interés por la dinámica de los ecosistemas (Esteve y Jeán, 2013, p. 81).

Por su parte, como estrategia didáctica, el estudio de caso favoreció la incorporación e integración de los conocimientos sobre niveles tróficos, flujo de materia y energía, ya que a través de la narrativa se favoreció la participación constante de los alumnos y promovió aprendizajes de diferentes aspectos, como los biológicos, sociales y culturales. Prueba de ello es que los alumnos identificaron cómo podrían llevarse a cabo algunos ciclos biogeoquímicos dentro de la reserva, integrando los niveles tróficos, la relación del flujo de energía y materia. En lo que respecta a lo social y cultural, propusieron soluciones para la preservación y el cuidado de la REPSA, mediante la discusión y análisis sobre la remoción directa e indirecta de organismos, la introducción de especies no nativas y la interacción de la población humana con la reserva.

Además, se discutió sobre el tema de la sucesión ecológica, que, aunque no está incluido como aprendizaje central dentro del programa de Biología II, es un contenido elemental para comprender algunos procesos que se llevan en los ecosistemas. Al respecto, Ibarra y Gil (2009), mencionan que el estudio de la sucesión ecológica debe aportar conocimiento sobre cómo pueden predecirse los cambios en los ecosistemas y, en ese sentido, está estrechamente relacionado con la construcción de criterios científicos para la protección de áreas naturales y las posibilidades de restauración de hábitats degradados, los cuales son contenidos importantes para una educación ambiental (p. 20). De esta manera, comprender este proceso permitió a los estudiantes no solo explicar algunos cambios dentro de la REPSA, sino también en lo que ocurre en otros ecosistemas.

Por otro lado, el caso también promovió el respeto por las ideas propias y las de sus compañeros, así como la discusión, la crítica fundamentada para la solución de situaciones problema y la reflexión sobre la importancia de los ecosistemas y sus procesos. De esta manera, cumple con las características propuestas por

Wassermann (1994) ya que la narrativa está vinculada al currículo, permite focalizar ideas y conceptos importantes, es de fácil comprensión con un lenguaje claro y concreto para los estudiantes de bachillerato, está enfocada en un contexto real que propicia el interés de los estudiantes (p. 20-28) y en este caso en particular, es un sitio cercano y de fácil acceso a los alumnos.

Para la evaluación del caso, se utilizó una rúbrica que permitió evaluar tres aspectos; disciplinar, habilidades/destrezas y actitudes/valores. A través de estos criterios pudimos observar que el caso promovió que los alumnos incorporaran elementos científicos revisados en cada una de las sesiones e hicieron uso de sus aprendizajes para resolver cada una de las cuestiones; también dieron ejemplos claros sobre sucesión ecológica y cómo creen que se llevan a cabo algunos ciclos biogeoquímicos a pesar de ser algo tan abstracto. Sin embargo, no todos los equipos fueron tolerantes a la crítica y en ocasiones existieron faltas de respeto tanto de manera interna como en las discusiones en plenaria.

A pesar de lo anterior, dado que las preguntas en el estudio de caso no se plantean con la finalidad de ser erróneas o correctas, la mayoría de los equipos pudieron discutir libremente cada una de sus respuestas y compartir sus inquietudes, dudas e inclusive compartieron conocimientos más allá de la narrativa con el resto de sus compañeros.

En este sentido, Revel (2013) señala que es necesaria la implementación de estudios de caso en la enseñanza de la Biología, en especial para aquellas cuestiones de carácter complejo como lo es la enseñanza de los ecosistemas, ya que tópicos como éste, reclaman para su abordaje que se contemplen otros elementos que una clase tradicional no permite. Es decir, miradas parciales de temas complejos y abstractos solo conducen a abordajes limitados o deficientes que omiten la complejidad de sus interrelaciones. Por otra parte, se oponen a las prescripciones curriculares que demandan la adquisición, por parte de los estudiantes, de un pensamiento crítico habilitante para actuar eficientemente en la complejidad de las sociedades actuales (p. 49).

Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones

1. Se concluye que el diseño, implementación y evaluación de la estrategia didáctica, para impartir el tema de “Niveles tróficos, flujo de materia y energía” y en el que se integran diversos conocimientos, puede trabajarse de manera adecuada a través de un estudio de caso en el Colegio de Ciencias y Humanidades, de acuerdo con el Programa de Biología II (2016) y a los principios del modelo educativo de la institución.

2. Debido a que el contenido disciplinar del tema es complejo y abstracto, además de implicar la multidisciplinariedad, significa un gran reto en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que algunos alumnos no lograron apropiarse de todos los contenidos.

3. Dado que la estrategia se basó en un enfoque constructivista, incorporó diversos materiales y recursos didácticos con la finalidad de favorecer un aprendizaje articulado e integrador. De esta manera, en la planeación se contempló el contexto de los estudiantes y la infraestructura de la institución; en la implementación, se diseñaron actividades que promovieron la construcción de aprendizajes conceptuales sobre los niveles tróficos, flujo de materia y energía en los ecosistemas, para incorporarlos a sus aprendizajes procedimentales y actitudinales.

4. La evaluación de la estrategia se llevó a cabo a través de aspectos cualitativos y cuantitativos, con la finalidad de que no solo se evaluara el aprendizaje disciplinar, sino también los aprendizajes procedimentales y actitudinales. El utilizar diversos instrumentos de evaluación permitió observar con mayor claridad los avances de aprendizaje durante la implementación de la estrategia. Así, se aplicó un *pre test* y *pos test* para evaluar los cambios conceptuales antes y después de la estrategia y en el entendido que en cuestionarios de este tipo normalmente se pone a prueba la memoria, por lo que no solo hubo preguntas de opción múltiple, sino también de respuesta abierta. Además, se utilizaron rúbricas y listas de cotejo para la evaluación continua -

heteroevaluación y coevaluación- de las actividades complementarias al caso. Y finalmente la rúbrica utilizada en el caso permitió evaluar procesos cognitivos diferentes a la capacidad memorísticas de los alumnos, como el trabajo en equipo, la escucha respetuosa y las opiniones argumentadas. Durante toda la estrategia fue importante establecer criterios para hacer la evaluación lo más objetiva posible.

5. La utilización del estudio de caso propició interés por el tema, y promovió en los alumnos la identificación de problemas ambientales y algunas posibles soluciones, la discusión, el intercambio de ideas, el respeto a las opiniones de otros y la tolerancia a la crítica.

6. A través del análisis y reflexión del caso, así como de las plenarias llevadas a cabo, los alumnos reconocieron, integraron y vincularon el flujo de materia y de la energía como los componentes básicos de los ecosistemas.

7. Mediante las actividades complementarias y el análisis del caso, se propició que los estudiantes reflexionaran acerca de que los seres humanos formamos parte de los ecosistemas y que cualquier impacto a éste, podría ser benéfico o nocivo.

8. La estrategia didáctica estuvo basada en el trabajo colaborativo; sin embargo, dado que los alumnos no saben con certeza cómo se lleva a cabo el trabajo en conjunto, las actividades recaían más en unos integrantes. Y a pesar de que se les entregó una rúbrica en la tenían que autoevaluar su trabajo, no siempre fueron sinceros.

9. A pesar de que las actividades complementarias y el caso permitieron la movilización de ideas previas y la incorporación de nuevos conocimientos, hay ideas que al estar muy arraigadas son difíciles de modificar, como se demostró con el *pos test* donde un importante porcentaje de alumnos mantuvo la concepción errónea de que el flujo de energía es cíclico.

10. La estrategia permitió que los alumnos incorporaran y ejemplificaran contenidos que rara vez están marcados en los Programas de Biología pero que son importantes para comprender algunos procesos del ecosistema, tal es el caso de la *sucesión ecológica*.

11. Es importante seguir utilizando estudios de caso en la asignatura de Biología que permitan a los alumnos desarrollar e integrar sus conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales, ya que este tipo de estrategias les permite analizar y reflexionar acerca de la resolución de problemas en contextos reales.

Recomendaciones

Aunque la presente estrategia se diseñó para alumnos de bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades con sistema escolarizado y modalidad presencial; se puede utilizar en diversos subsistemas de bachillerato, así como en diferentes niveles educativos con las adecuaciones pertinentes.

Asimismo, después de la implementación de la estrategia didáctica existieron elementos que podrían mejorarse, por lo que a continuación se señalan algunas modificaciones que se pueden realizar a la estrategia para su optimización.

1. Las tarjetas que se utilizaron en la actividad lúdica para formar las cadenas tróficas no tenían ningún tipo de información sobre la alimentación del organismo, lo cual mermaba en la correcta formación de las cadenas. Por esta razón, se recomienda incluir alguna referencia sobre este aspecto.

2. Incluir las instrucciones por escrito en la actividad lúdica, para que no se pierda tiempo repitiendo la información.

3. Algunas tarjetas plastificadas para la formación de ciclos biogeoquímicos pueden estar en blanco para que los alumnos escriban con plumón borrable, los términos clave, esto dependiendo del tiempo con el que se cuente para la actividad.

Referencias

- Adrián, J.E (2001). El desarrollo cognitivo del adolescente. En: Aprendizaje y desarrollo de la personalidad.
- Adrián, J.E. y Rangel, E. (2001). La transición adolescente y la educación. En: Aprendizaje y desarrollo de la personalidad.
- Aguilar, C. (2013). Estudio de las concepciones alternativas de los alumnos de enseñanza secundaria sobre conceptos estructurantes de ecología a través de técnica de redes semánticas naturales. *Estudios hemisféricos y polares*, 4 (4): 267-287.
- Alfaro, G. (1996). Evaluación cualitativa: técnicas y estrategias. EUNA, Universidad Nacional. San José, Costa Rica
- Álvarez, P. y Rivarosa, A. (2000). *Problemas ambientales*. En: Resolución de problemas. Editorial Síntesis. Madrid.
- Araya, V., Alfaro, M. y Andonegui, M. (2007). Constructivismo: orígenes y perspectivas. *Laurus*, 13 (24): 76-92
- Awuapara, S. y Valdivieso, M. (2013). Características bio-psicosociales del adolescente. *Ortodoncia y Odontología Pediátrica*, 12 (2): 119-128.
- Batista, E. (2007). Lineamientos pedagógicos para la enseñanza y el aprendizaje. Editorial Educc. Colombia. 127 pp.
- Bazán, J.J. y García, T. (2020). El Modelo Ecuativo del CCH: importancia y vigencia. Fascículo 1. UNAM-Colegio de Ciencias y Humanidades. México. 57 pp.
- Bell-Basca, B., Grotzer, T., Donis, K. y Shaw, S. (2000). Using domino and relational causality to analyze ecosystems: realizing what goes around comes around. *Paper presented in National Association of Research in science Teaching*. 1- 28.
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15 (3): 210-217.
- Bermejo, F. y Pedraza, M.J. (2018). La evaluación de competencias en el ABP y el papel del portafolio. En: La metodología del aprendizaje basado en problemas. Universidad de Murcia. España. 281 pp.
- Bermúdez, G., y de Longhi, A.L (2008). La educación ambiental y la Ecología como ciencia. Una discusión necesaria para la enseñanza. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(2): 275-297.
- Bravo, B. y Jiménez, M.P. (2014). Articulación del uso de pruebas y el modelo de flujo de energía en los ecosistemas en argumentos de alumnado de bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, 32 (3): 425-442.
- Cano, A. (2007). Cognición en el adolescente según Piaget y Vygotsky. ¿Dos caras de la misma moneda? *Boletín Academia Paulista de Psicología*, 2 (7): 148-166. Mc Graw-Hill. México. 476 pp.

- Carabias, J., Meave, J., Valverde, T. y Cano-Santana, Z. (2009). *Ecología y medio ambiente en el siglo XXI*. Pearson Educación. México. 264 pp.
- Castillo, S. (2008). Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso óptimo de las TIC en la enseñanza y aprendizaje de la matemática. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 11 (2): 171-194.
- Castillo, S., Martínez, Y., Nava, M. y Almeida, L. (2016). El matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y sus servicios ecosistémicos. *La biodiversidad en la Ciudad de México*, 3:50-69.
- Castro, C. (2013). Curso: El método de casos como estrategia de enseñanza-aprendizaje. Consultoría estratégica en educación. Consultado en agosto del 2020. Recuperado de:
http://sistemas2.dti.uaem.mx/evadocente/programa2/Agrop007_13/documentos/El_metodo_de_casos_como_estrategia_de_ensenanza.pdf
- Coll, C., Martin, E., Mauri, T., Miras, M., Onrubia, J., Solé, I. y Zabala, A. (2007). *El constructivismo en el aula* (17 ed). Editorial Graó. México.
- Colbert, J., Trimble, K. y Desberg, P. (1996). *The case for education contemporary approaches for using case methods*. Allyn and Bacon. Estados Unidos.
- Cuevas, L. y Torres, S. (2011). Evaluación de adquisición de conocimientos de conceptos de ecología en estudiantes de bachillerato tecnológico en México. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*. 2 (3).
- Díaz-Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista electrónica de Investigación Educativa*, 5: 105-117.
- Díaz-Barriga, F. (2006). *Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida*. Mc Graw Hill. México. 171 pp.
- Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. Editorial Mc Graw-Hill. México. 465 pp.
- Digeduca. Dirección General de Evaluación e Investigación Educativa. (2018). Destrezas de comprensión: Hechos y opiniones. *Serie Aprender del error*. 7: 1-4.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. *InfoStat* versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Eggen, P.D. y Kauchak, D.P. (1999). *Estrategias docentes: Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento*. Fondo de Cultura Económica. México. 386 pp.
- Espejel, A., Flores, A. y Castillo, I. (2012). La Educación Ambiental en el Bachillerato: El caso de los docentes que imparten la materia de Ecología, Puebla-Tlaxcala (México). *Revista de currículum y formación de profesorado*, 16 (3): 321-339.

- Estevé, P., y Jaén, M. (2013). El papel de los ciclos biogeoquímicos en el estudio de los problemas ambientales en Educación Secundaria. *Investigación en la Escuela*, 77-88.
- Forero, N.A., Bareño, R. y Duarte, N. (2016). La importancia del uso del ejemplo en estudiantes de ingeniería para fortalecer el auto aprendizaje. *Ingenium*, 17 (34): 136-146.
- Gaceta CCH. (2019). Seguimiento a la aplicación de los Programas de Estudio Actualizados. Informe 2018-2019. 60 pp. Recuperado de: https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Suplemento_PROGRAMAS_DE_ESTUDIO.pdf
- Gaceta UNAM (2021). CCH 50 años de aprender a aprender. En: CCH 50 años. 26 pp. Recuperado de: <https://www.gaceta.unam.mx/wp-content/uploads/2021/01/210125.pdf>
- García, J.E. (2003). Investigando el ecosistema. *Investigación en la escuela*, 51: 83-100.
- Gil, M.J. y Martínez, B. (1992). Problemáticas de la enseñanza/aprendizaje de la ecología. *Revista Interuniversitaria de formación del profesorado*, 14: 67-70.
- González, E. (2015). Estudios de casos como estrategia didáctica en la formación del estudiantado en Biotecnología. *e-Ciencias de la Información*, 5 (2): 1-14.
- González, M.P. (2001). La educación en la tolerancia como parte integrante del curriculum escolar. *Revista Galego-Portuguesa de Psicología e Educación*, 5 (7): 9-16.
- González, O. (2003). Evaluación de opción múltiple v.s. evaluación tradicional. Un estudio de caso en ingeniería. *Ingeniería*, 7 (2): 17-37.
- González-Anleo, J.M. (2012). Juventud, medio ambiente y crecimiento sostenible. *Educación y Futuro*, 26: 87-103.
- Griffiths, A.K. y Grant, B.A. (1985). High school students' understanding of food webs: Identification of a learning hierarchy and related misconceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(1): 421-436.
- Grotzer, T.A. y Basca, B.B. (2003). How does grasping the underlying causal structures of ecosystems impact students' understanding? *Journal of Biological Education*, 38 (1): 16-29.
- Guijarro, E., Babiloni, E. y Fernández, D. (2014). Aplicación del puzzle de Aronson para trabajar el aprendizaje colaborativo y el desarrollo de competencias genéricas de los estudiantes. *InnoDoct*, 4: 495-505.
- Ibarra, J. y Gil, M.J. (2009). Uso del concepto de sucesión ecológica por alumnos de secundaria: la predicción de los cambios en los ecosistemas. *Enseñanza de las ciencias*, 27: 19-32.
- Ibarra, J., Carrasquer, J. y Gil, M.J. (2010). Un proceso oscuro y anónimo: la descomposición de la materia viva. *Alambique*, 64 (1): 99-108.

- Lacosta, I. (2012). Las ciencias en el aula. Aprendizaje basado en estudios de caso. Prensas Universitarias de Zaragoza, España. 138 pp.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. y Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Science Education*, 18 (1): 19-34.
- Leones, M., Mustaccioli, N., Liendro, E., Carballido, F. e Indelicato, E. (2010). Recomendaciones metodológicas para la enseñanza. Ciencias Naturales. Ministerio de Educación. Argentina. 86 pp.
- López, A. (1997). Iniciación al análisis de casos, una metodología activa de aprendizaje en grupos. Ediciones Mensajero, S. A. Bilbao, España.
- Lorenzo, O. y Zaragoza, J. (2014). Educación Media y Superior en México: análisis teórico de la realidad actual. *DEDICA. Revista de educación y humanidades*. 6: 59-72.
- Mahias, P. y Polloni, M.P. (2018). Desarrollo de Instrumentos de evaluación: pruebas. Cuadernillo técnico de evaluación educativa. Centro de medición MIDE e Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. México.
- Mahmud, M. y Gutiérrez, O. (2010). Estrategia de enseñanza basada en el cambio conceptual para la transformación de ideas previas en el aprendizaje de las Ciencias. *Scielo*, 3: 11-20.
- Martínez, M.F. y Verdejo, M.E. (2017). Una experiencia innovadora para enseñar contenidos psicológicos. *Sinéctica*, 49.
- Matos, R. (2006). La práctica de la reflexión durante el aprendizaje de un instrumento musical. *Revista de investigación*, 59: 65-88.
- Mesía, R. (2011). El empleo didáctico de las diapositivas en PowerPoint. *Investigación Educativa*, 14 (26): 161-171.
- Monge, S. (2015). Propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la estructura y procesos en el ecosistema para la educación media superior. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Monroy, A. y Ramírez, K.Y. (2018). Relación entre sucesión ecológica vegetal y hongos micorrizógenos arbusculares en un matorral xerófilo en el centro de México. *TIP Rev.Esp.Cienc.Quím.Biol.*, 21 (2): 13-29.
- Morerira, M.A. y Greca, I.M. (2003). Cambio conceptual: Análisis crítico y propuestas a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo. *Ciencia y Educación*, 9 (2): 301-315.
- Morillo, I. (2008). Una nueva forma de enseñar las ciencias en el contexto social. *Laurus*, 14 (26): 307-318.
- Muñoz, L. (2013). PowerPoint y el desarrollo del pensamiento lateral del estudiante. *Praxis & Saber*, 4 (8): 265-290.
- Nava, M., Jujnovsky, J., Salinas, R., Álvarez, J. y Almeida, L. (2009). Servicios ecosistémicos. En: Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. Libro

conmemorativo del 25 aniversario de la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria. México. 538 pp.

- Núñez, D., Costillo, E., Borrache, A.B. y Juanez, J. (2013). Ideas alternativas de un grupo de estudiantes para maestro sobre la sucesión ecológica. IX congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias. Girona, España. 2531-2538.
- Ocampo, E., García, J. y Flores, H. (2018). Programa de estudios del componente básico del marco curricular común de la educación media superior. SEP.
- Ortiz, D. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia*. Colección de Filosofía de la Educación, 19: 93-110.
- Palés-Argullós, J. (2010). ¿Cómo elaborar correctamente preguntas de elección múltiple? *Educ Med*. 13 (3): 149-155.
- Pedroza, R. y Argüello, F. (2002). Interdisciplinariedad y Transdisciplinariedad en los Modelos de Enseñanza de la Cuestión Ambiental. *Cinta de Moebio*, 15: 1-16.
- Pimienta, J.H. (2012). Estrategias de enseñanza-aprendizaje. Docencia universitaria basada en competencias. Pearson Educación. México. 192 pp.
- Plan de Estudios Actualizado (PEA). (1996). Coordinación del Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM. México. 146 pp.
- Planes de estudio de referencia del componente básico del marco curricular común de la Educación Media Superior. (2017). Secretaría de Educación Pública. México. 894 pp.
- Posligua, J., Chenche, W. y Vallejo, B. (2017). Incidencia de las actividades lúdicas en el desarrollo del pensamiento creativo en estudiantes de educación general básica. *Dominio de las Ciencias*, 3 (3): 1020-1052.
- Pozo, J.I. (2006). Teorías cognitivas del aprendizaje (5º edición). Madrid: Ediciones, Morata.
- Programas de Estudio Biología I-II. (2016). Área de Ciencias Experimentales. Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. México. 33 pp.
- Pujolàs, P. (2003). El aprendizaje cooperativo: algunas ideas prácticas. Barcelona: Universidad de Vic. Consultado en agosto del 2020. Recuperado de: http://www.deciencias.net/convivir/1.documentacion/D.cooperativo/AC_Algunasideaspracticas_Pujolas_21p.pdf
- Ravera, J. (1976). Aspectos biológicos de la adolescencia. En: Jornada sobre "Adolescencia". Uruguay.
- Revel, A. (2013). Estudios de caso en la enseñanza de la Biología y la Educación para la Salud en escuela media. *Biografía*, 6 (10): 42-49.
- Rincón, M.E. (2011). Concepciones de los estudiantes de educación básica sobre ecosistema. Una revisión documental. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 4 (7): 77-93.

- Rincón, M.E., Medellín, F., y Vargas, C. (2004). Concepciones sobre nociones ecológicas en niños de las escuelas rurales de Villeta (Cundinamarca). Informe CIUP. Bogotá.
- Rincón, W.A. (2014). Preguntas abiertas en encuestas ¿Cómo realizar su análisis? *Comunicaciones estadísticas*, 7 (2): 139-156.
- Rivera, S. (2018). El Método de Casos para el aprendizaje de la homeostasis en los sistemas vivos en el bachillerato. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rodríguez, A. y Hernández, A. (2014). Desmitificando algunos sesgos de la autoevaluación y coevaluación en los aprendizajes de los alumnos. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 13 (25): 13-31.
- Ruiz, J. (2006). Síndrome de los estudiantes de bachillerato. Efecto en el aprendizaje. *Innovación Educativa*, 6 (34): 25-36.
- Sánchez, F. y Pontes, A. (2010). La comprensión de conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 7 (1): 270-285.
- Silva, L. y Jiménez, R. (2017). Las imágenes en los libros de texto: un análisis en el ámbito del ecosistema. *Revista internacional de investigación e innovación educativa*, 93: 58-75.
- Soylu, H. (2006). The effect of gender and reasoning ability on the student' understanding of ecological concepts and attitude towards science. (Tesis de maestría). Middle East Technical University, Ankara, Turquía.
- Tünnermann, C. (2011). El constructivismo y el aprendizaje de los estudiantes. *Universidades*, 48: 21-32.
- Uranga, M.S., Rentería, D.E. y González, G.J. (2016). La práctica del valor del respeto en un grupo de quinto grado de educación primaria. *Ra Ximhai*, 12 (6): 187-204.
- Valverde, T., Meave, J., Carabias, J. y Cano-Santana, Z. (2005). Ecología y medio ambiente. Pearson Educación. México. 240 pp.
- Velásquez, J. (2008). Ambientes lúdicos de aprendizaje. Diseño y operación. Trillas. México.
- Viera, T. (2003). El aprendizaje verbal significativo de Ausubel. Algunas consideraciones desde el enfoque histórico cultural. *Universidades*, 26: 37-43.
- Wassermann, S. (1994). El estudio de casos como método de enseñanza. Amorrortú Editores. Argentina. 308 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario de conocimientos empleado como *pre test* y *pos test*



Unidad II. ¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?

Temática: Estructura y procesos en el ecosistema

Tema: Niveles tróficos y flujo de energía



Cuestionario de conocimientos del tema "Niveles tróficos, flujo de energía y materia en el ecosistema"

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Grupo: _____ **Turno:** _____

I. Instrucciones: Subraya la respuesta correcta

- A los organismos fotosintéticos también se les conoce como:
 - Heterótrofos
 - Autótrofos
 - Descomponedores
 - Consumidores primarios
- De acuerdo con los niveles tróficos, un ejemplo de consumidor primario es:
 - Hongo
 - Bacteria
 - Planta
 - Caballo
- Ordena los niveles tróficos de mayor almacenamiento de energía a los de menor almacenamiento:
 - Desintegrador, consumidor secundario, consumidor primario, productor
 - Consumidor primario, productor, consumidor secundario, desintegrador
 - Productor, consumidor primario, consumidor secundario, desintegrador
 - Consumidor secundario, consumidor primario, desintegrador, productor
- Son ejemplos de bioelementos primarios:
 - C, N, P
 - C, S, K
 - N, P, F
 - C, O, F
- Tomando como referencia el ciclo del carbono, es el nivel trófico que consume CO₂:
 - Desintegradores
 - Consumidores primarios
 - Autótrofos
 - Consumidores secundarios
- Las diatomeas son las principales productoras de:
 - Nitrógeno
 - Fósforo
 - Azufre
 - Oxígeno

II. Instrucciones: Contesta las siguientes preguntas

1. Esquematiza una cadena alimenticia, señalando cada uno de sus componentes:

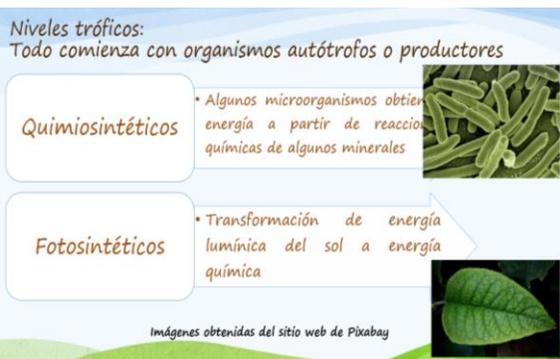
2. ¿Cuál es la diferencia entre una cadena y una red trófica?

3. ¿Cuál es la importancia de los ciclos biogeoquímicos?

4. ¿Qué es la sucesión ecológica?

5. ¿Cuál es la importancia de los ecosistemas?

Anexo 2. Diapositivas PowerPoint del tema “La energía en el ecosistema”



Niveles tróficos:
Heterótrofos o consumidores



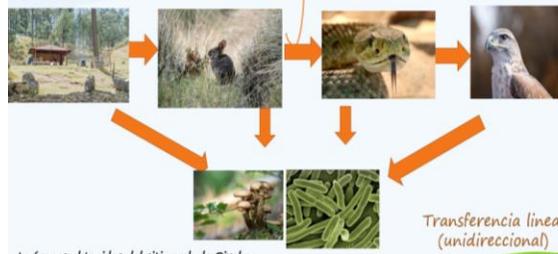
Herbívoros

Consumidores primarios

Consumidores secundarios

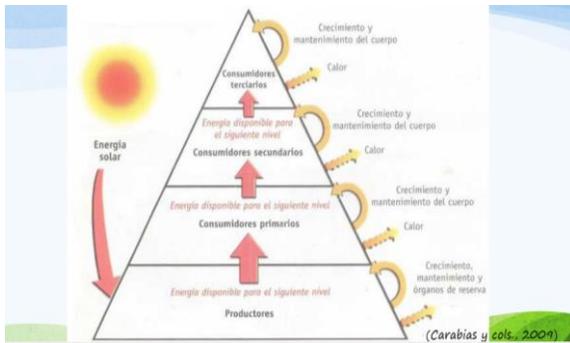
Imágenes obtenidas del sitio web de Pixabay

Transferencia de energía:
Cadena trófica terrestre (Ej. Parque Nacional Iztá-Popo)



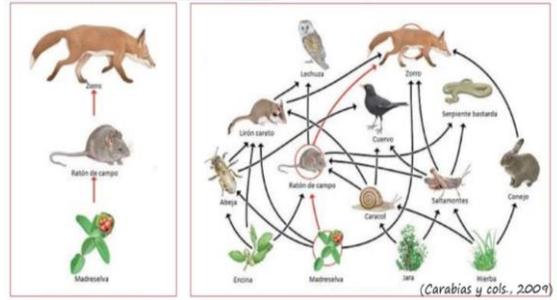
Imágenes obtenidas del sitio web de Pixabay

Transferencia lineal (unidireccional)



(Carabias y cols., 2009)

Red trófica terrestre



(Carabias y cols., 2009)

Redes tróficas acuáticas

Red alimenticia de aves acuáticas en una bahía



Imágenes obtenidas del sitio web de <https://dalei.me/>

Anexo 3. Organizador gráfico de árbol



Unidad II. ¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?

Temática: Estructura y procesos en el ecosistema

Tema: Niveles tróficos y flujo de energía

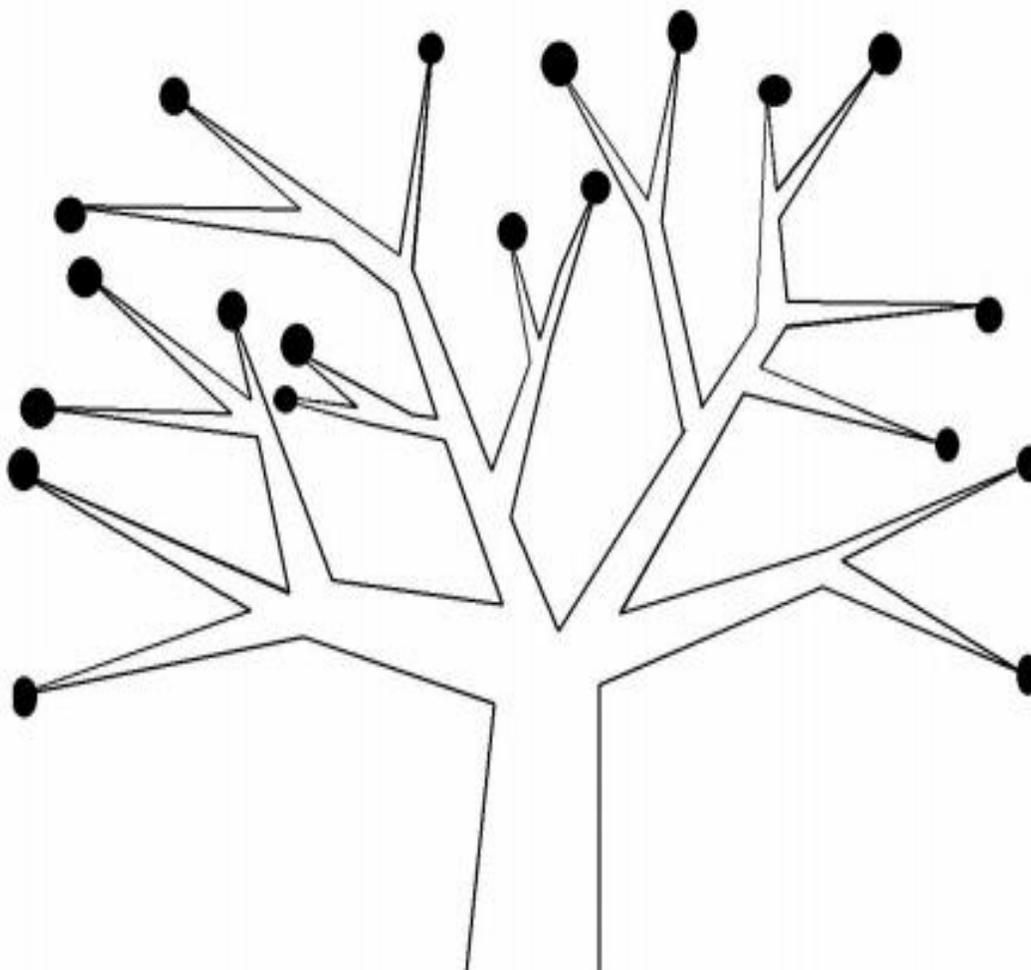


Hoja de registro de conceptos y/o ideas relevantes

Nombre: _____

Fecha: _____

Instrucciones. Anota el tema principal en el tronco y ordena las ideas y/o conceptos relevantes en las ramas.



Recuperado de la página "Recursos para enseñar y aprender", https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-25759_recurso_pdf.pdf, consultado en septiembre, 2019.

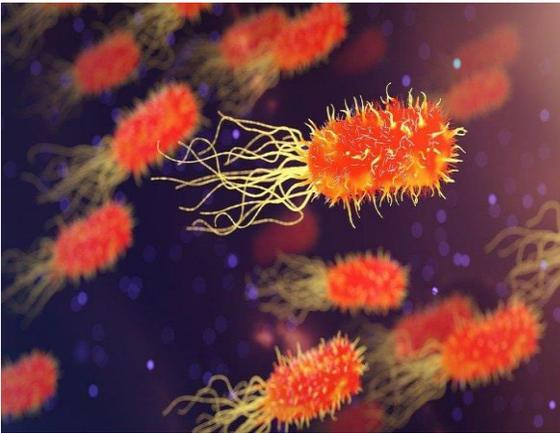
Anexo 4. Tarjetas para la actividad lúdica “Arma tu cadena trófica”



Imágenes recuperadas del sitio web Pixabay, URL: <https://pixabay.com/es/>, consultadas en agosto 2019



Imágenes recuperadas del sitio web Pixabay, URL: <https://pixabay.com/es/>, consultadas en agosto 2019



Imágenes recuperadas del sitio web Pixabay, URL: <https://pixabay.com/es/>, consultadas en agosto 2019



Imágenes recuperadas del sitio web Pixabay, URL: <https://pixabay.com/es/>, consultadas en agosto 2019



Deforestación

Esta tarjeta acaba con tu productor, regresa las tarjetas de los niveles tróficos que son afectados por este evento. Sin embargo, este suceso también afecta a tu compañero de la izquierda.



Incendio

Después de este suceso, ocurrió sucesión ecológica (recuperación del ecosistema después de un disturbio), por lo que solo puedes quedarte con tu productor. Sin embargo, este evento también afectó a tu compañero de la derecha.



Zona protegida

Tus niveles tróficos están resguardados de la deforestación durante dos turnos

Anexo 5. Lista de cotejo para evaluar cadenas tróficas

LISTA DE COTEJO PARA EVALUAR REDES TRÓFICAS



Unidad II. ¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?

Temática: Estructura y procesos en el ecosistema

Tema: Niveles tróficos y flujo de energía



Integrantes:

Grupo: _____ **Turno:** _____

	Aspecto a evaluar	Sí	No	Observaciones
1	Siguieron las indicaciones dadas por la docente			
2	Presentaron una red trófica integrando cada una de las cadenas de los integrantes del equipo			
3	Identificaron correctamente los niveles tróficos			
4	Identificaron correctamente el flujo de energía			
5	Siempre establecieron un ambiente de respeto y tolerancia dentro del equipo			
6	Se dieron la oportunidad de que todos participaran en la actividad			

Elaborada por: Biól. Martha Patricia Rayon España

Anexo 6. Rúbrica para la evaluación del trabajo colaborativo

RÚBRICA PARA AUTOEVALUAR TRABAJO COLABORATIVO

Integrantes: _____

Fecha: _____ Grupo: _____

Nombres de los integrantes: _____

criterio	Insuficiente (1 punto)	Suficiente (2 puntos)	Bien (3 puntos)	Muy bien (4 puntos)	Total
Trabajo	No trabajamos constantemente porque no nos organizamos, por lo que no terminamos el trabajo	Trabajamos con dificultad porque no nos organizamos	Trabajamos constantemente pero consideramos que nos faltó organización	Trabajamos constantemente y con muy buena organización	
Función	Ningún integrante tuvo un papel definido y no nos desempeñamos de manera efectiva	Solo algunos integrantes tuvimos papeles definidos pero no todos nos desempeñamos de manera efectiva	Todos los integrantes tuvimos un papel definido, pero no todos nos desempeñamos de manera efectiva	Todos los integrantes tuvimos un papel definido y nos desempeñamos de manera efectiva	
Responsabilidad	La responsabilidad de la actividad recayó en una persona	La responsabilidad de la actividad, la compartimos solo la mitad o menos de los integrantes	La responsabilidad de la actividad la compartimos la mayor parte de los integrantes	La responsabilidad de la actividad la compartimos por igual todos los integrantes	
Respeto	No trabajamos de manera respetuosa y nunca tomamos en cuenta las sugerencias de otros integrantes.	En ocasiones no trabajamos de forma respetuosa y no tomamos en cuenta las sugerencias otros.	Siempre nos respetamos, pero no siempre tomamos en cuenta las sugerencias de algunos integrantes.	Siempre nos respetamos y escuchamos las sugerencias de todos para mejorar el trabajo	

14-16 puntos: 10 Desempeño muy bueno. Trabajaron con muy buena organización, los integrantes se desempeñaron de manera efectiva, la responsabilidad de la actividad la compartieron todos, siempre muestran respeto y escuchan sugerencias para mejorar el trabajo.

11-13 puntos: 9 Desempeño bueno. Trabajaron constantemente pero faltó organización, algunos integrantes se desempeñaron de manera efectiva, la responsabilidad la comparten la mayoría de los integrantes y aunque constantemente hay respeto, no siempre toman en cuenta las sugerencias.

8-10 puntos: 8 Desempeño regular. Trabajaron constantemente pero faltó organización, algunos se desempeñaron de manera efectiva, la responsabilidad es compartida solo por la mitad o menos de los integrantes y aunque constantemente hay respeto, no siempre toman en cuenta las sugerencias.

5-7 puntos: 7 Desempeño suficiente. Trabajaron con dificultad porque no hubo organización, no todos se desempeñaron de manera efectiva, la responsabilidad solo la compartieron algunos integrantes y en ocasiones no trabajaron de manera respetuosa.

4 puntos: 6 Desempeño insuficiente. Falta organización, ningún integrante se desempeño de manera efectiva, la responsabilidad recayó en un integrante y no trabajaron de manera respetuosa.

Elaborada por: Martha Patricia Rayon España

Anexo 7. Lectura introductoria

Para la imaginación... “El Viaje de C”

Aquí contaremos una pequeña parte de la infinita historia de un átomo de carbono, al cual denominaremos “C”.

Hace un año llegaste a la escuela en un transporte que utiliza gasolina, la cual se compone de muchos hidrocarburos. “C” era parte de una molécula de hexano de esa gasolina y estaba acompañado por otros cinco átomos de carbono como él y catorce pequeños átomos de hidrógeno. Muchísimo tiempo antes, hace 100 millones de años, “C” formaba parte de los tejidos de un gran helecho que escapó de ser comido por un dinosaurio, pero al morir su tallo y sus frondas quedaron enterrados y se desintegraron en capas muy profundas de la tierra. Allí se acumuló gran cantidad de materia orgánica, que mediante complejas reacciones químicas, dio origen a un yacimiento de petróleo.

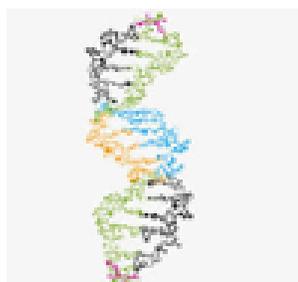
Una vez refinado el petróleo, “C” formó la molécula de hexano junto con otros compañeros carbonos que también lo acompañaban como parte del helecho. En el interior del motor, “C” se separó de sus cinco compañeros cuando una chispa de la bujía y la entrada de oxígeno provocaron la explosión que liberó la energía necesaria para que avanzara el vehículo. En esa reacción, se unió a dos átomos de oxígeno y formó una molécula de dióxido de carbono. Dentro de esa molécula, “C” disfrutó de nuevo del estado gaseoso que ya había experimentado. Liberada en la atmósfera, la molécula en la que se encontraba “C” viajó por todo el mundo hasta que un día entro por el estoma de una planta. En los cloroplastos de las hojas se produjeron reacciones enzimáticas que lo incorporaron primero a una molécula de glucosa y después a una de almidón en un grano de maíz.

En tu próximo platillo elaborado a base de este producto, “C” te estará esperando para formar parte de tu cuerpo, quizá en una molécula de hemoglobina de tu sangre. Por lo visto, “C” seguirá dando vueltas por el mundo aun después de que nuestra vida llegue a su fin. ¿Qué otros viajes le depara el destino a nuestro pequeño “C”? **(Adaptado de Valverde et al., 2005, p. 103-104).**

Anexo 8. Lecturas sobre los ciclos biogeoquímicos

CICLO DEL CARBONO

¿Sabías qué? Alrededor del 18% de la masa de tu cuerpo está compuesto por átomos de carbono, ¡y esos átomos son fundamentales para tu existencia! Sin el carbono, no tendrías las membranas plasmáticas de tus células, ni las moléculas de azúcar que usas como combustible,



ni siquiera el ADN que porta las instrucciones para construir y poner en funcionamiento tu cuerpo.

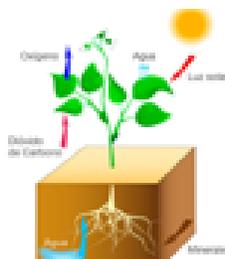
El carbono se puede encontrar en la naturaleza de muchas formas:

- En la atmósfera en forma de CO_2 (dióxido de carbono)
- Disuelto en el agua de los océanos
- En rocas carbonatadas como las calizas
- En los combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural.

Pero ¿sabes cómo obtienes ese carbono para formar tus moléculas?

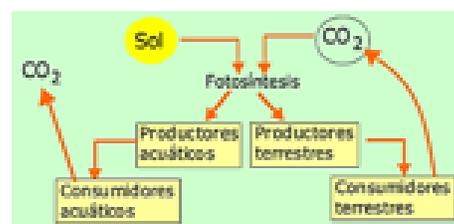
Para que lo puedas comprender, el ciclo del carbono puede explicarse en los siguientes pasos:

1. Los organismos productores, tanto terrestres como acuáticos, incorporan el carbono en forma de CO_2 mediante la fotosíntesis, formando moléculas orgánicas.



2. Los consumidores incorporan el carbono mediante las cadenas tróficas.

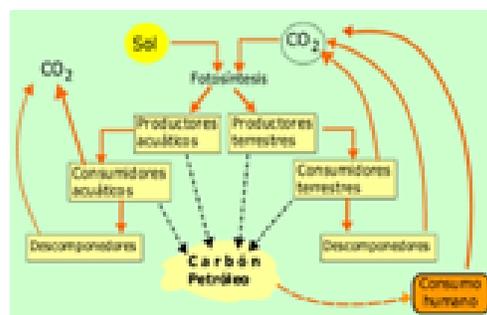
3. Por el proceso de la respiración se produce la oxidación de las moléculas orgánicas desprendiendo CO_2 de nuevo a la atmósfera.



4. La descomposición de la materia orgánica muerta por los descomponedores, también libera el CO_2 a la atmósfera.

5. Restos como esqueletos y conchas pueden convertirse en rocas carbonatadas, otros restos orgánicos pueden quedar enterrados y forman con el tiempo carbón y petróleo.

6. La quema de los combustibles fósiles por el ser humano devuelve a la atmósfera el CO_2 enterrado hace millones de años.



Tomado y modificado de:

<https://www.khanacademy.com/organelas/ciclo-del-carbono/a/que-es-el-carbono-como-el-carbono-a-valla>

CICLO DEL NITRÓGENO

¿Sabías qué? El nitrógeno (N_2) está en todas partes. De hecho el N_2 gaseoso compone alrededor del 78% del volumen de la atmósfera de la Tierra, lo que sobrepasa con mucho al O_2 que consideramos "aire".

Es un elemento esencial para los seres vivos ya que forman parte de las proteínas y de los ácidos nucleicos (ADN y ARN).

Sin embargo el N_2 atmosférico no puede ser utilizado por la mayoría de



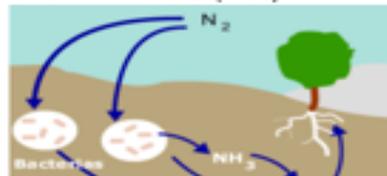
los seres vivos, ya que sólo ciertas bacterias, algas y hongos pueden aprovecharlo.

Pero ¿entonces cómo obtenemos ese nitrógeno para formar nuestras moléculas?

Para que lo puedas comprender, el ciclo del nitrógeno consta de las siguientes etapas:

1. Fijación: En el suelo o en las raíces de plantas leguminosas, existen bacterias que pueden aprovechar el nitrógeno atmosférico, por lo que convierten el N_2 en amoníaco (NH_3).

2. Nitrificación: Las bacterias oxidan el amoníaco a nitrato (NO_3^-)



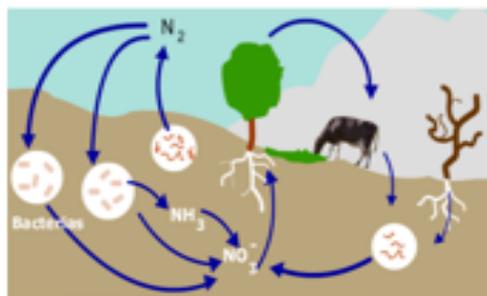
3. Asimilación: Las raíces de las plantas absorben el amoníaco o el nitrato, e incorporan el nitrógeno.

4. Cuando los animales se alimentan de vegetales consumen compuestos nitrogenados y se va incorporando por medio de las cadenas alimenticias.

5. Amonificación: Consiste en la conversión de compuestos nitrogenados en amoníaco, se inicia cuando los organismos producen desechos como la urea (orina) y ácido úrico (excreta de las aves). Estas sustancias son degradadas como amoníaco.

6. Estos restos nitrogenados que excretan los seres vivos pueden ser de nuevo utilizados por las plantas.

7. Desnitrificación: Otras bacterias del suelo, las desnitrificantes, devuelven el nitrógeno a la atmósfera en forma de N_2 .



Tomado y modificado de:

Hipertextos del área de la biología

[http://www.biologia.edu.ar/ecologia/CICLOS](http://www.biologia.edu.ar/ecologia/CICLOS%20DE%20LA%20VIDA.htm)

CICLO DEL FÓSFORO

¿Sabías qué? El fósforo es un nutriente esencial para los seres vivos, es una parte fundamental de los ácidos nucleicos, como el ADN, y de los fosfolípidos que conforman nuestras membranas celulares, también forma parte del ATP, nuestra molécula energética, además es un componente de soporte de nuestros huesos y forma la concha de algunos animales.



Pero ¿sabes cómo obtienes ese fósforo para formar tan importantes componentes?

Para que lo puedas comprender, el ciclo del fósforo puede explicarse en los siguientes pasos:



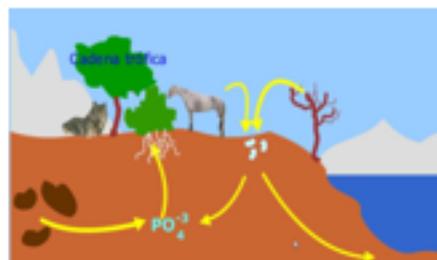
para los seres vivos.

2. Las plantas toman del suelo el fósforo en forma soluble, es decir, los llamados fosfatos (PO_4^{3-}), y lo incorporan a sus estructuras.

1. En la naturaleza la principal reserva de fósforo son las rocas sedimentarias fosfatadas por lo que no es una forma accesible

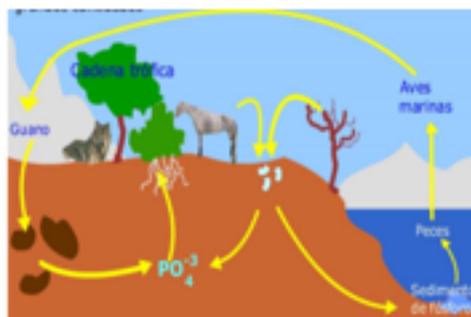
3. Los consumidores y descomponedores incorporan el fósforo a través de las cadenas tróficas.

4. Cuando los organismos mueren los fosfatos se liberan y se incorporan de nuevo al suelo.



5. En el medio marino, el fósforo se acumula en el fondo oceánico y con el tiempo da lugar a nuevas rocas sedimentarias.

6. Una fuente importante de fósforo son los excrementos de aves marinas, el guano, que puede acumularse en algunos lugares en grandes cantidades.



Tomado y modificado de:

<https://es.khanacademy.com/science/biology/aqa1/aqa1-bio-quimica-biosfera/aqa1-bio-quimica-biosfera>

CICLO DEL AZUFRE

¿Sabías qué? El azufre es un bioelemento que forma parte de algunos aminoácidos; es decir, es necesario para la síntesis de proteínas.

Pero ¿sabes cómo obtienes ese azufre para formar tan importantes componentes?

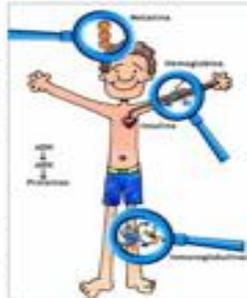
1. Las plantas utilizan el azufre en forma de sulfato (SO_4) para realizar sus funciones vitales.



2. Los animales herbívoros, como consumidores primarios, incorporan el azufre a su organismo cuando se alimentan de las plantas.

3. Cuando los animales carnívoros, se alimentan de los animales herbívoros, incorporan el azufre en sus tejidos.

4. Cuando algunos de estos



bacterias, convierten sus restos en sulfato nuevamente, ya que reducen los restos a partículas orgánicas.

5. Estos sulfatos provenientes de la descomposición de los animales pasan al suelo, para que sean absorbidos por las plantas una vez más.

6. El azufre puede llegar a la atmósfera como sulfuro de hidrógeno (H_2S) o dióxido de azufre (SO_2), gases provenientes de volcanes activos y por la descomposición de la materia orgánica.



Tomado y modificado de:
<http://www.elpa.com.mx/articulos/el-ciclo-del-azufre-y-el-oxigeno-20087.html>

CICLO DEL AGUA

¿Sabías qué? Más de la mitad de tu cuerpo es agua y, si analizáramos tus células,

encontraríamos que están compuestas por más del 65% de agua! Así que tú, como la mayoría de los animales terrestres,

necesitas una fuente confiable de agua dulce para sobrevivir.



El agua existe en la Tierra en estado sólido, líquido o gaseoso y está en continuo movimiento en sus diferentes estados.

En general, el agua se almacena en cinco reservorios fundamentales:

- el mar
- las aguas continentales (ríos y lagos)
- los glaciares (las masas de hielo de las montañas y los polos)
- los depósitos subterráneos y
- la atmósfera

Una de las rutas que sigue el agua es la siguiente:



1. Se evapora en el mar y pasa a la atmósfera

2. En la atmósfera, el vapor de agua se enfría y se condensa en gotas, que forman las nubes.

3. el viento empuja las nubes y las masas de aire húmedo sobre los continentes, a esto se le conoce como "transportación".

4. Las precipitaciones ocurren cuando las gotas que forman las nubes se tornan demasiado pesadas y caen en forma de granizo, lluvia o nieve.

5. Cuando el agua de lluvia o nieve llega al suelo, lo pueden devolver al mar dos circuitos.

a) Filtración: El agua penetra bajo la tierra y se transporta lentamente por los depósitos de agua subterránea.

b) Escurrimiento: El agua que llega al suelo se evapora o se dirige hacia los cursos de agua, ríos o lagos.

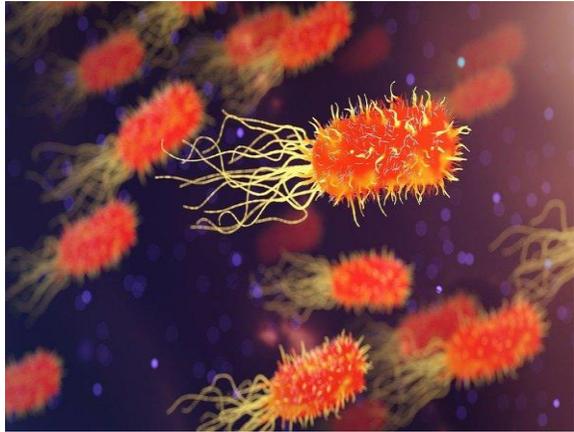


Modificado de: Vera, C. (2003). El ciclo del agua. Explora: Las ciencias en el mundo contemporáneo.

Anexo 9. Tarjetas para formar ciclos biogeoquímicos



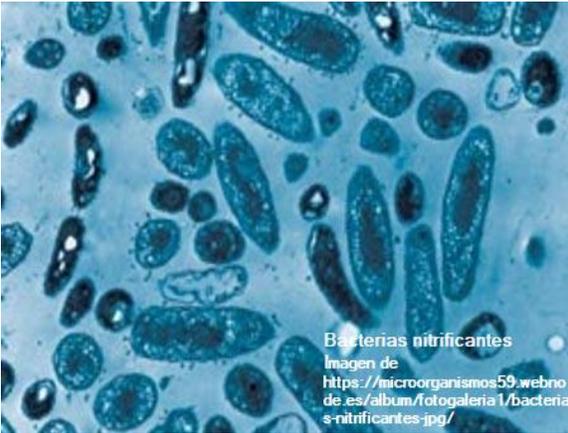
Imágenes recuperadas del sitio web Pixabay, URL: <https://pixabay.com/es/>, consultadas en agosto 2019.



Consumo
Humano

CO₂

Imágenes recuperadas del sitio web Pixabay, URL: <https://pixabay.com/es/>, consultadas en agosto 2019.



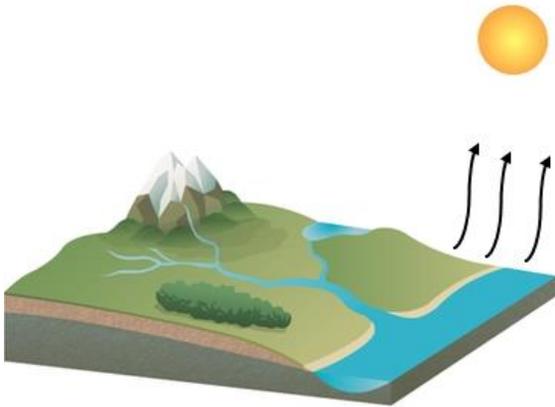
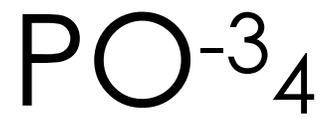
Imágenes recuperadas del sitio web Pixabay, URL: <https://pixabay.com/es/>, consultadas en agosto 2019.

N_2	NH_3
NO_3	FIJACIÓN
NITRIFICACIÓN	ASIMILACIÓN
AMONIFICACIÓN	DESNITRIFICACIÓN



Imágenes recuperadas del sitio web Pixabay, URL: <https://pixabay.com/es/>, consultadas en agosto 2019.

Guano



Imágenes recuperadas del sitio web Pixabay, URL: <https://pixabay.com/es/>, consultadas en agosto 2019.

Evaporación	Precipitación
Condensación	Transporte
Filtración	Escurrimiento



SO_4

SO_2

H_2S

Azufre

Anexo 10. Lista de cotejo para evaluar ciclos biogeoquímicos

LISTA DE COTEJO PARA EVALUAR CICLOS BIOGEOQUÍMICOS



Unidad II. ¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?

Temática: Estructura y procesos en el ecosistema

Tema: Niveles tróficos y flujo de energía (Ciclos biogeoquímicos)



Nombres de los integrantes: _____

Fecha: _____

Grupo: _____ **Turno:** _____

	Aspecto a evaluar	Sí	No	Observaciones
1	Siguen indicaciones dadas por la docente			
2	Presentan construido correctamente un ciclo biogeoquímico			
3	Identifican correctamente los niveles tróficos			
4	Identifican correctamente el flujo de energía			
5	Se establece un ambiente de respeto y tolerancia dentro del equipo			
6	Se dan oportunidad entre los integrantes para que todos participen en la actividad			

Elaborada por: Biól. Martha Patricia Rayón España

Anexo 11. Estudio de caso

Estudio de caso “Una visita a la Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA)”

(Primera parte)

Conociendo el matorral xerófilo de la REPSA

Julio, un estudiante de bachillerato, visitó junto con su grupo la REPSA; la cual se encuentra protegida (solo una porción) por Ciudad Universitaria. La profesora encargada del grupo, les dio un recorrido guiado.

Al entrar a la zona, se encontraron con la siguiente información:

“El grado y velocidad de urbanización de la Ciudad de México amenaza cada vez más a los ecosistemas, pero a pesar de esto, la ciudad aún cuenta con una importante área natural, la REPSA; la cual proporciona diversos beneficios a la población.

Estimado visitante, te invitamos a reflexionar acerca del paisaje volcánico que nos rodea, formado hace aproximadamente 1670 años por las lavas del volcán Xitle. Este paisaje, alberga un ecosistema único, el *matorral xerófilo de palo loco*. Es matorral, porque las plantas que crecen aquí son en su mayoría de baja altura; es xerófilo, porque las plantas que en él habitan están adaptadas a la vida en un medio seco y es de palo loco porque es la especie dominante y típica de esta parte del Pedregal (Castillo *et al.*, 2016”).



Aunado a esto, la profesora les comentó que la roca que forma la reserva es permeable y funciona como una zona de recarga de los mantos acuíferos. Además, les mencionó que dentro de las principales características de la REPSA, está su clima templado subhúmedo con una época de lluvias de junio a octubre.

Posteriormente, los alumnos y la profesora continuaron el recorrido.

Contesten:

1. ¿Cuál consideran que es la importancia de la REPSA?
2. ¿Cuál creen que sea la relación entre la población humana y los ecosistemas?

1. Adaptado de: Castillo, S., Martínez, Y., Nava, M. y Almeida, L. (2016). El matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y sus servicios ecosistémicos. *La biodiversidad en la Ciudad de México*, 3: 50-69.

2. Nava, M., Jujnovsky, J., Salinas, R., Álvarez, J. y Almeida, L. (2009). Servicios ecosistémicos. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Libro conmemorativo del 25 aniversario de la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria. México. 538 pp.

Observando el matorral xerófilo de la REPSA

Al seguir caminando, Julio le cuestionó a la profesora, sobre cómo era posible que después de un derrame volcánico se pudiera formar un ecosistema, a lo que esta le contestó, que es un proceso conocido como *sucesión ecológica*, el cual puede tardar años, siglos e inclusive milenios. Pero es vital la actividad de especies como líquenes y musgos, las cuales permiten el establecimiento de otras plantas en suelos recién creados o que han sido perturbados, como es el caso de la reserva.

Al continuar el recorrido, un compañero de Julio, observó un animal, pensando que era un gato, gritó señalándolo; sin embargo, una estudiante de la Universidad que se encontraba en el lugar, le mencionó que se trataba de un cacomixtle, el cual se escondió rápidamente. Todo el grupo se quedó sorprendido de todo lo que podían encontrar en la reserva. Ante el asombro, la estudiante los invitó a leer unos letreros para que conocieran más sobre la REPSA. Todos se acercaron a la información:

“Estimado visitante es importante que conozcas que esta reserva alberga una gran biodiversidad; dentro de su riqueza florística podrás encontrar muchas especies de hierbas, arbustos y pastos, así como leguminosas, dalias, orquídeas, la oreja de burro, algunos árboles como el tepozán, el emblemático palo loco, entre otros. Su riqueza faunística, se distingue por su variedad en mamíferos, dentro de los cuales destacan murciélagos y roedores, así como tlacuaches, musarañas, conejos, cacomixtles, zorra gris, entre otros.

Además, se han descrito numerosas especies de aves, anfibios y reptiles, siendo una de las más representativas de este último grupo, la serpiente de cascabel; dentro de la reserva, también se encuentran especies endémicas; es decir, que solo se encuentran en esta región, como algunas ranas y lagartijas. En cuanto a los artrópodos, hay una gran diversidad de insectos, arañas, mariposas, entre otros, siendo este grupo biológico el más abundante (Nava *et al.*, 2009; Castillo *et al.*, 2016)”.



Los estudiantes siguieron el camino, prestando más atención a lo que observaban y escuchaban; así, entre más caminaban, más se sorprendían de todo lo que encontraban.

Respondan:

3. Aparte del caso de la REPSA, describan ¿Dónde han observado o escuchado que ha ocurrido sucesión ecológica?

4. Con los elementos mencionados, esquematicen cómo se llevaría a cabo una red trófica dentro de la REPSA

5. Con todos elementos señalados, esquematicen cómo se llevarían a cabo dos ciclos biogeoquímicos dentro de la REPSA

Adaptado de: Castillo, S., Martínez, Y., Nava, M. y Almeida, L. (2016). El matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y sus servicios ecosistémicos. *La biodiversidad en la Ciudad de México*, 3: 50-69.

Nava, M., Jujnovsky, J., Salinas, R., Álvarez, J. y Almeida, L. (2009). Servicios ecosistémicos. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Libro conmemorativo del 25 aniversario de la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria. México. 538 pp.

Dejando el matorral xerófilo de la REPSA

Una vez que Julio y sus compañeros recorrieron parte de la Reserva, la estudiante se despidió de ellos comentándoles que hay que preservarla porque brinda muchos servicios a la población, además de que permiten resguardar la biodiversidad.

También, les mencionó que la Universidad junto con personal capacitado, voluntarios y estudiantes trabajan para que en la reserva existan zonas que permitan el flujo de animales, así como de aumentar la dispersión de especies nativas. Sin embargo, es una labor difícil debido al tránsito de miles de personas dentro de la Universidad (Nava *et al.*, 2009; Castillo *et al.*, 2016)".

Y que a pesar de que la Reserva es muy importante, se ha reducido considerablemente en los últimos 50 años, por lo que es fundamental que no solo los universitarios o vecinos de alrededores, sino toda la población, este informada y ayude a difundir la importancia del área.

La profesora dejó que los estudiantes conocieran un poco más de la REPSA, ya cuando era hora de marcharse, antes de salir de la reserva, la maestra les pidió a todos sus alumnos que se sacudieran bien la ropa y los zapatos, todos lo hicieron y aunque les resultó extraña la indicación, siguieron el camino hacia la salida.

Respondan:

6. Algunos autores mencionan que la sucesión de la REPSA seguirá avanzando si el crecimiento de la Ciudad lo permite. ¿Qué soluciones darían para que este proceso continúe?

7. Si un día visitan la Reserva y se dan cuenta que una persona intenta llevarse un organismo (como una planta, hongo, animal, etc.). Como estudiantes de bachillerato ¿Qué le dirían?

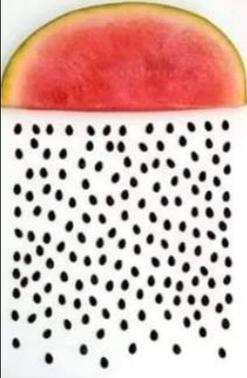
8. ¿Por qué creen que la profesora les haya dado la indicación a los alumnos de sacudir la ropa y zapatos antes de salir de la REPSA?

9. Imaginen que un día visitan la REPSA y descubren a una persona aventando semillas; al acercarse, les muestra de su celular la siguiente información que ha circulado en redes sociales:

28 de agosto · 🌐

Campaña "guarda tus semillas"

Nota: no solo aplica a carretera. Hagamos que haya árboles frutales en todas las esquinas de la CD!!!!



Por favor, si comes frutas, no tires las semillas o carozos, déjalos secar y guárdalos en una bolsita. Y cuando salgas a una carretera en tu automóvil, arrójalos por la ventana. También puedes bajar y tirarlos donde no hay árboles, lo demás lo hará la madre naturaleza. En varios países adoptaron esa idea y se dice que ahora hay árboles frutales por todos lados. Hagámoslo, y la tierra lo agradecerá.

15

1 comentario 5 veces compartido

Adaptado de Facebook, 2019

Cómo estudiantes de bachillerato

¿Qué le dirían?, ¿Estarían de acuerdo, por qué?

Adaptado de: Castillo, S., Martínez, Y., Nava, M. y Almeida, L. (2016). El matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y sus servicios ecosistémicos. La biodiversidad en la Ciudad de México, 3: 50-69.

Nava, M., Jujnovsky, J., Salinas, R., Álvarez, J. y Almeida, L. (2009). Servicios ecosistémicos. En: Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. Libro conmemorativo del 25 aniversario de la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria. México. 538 pp.

Anexo 12. Rúbrica de evaluación del estudio de caso

Rúbrica para evaluar el caso "Un visita a la Reserva del Pedregal de San Ángel"

Nombres: _____

Crterios	Muy bien (Siempre)	Bien (Frecuentemente)	Suficiente (Pocas veces)	Insuficiente (Nunca)
Disciplinar				
Identifica la idea principal o problema				
Identifica los conceptos involucrados en el caso				
Distingue entre opinión, suposición y hecho				
Habilidades y destrezas				
Interpreta los datos objetivamente				
Es capaz de dar ejemplos en apoyo a sus ideas				
Adopta la reflexión en su trabajo				
La calidad de sus pensamientos se refleja en su comunicación verbal				
La calidad de su pensamiento se refleja en su comunicación escrita				
Actitudes y valores				
Escucha y respeta las ideas de todos los integrantes				
Estolerante con la crítica en contra				
Colabora para facilitar la discusión en equipo y grupal				

Adaptada de Wassermann (1994) citado por Rivera (2017)