



# QUÍMICA I-II

**Desarrollo del pensamiento crítico mediante el análisis de textos divulgativos**

Jorge Meinguer Ledesma

María del Consuelo Pérez Pérez

ANTOLOGÍA





# ANTOLOGÍA **QUÍMICA I-II**

Desarrollo del pensamiento crítico  
mediante el análisis de textos divulgativos

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES





# QUÍMICA I-II

Desarrollo del pensamiento crítico  
mediante el análisis de textos divulgativos

ANTOLOGÍA

Jorge Meinguer Ledesma

María del Consuelo Pérez Pérez  
(Coordinadores)

**Catalogación en la publicación UNAM. Dirección General de Bibliotecas  
y Servicios Digitales de Información**

**Aviso legal**

*Química I y II. Desarrollo del pensamiento crítico mediante  
el análisis de textos divulgativos*

Esta edición de un ejemplar tuvo un peso de 5.6 MB, fue preparado por el Departamento Editorial del Colegio de Ciencias y Humanidades.

Primera edición: diciembre de 2023.

D.R. © 2023, Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad Universitaria, alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.  
Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Insurgentes Sur y Circuito  
Escolar, Ciudad Universitaria, México, C.P. 04510, Ciudad de México.  
[www.cch.unam.mx](http://www.cch.unam.mx)

D.R. © Jorge Meinguer Ledesma

D.R. © María del Consuelo Pérez Pérez

Diseño de la Colección: D.R. © Mario Palomera Torres

Diseño y formación de interiores: D.R. © Ma. Elena Pigenutt Galindo

ISBN: 978-607-30-8456-7

ISBN de la Colección: 978-607-30-5239-9

Esta edición y sus características son propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Hecho en México / Made in Mexico

## ÁREA CIENCIAS EXPERIMENTALES

---





# Índice

---

<b>Presentación</b>	<b>13</b>
<b>Justificación</b>	<b>17</b>
<b>Guía de usuario</b>	<b>21</b>
<b>I. ELEMENTOS TEÓRICOS</b>	<b>25</b>
1.1 El pensamiento crítico en la educación científica	26
1.2 Interrelación entre la divulgación de la ciencia y la educación científica	37
1.3 El uso de textos de divulgación científica como herramienta para fomentar el pensamiento crítico	42
<b>II. ESTRATEGIAS DE LECTURA CRÍTICA</b>	<b>49</b>
<b>Estrategia 1. Cuidado y aprovechamiento del agua</b>	<b>50</b>
Presentación	50
Texto: “Cosecha de lluvia”	53
Actividades de aprendizaje	56
<b>Estrategia 2. Contaminación atmosférica, un riesgo         para el planeta y la salud</b>	<b>91</b>

Presentación	91
Texto: “Temporada de ozono”	95
Actividades de aprendizaje	99

**Estrategia 3. Importancia del nitrógeno en el suelo y su problemática ambiental** 128

Presentación	128
Texto: “La cascada de nitrógeno”	132
Actividades de aprendizaje	136

**Estrategia 4. Una dieta saludable es cuestión de química** 164

Presentación	164
Texto: “¿Estás comiendo bien?”	167
Actividades de aprendizaje	172

**III. INSTRUMENTOS PARA EVALUAR**

**EL PENSAMIENTO CRÍTICO** 204

3.1 Rúbrica para evaluar el pensamiento crítico	204
3.2 Valoración del aprendizaje actitudinal	210
3.3 Rúbrica para evaluar la argumentación escolar	213

**IV. REFERENCIAS** 218





# Presentación

---

La antología didáctica que se presenta a continuación es producto del trabajo colegiado de profesores de las áreas de Ciencias Experimentales y Talleres de Lenguaje y Comunicación, pertenecientes al Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Sur. Este recurso educativo constituye el producto principal del proyecto INFOCAB PB201320 desarrollado durante el ciclo escolar 2019-2020. Su propósito es proporcionar a los profesores que imparten las asignaturas de Química I y II, una compilación de estrategias educativas, basadas en la lectura, el análisis y la problematización de textos divulgativos, tendientes al desarrollo y fomento del pensamiento crítico en el alumnado. El diseño de las estrategias considera tanto los contenidos de los Programas de estudio actualizados de las asignaturas de Química I y II como los fundamentos pedagógicos y los principios filosóficos del Colegio, por lo que esta antología ofrece un recorrido didáctico para el desarrollo del aprender a aprender, aprender a hacer y aprender a ser, al que se suma el aprender a convivir, propuesto por la UNESCO.

En el presente recurso didáctico, se ofrece una fundamentación teórica basada en la noción del pensamiento crítico de Paul y Elder (2007) y su valor en la educación científica; la inclusión de cuatro textos divulgativos de la editorial *¿Cómo ves?* de la UNAM, los cuales constituyen la base de las estrategias didácticas compiladas, una descripción de las actividades sugeridas en su análisis, las cuales contemplan diversas rutas de experimentación e investigación documental. Posteriormente, se presentan diversas herramientas de evaluación formativa en torno al pensamiento crítico que consideran el trabajo individual, en pares y en pequeños grupos. En la última parte, se ofrece un listado amplio de las referencias bibliográficas que dan sustento teórico, pedagógico y metodológico a esta publicación.

Los autores de la antología dirigida a los cursos de Química I y II, esperamos que sea una fuente de consulta útil para los docentes interesados en el impulso del pensamiento crítico y el fomento de una enseñanza contextualizada de la química en el bachillerato universitario. También que, la aplicación de las estrategias presentes en esta publicación, contribuya en la formación y el desarrollo de diversas habilidades como la indagación, la argumentación y la participación informada en el alumnado. Aptitudes que contribuyen a edificar una formación integral, un objetivo distintivo del Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades.

Finalmente, los autores de esta publicación agradecemos a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico

(DGAPA) de la UNAM, por el financiamiento recibido para su elaboración en el proyecto INFOCAB PB201320. También se agradece a la Mtra. Estrella Burgos Ruiz† editora de la Revista *¿Cómo ves?* y a la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM por las facilidades otorgadas para el acceso y uso de los textos divulgativos presentados.





# Justificación

---

En el documento *Orientación y Sentido del área de ciencias experimentales* (2016) de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCH), se reconoce como un objetivo importante promover la comprensión de la ciencia como una parte integral de la cultura, es decir, como un bien intelectual que posibilita una mejor comprensión de su entorno y capacita al estudiantado para desenvolverse de mejor forma en este. Asimismo, en los programas de estudio vigentes de las asignaturas de Química I y II se menciona que una tarea esencial de la labor docente es fomentar la interacción responsable y consciente entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (CCH, 2016). En consecuencia, el impulso del pensamiento crítico y de una cultura científica se contemplan como aspectos relevantes porque capacitan al estudiantado en la resolución de problemas en el contexto de la vida cotidiana, permiten la construcción de explicaciones a fenómenos naturales, tecnológicos y sociales, posibilitan adoptar actitudes responsables frente al desarrollo científico, así como participar activamente y con fundamento en la toma de decisiones (Meinguer, 2016).

Por otro lado, en los programas de estudio actualizados de las asignaturas de Química I y II de la ENCCCH (2016, p. 12), se mencionan como propósitos generales de estos cursos:

- Promover la imagen de la ciencia como una actividad profundamente humana, creativa, socialmente responsable, orientada a elaborar modelos para explicar la realidad, con límites a su validez y, por lo tanto, en constante evolución.
- Promover la valoración del conocimiento químico y las tecnologías respectivas en relación con la calidad de vida, sus efectos en el medio ambiente natural y social.
- Aplicar los conceptos básicos de la asignatura de Química para favorecer explicaciones fundamentadas de las propiedades de las sustancias y de los procesos que ocurren en el entorno cotidiano, en particular en aquellos relacionados con los contextos considerados en los programas de Química I y Química II.

Tomando en cuenta lo anterior, se puede constatar que existe una fuerte conexión entre el objetivo central de esta antología (el desarrollo del pensamiento crítico) con la visión pedagógica y disciplinar presente en los programas de estudio de Química I y II de la institución. Pues en estos, se menciona como relevante el análisis reflexivo de la información disciplinar, impulsar la valoración del conocimiento químico a partir de sus implicaciones tecnológicas, ambien-

tales y sociales, así como desarrollar valores y actitudes que fomenten la responsabilidad en torno al conocimiento científico. Metas que son afines con el impulso de la criticidad del pensamiento en la educación científica.

Otro elemento donde la coincidencia es muy marcada entre lo estipulado en los programas de estudio de las asignaturas en cuestión y la metodología que se propone seguir en este recurso didáctico, es lo concerniente a las fuentes de información y las estrategias propuestas en su análisis. En las estrategias sugeridas para construir aprendizajes y dar cobertura a los ejes temáticos de los planes de estudio de los cursos de Química I y II en el Colegio, se invita a incentivar la investigación documental usando artículos provenientes de revistas divulgativas, notas periodísticas y videos mediáticos. Acciones que son recuperadas en este recurso didáctico ya que, como se ha mencionado, las estrategias que lo articulan giran en torno a la revisión y problematización de textos divulgativos para generar una interpretación crítica de temas curricularmente relevantes, con fuertes implicaciones socioambientales. En lo concerniente al análisis de las fuentes antes mencionadas, en los programas de estudio de las asignaturas en cuestión se recomienda fomentar el trabajo cooperativo en pequeños grupos, la construcción de escenarios de diálogo y deliberación de ideas, promover la autorregulación del aprendizaje, así como hacer uso de las TIC en la búsqueda y manejo de información. Este esquema didáctico abierto, horizon-

tal y flexible da cauce a las actividades escolares propuestas en esta publicación.

En lo referente a los textos divulgativos compilados, estos fueron seleccionados por su relación con contenidos claves que figuran en los programas de estudio vigentes de Química I y II en la ENCCH, como es el caso de la escasez y cuidado del agua, la contaminación atmosférica, el daño a los suelos por la actividad humana, así como el reconocimiento del papel que juega la química en la alimentación. Los materiales de lectura elegidos, al pertenecer al campo de la comunicación pública de la ciencia, poseen cierta carga de subjetividad, la cual puede conducir a los estudiantes a analizar, cuestionar, contrastar, reflexionar y emplear la información consultada de forma responsable, contribuyendo con ello, al desarrollo del pensamiento crítico. Otros criterios que se consideraron en su elección fueron el adecuado tratamiento que hacen de los conceptos sobre los temas abordados, el estar redactados de forma clara, sencilla y precisa. Cuestiones que los convierten en fuentes asequibles para estudiantes del bachillerato.

Los autores de esta publicación didáctica consideramos que el material compilado en esta antología robustece el trabajo educativo en torno a la química en la ENCCH, ya que al tener como metas centrales el impulso del pensamiento crítico y la enseñanza contextualizada, su utilización puede repercutir favorablemente en la formación de una cultura científica en el estudiantado.

# Guía del usuario

---

## Estructura de la antología

Con el propósito de ofrecer elementos suficientes en torno al impulso del pensamiento crítico mediante el análisis de textos divulgativos en las clases de química en la ENCCH, este recurso didáctico se ha estructurado en cuatro apartados, los cuales se describen a continuación:

- 1. Elementos teóricos.** En esta sección se ofrece una definición del pensamiento crítico, se discuten las contribuciones que su impulso puede proveer en la educación científica y se abordan aspectos relacionados con el estado del arte de la metodología propuesta en este recurso didáctico. Este apartado de la antología está dirigido a los docentes de química que consulten este recurso didáctico.
- 2. Estrategias de lectura crítica.** Se presentan cuatro estrategias de lectura crítica: dos para abordar los ejes temáticos del programa de estudios de Química I y dos correspondientes al de Química II. En cada una se ofrece una breve descripción de los contenidos disciplinares

por abordar, los aprendizajes implicados, la referencia del material de lectura analizado, la secuencia de actividades diseñadas para su análisis y su problematización.

3. **Instrumentos de evaluación.** En este apartado se presentan dos instrumentos de evaluación en forma de rúbricas que resultan útiles para valorar el desarrollo de elementos del pensamiento crítico y la argumentación. Ambas rúbricas favorecen la evaluación formativa. La primera fue elaborada tomando como referente la visión de la criticidad de Paul y Elder (2006). Mientras que la segunda, toma en consideración los aspectos esenciales que debe considerar un sujeto, al exponer de manera coherente y fundamentada una explicación, argumento o conclusión sobre una temática específica.
4. **Referencias consultadas.** En esta última sección se ofrece un amplio listado de referencias que dan sustento al trabajo teórico y metodológico presente en este recurso didáctico. Los materiales citados pueden resultar de interés para los académicos interesados en profundizar en las cuestiones teórico-pedagógicas que guiaron la elaboración de esta publicación.

En lo concerniente a las actividades de aprendizaje, la propuesta metodológica para incentivar el pensamiento crítico en las estrategias compiladas se desarrollan en cuatro etapas: I) exploración de conocimientos previos; II) análisis de contenido de los materiales de lectura; III)

problematización conceptual y contextual de los textos y, IV) elaboración de un producto final por parte del estudiantado.

En la primera etapa, se sugiere una serie de actividades para explorar los conocimientos previos de los alumnos sobre los contenidos presentes en los textos divulgativos seleccionados. En la segunda fase, el alumnado lleva a cabo un análisis general de los contenidos presentes en los materiales de lectura. Esta labor requiere la identificación de ideas centrales, evidencias, datos relevantes, el reconocimiento de la posición de los autores sobre los temas referenciados, así como la formulación de juicios e inferencias. La tercera etapa tiene como finalidad que los alumnos problematicen los textos desde una óptica conceptual y contextual. En el primer caso, se diseñaron actividades experimentales breves (salvo en la segunda estrategia donde se propone una indagación teórica en torno al problema de la capa de ozono). En lo que atañe a la revisión de lo contextual, se plantean actividades que comprenden investigaciones de corte documental sobre la dimensión CTS-A (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente). Finalmente, en la cuarta etapa del proceso de análisis textual, se solicita a los alumnos que elaboren productos como trípticos, ensayos, muros colaborativos tipo *padlet* e infografías. Se sugiere la coevaluación de estos productos y su retroalimentación mediante dinámicas de pares. Para ello, se ofrecen listas de cotejo al final de cada estrategia.

En cuanto al enfoque didáctico, las primeras tres etapas de análisis se propone llevarlas a cabo en un esquema basado en el trabajo colaborativo en pequeños grupos, el diálogo y la mediación docente como estrategias de autorregulación del aprendizaje. Esto debido a que en la literatura se menciona que, cuando la construcción de aprendizajes está basada en la colaboración, la interacción y la participación en situaciones dialógicas, se suscita el desarrollo de habilidades de orden superior como indagar, juzgar, inferir, argumentar y reflexionar de forma coherente (Oliveras y Sanmartí, 2013). Todas ellas, aptitudes necesarias para la formación del pensamiento crítico. Únicamente en la cuarta etapa metodológica, la cual guarda relación con la elaboración de un producto final, se recomienda promover el trabajo individual. Esto con el objetivo de contar con evidencias de los logros de aprendizaje conseguidos en este plano.

Como se ha señalado con anterioridad, se pretende que los elementos teóricos, los textos divulgativos seleccionados, las estrategias de análisis textual propuestas, los instrumentos de evaluación y las referencias bibliográficas presentes en este recurso didáctico abonen en una enseñanza más horizontal, reflexiva y significativa de la química en la ENCCH de la UNAM.



# **I. Elementos teóricos:** incorporación de textos divulgativos como estrategia para promover el pensamiento crítico

En esta sección se abordan algunos elementos teóricos que justifican la pertinencia de la metodología propuesta en esta antología didáctica. El apartado comienza presentando una definición del pensamiento crítico y discutiendo algunas aportaciones que pueden generar su impulso en la educación científica. Posteriormente, se indaga sobre la interrelación existente entre la divulgación y la educación científica, así como el impacto que tiene la incorporación de textos divulgativos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia.

## 1.1 El pensamiento crítico en la educación científica

### 1.1.1 ¿Qué es el pensamiento crítico?

En el ámbito de la educación formal, al pensamiento crítico se le suele contemplar como un medio que favorece la comprensión significativa y reflexiva de los contenidos disciplinares, la resolución de problemas así como la toma de decisiones informadas (Facione, 2007). A pesar de su amplio reconocimiento en el discurso educativo y social contemporáneo, la promoción sistematizada del pensamiento crítico en el ámbito escolar ha sido escasa. Esto, debido a la falta de claridad que impera en los docentes sobre su significado, sus objetivos más inmediatos, sus alcances, así como su valor, tanto dentro como fuera de las aulas (Wright, 2002). Por tal razón, en este primer apartado se analiza el origen y los elementos que configuran esta noción desde una perspectiva analítica, ya que esta visión es la que ha tenido mayores repercusiones en el campo de la educación. Posteriormente, se discuten algunos objetivos o contribuciones que pueden asociarse al impulso de la criticidad del pensamiento en la educación científica.

El término “pensamiento” es un sustantivo que proviene del latín *pensare* y que hace alusión al verbo pensar, una acción que la literatura asocia con la capacidad de recrear la realidad mediante estímulos internos y externos para diferentes fines. Por razones prácticas, se toma como definición

de pensamiento la que ofrece el filósofo Manuel de Vega, ya que es una de las más aceptadas en el campo de las ciencias cognitivas. Según el autor, se entiende como pensamiento a una actividad compleja del sistema cognitivo que surge cuando nos enfrentamos a una tarea o a un problema con un objetivo definido y con cierto nivel de incertidumbre en su realización (De Vega, 1990).

Por otro lado, la palabra crítico procede del griego *kri-tikos* que posteriormente fue latinizada como *criticus* y que en español hace alusión a crítica, por lo que puede asociarse a toda acción que tiene como objeto criticar o problematizar. Uno de los primeros filósofos que relacionó el término de crítica con el razonamiento fue el filósofo Immanuel Kant (1724-1804). Para este pensador, la crítica puede contemplarse como un proceso que hace posible que la razón construya conocimientos fundamentados e incluso asoció a esta acción la función de dar legitimidad a todo intento de raciocinio (Kant, 2002). El éxito de su trabajo contribuyó de forma importante para que el estudio del razonamiento se consolidara de manera formal en el campo de la filosofía.

Tomando en cuenta lo anterior, se puede conceptualizar el pensamiento crítico como una acción intelectual encaminada al análisis o problematización racional de un tema, fenómeno o hecho de interés. Su propósito es generar cuestionamientos, mejores juicios y razonamientos orientados a una comprensión exitosa del contexto que nos rodea (Meinguer, 2018). En la actualidad, existen dos vertientes

académicas en torno a la caracterización del pensamiento crítico. La primera tiene su origen en las disciplinas sociales, en las que el pensamiento crítico está fuertemente ligado con la Escuela de Frankfurt y el análisis sociopolítico. Mientras que la segunda (que es de interés en esta publicación) proviene de la filosofía analítica así como de las ciencias cognitivas y está vinculada con el desarrollo de la integridad intelectual de las personas, un objetivo que es inherente a la educación.

En el campo de la filosofía analítica, el término *critical thinking* (pensamiento crítico) comenzó a figurar a mediados de la década de los setenta, con un movimiento que se generó en países anglosajones por profesores insatisfechos con los logros de aprendizaje obtenidos en los cursos tradicionales de lógica formal o proposicional. Como alternativa, este movimiento académico promovió la enseñanza del pensamiento crítico el cual, desde sus inicios, se vinculó con el análisis del razonamiento de lo cotidiano. Posteriormente, para referenciar su estudio se usaron títulos como lógica práctica, lógica aplicada y lógica informal, siendo este último el que logró mayor aceptación en el ámbito académico (Herrera, 2008).

En la tradición analítica, al pensamiento crítico se le relaciona con la comprensión y evaluación de argumentos en sus hábitats naturales, como es el caso del jurídico, estético, ético, científico, etcétera. Esta visión fue cobrando relevancia en la educación gracias a los trabajos del denominado

Grupo de los cinco, un núcleo de filósofos norteamericanos que ejercieron activamente la docencia y realizaron valiosas contribuciones acerca del papel que juega este proceso epistémico en la formación intelectual de las personas (Boisvert, 2004). El Grupo de los cinco constituye un referente en la literatura sobre el pensamiento crítico y está integrado por los filósofos John McPeck, Robert Ennis, Harvey Siegel, Matthew Lipman y Richard Paul. Los trabajos de este último son los que han tenido mayor impacto en el campo de la enseñanza de las ciencias. Por tal razón, su visión constituye el basamento teórico de esta publicación didáctica.

### 1.1.2 La noción de pensamiento crítico de Paul y Elder

Según Richard Paul y Linda Elder (2007), el pensamiento crítico puede definirse como un modo de pensar sobre cualquier tema, contenido o problema en el que un sujeto mejora la calidad de su pensamiento inicial; esto, al ocuparse con habilidad de las estructuras inherentes al acto de pensar y evaluarlas mediante estándares intelectuales. Así, la clave para desencadenar una mejora del pensamiento está en reestructurarlo como producto de su análisis y evaluación. En esta perspectiva, se señala que un pensador crítico se distingue por mostrar los siguientes rasgos intelectuales:

- Formula problemas y preguntas con claridad y precisión.
- Acumula, maneja, evalúa información relevante y usa

ideas abstractas para interpretar esa información efectivamente.

- Llega a conclusiones y soluciones, probándolas con criterios y estándares relevantes.
- Piensa con una mente abierta dentro de los sistemas alternos de pensamiento.
- Reconoce y valora, según sea necesario, los supuestos, implicaciones y consecuencias prácticas alrededor de un tema.
- Al idear soluciones a problemas, se comunica efectivamente (Paul y Elder, 2006).

Esta definición del pensamiento crítico se basa en una articulación de tres rubros: elementos de pensamiento, estándares y características o virtudes intelectuales. Para Paul y Elder (2007), el acto de pensar está basado en ocho elementos: 1) un propósito, objetivo o meta; 2) el intento de dar solución a una pregunta, problema o la necesidad de explicar algo; 3) el manejo de información (datos, evidencias e ideas), en el entendido de que el pensamiento es tan sensato como la información en que se basa; 4) la formulación de inferencias y juicios para llegar a conclusiones sólidas; 5) el reconocimiento de los supuestos o ideas implícitas que se dan por hecho en el estudio de una temática en particular; 6) el manejo de teorías y conceptos que se consideran claves para comprender un fenómeno dentro de una disciplina; 7) la identificación de las implicaciones y consecuencias en el

estudio de un tema y, 8) la consideración de diferentes puntos de vista.



**Imagen 1.** Elementos que posibilitan el desarrollo del pensamiento crítico. Imagen tomada de Paul y Elder (2006).

El segundo rubro se compone de estándares intelectuales, los cuales son referenciados como criterios universales. Estos deben de usarse cuando se pretende valorar la calidad del razonamiento sobre un problema, tema o contenido de interés. Los estándares referenciados en esta visión de la criticidad son la claridad, exactitud, relevancia, lógica, profundidad, amplitud e imparcialidad. La claridad tiene como función eliminar la ambigüedad en el pensamiento y la adopción de una posición manifiesta; la exactitud se

relaciona con la construcción de un saber respaldado por evidencias; la relevancia con la pertinencia que tienen las ideas formuladas en un campo disciplinar o contexto determinado; la lógica alude a la coherencia en la interpretación y la elaboración de argumentos; la profundidad a evitar la superficialidad o el maniqueísmo en el proceso de razonar; la amplitud a considerar diferentes perspectivas al analizar un tema y la imparcialidad fomenta la objetividad al evaluar razonamientos.

Los estándares aplicados a los ocho elementos de pensamiento ayudan a manejar y procesar información con rigor, a hacer significativo el aprendizaje de los contenidos de un área de conocimiento, así como a la consecución de un entendimiento profundo y duradero. Desde el enfoque propuesto por Paul y Elder (2006), la criticidad invita a pensar arribando a conclusiones, a defender posiciones sobre asuntos controversiales o complejos, a transferir ideas a otros contextos y a reconocer inconsistencias o contradicciones en el razonamiento con el fin de mejorarlo.

El tercer elemento presente en la noción de pensamiento crítico de Paul y Elder (2007) es el desarrollo de una serie de cualidades disposicionales que estos autores denominan características o virtudes intelectuales, las cuales son referenciadas como pautas para reconocer la excelencia en el pensamiento. En este núcleo disposicional destaca la formación de la honestidad, la autonomía, la integridad y la perseverancia intelectual.



<b>Teorías en educación y su impacto en el desarrollo del pensamiento crítico</b>	
<b>Teoría dominante</b>	<b>Teoría crítica emergente</b>
La necesidad fundamental de los estudiantes es ser enseñados más o menos directamente sobre qué pensar y cómo pensar.	La necesidad fundamental de los estudiantes es ser enseñados sobre cómo pensar y no qué pensar.
El conocimiento es independiente del pensamiento que genera, organiza y aplica.	Todo conocimiento o contenido es generado, organizado, aplicado, sintetizado, y evaluado por el pensamiento.
Una persona educada es fundamentalmente un depósito de contenidos análogo a una enciclopedia o base de datos.	Una persona educada es fundamentalmente un depósito de estrategias, principios, conceptos e <i>insights</i> , encajados en un proceso de pensamiento más que en hechos atomizados.
Conocimiento, verdad y comprensión pueden ser transmitidos de una persona a otra a través de proposiciones verbales o textos escritos didácticamente.	Conocimiento y verdad son raramente, y el <i>insight</i> nunca, transmitidos de una persona a otra por la simple transmisión de la proposición verbal.
Los estudiantes no necesitan ser enseñados en habilidades de escucha para aprender de otros.	Los estudiantes deben ser enseñados sobre cómo escuchar críticamente.
Las habilidades básicas de lectura y escritura pueden ser enseñadas sin énfasis en habilidades de pensamiento de orden superior.	Las habilidades básicas de lectura y escritura son habilidades inferenciales que requieren pensamiento crítico.
Si los estudiantes no tienen preguntas es porque han aprendido bien.	Si los estudiantes no tienen preguntas no han aprendido cómo lo han hecho quienes tienen preguntas.
Las clases silenciosas reflejan que los estudiantes están aprendiendo.	Clases silenciosas reflejan poco aprendizaje de los estudiantes.
Conocimiento y verdad pueden ser aprendidos mejor siendo descompuestos en elementos y estos en subelementos, para ser enseñados secuencial y atomizadamente.	Conocimiento y verdad son fundamentalmente sistémicos y holísticos, y sólo pueden ser aprendidos por síntesis continuas (así la educación debería estar organizada en torno a problemas y conceptos básicos).
Se logra un conocimiento significativo sin profundizarlo o evaluarlo.	La gente logra conocimiento cuando lo profundiza y evalúa.
Es más importante cubrir una gran cantidad de información con poca profundidad.	Es mejor menor cantidad de información en profundidad.
El profesor tiene la responsabilidad del aprendizaje del estudiante.	El estudiante incrementa su aprendizaje si se hace responsable.
El aprendizaje es esencialmente un proceso privado monológico.	El aprendizaje es un proceso dialógico, público y emocional.
La ignorancia es un vacío.	Prejuicios, sesgos y conceptos equivocados deben ser descompuestos.

**Imagen 2.** Diferencias entre la visión neopositivista de la educación y la pedagogía crítica. Tomado de Alvarado (2014).

Tomando en cuenta lo expuesto en párrafos anteriores, se puede aseverar que pensar críticamente es conducente a fincar una vida más racional, benéfica y productiva. En este sentido, Paul y Elder (2006) mencionan que las personas que son críticas suelen ser congruentes con el principio socrático que dice “una vida sin examinarse no vale la pena ser vivida”, porque son conscientes de que muchas vidas donde prevalece la irreflexión y el pensamiento de mala calidad dan como resultado una sociedad peligrosa, gris, injusta y sin sentido.

### **1.1.3 El valor del pensamiento crítico en la educación científica**

Al definir el pensamiento crítico como un tipo de razonamiento reflexivo que dota de rigor al proceder intelectual de las personas, se pueden establecer tres aportaciones que su desarrollo puede ofrece al ámbito de la educación científica: 1) potenciar el entendimiento temático o disciplinar, 2) favorecer la argumentación en las aulas y laboratorios y, 3) coadyuvar en la formación de cualidades disposicionales que son propias de la responsabilidad intelectual (Mein-guer, 2018).

La principal función del pensamiento crítico en el ámbito de la educación científica es suscitar el entendimiento reflexivo de los contenidos disciplinares, es decir, el reconocimiento de la consistencia, la validez y el significado que posee la información disciplinar que se comunica en las aulas.

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, Paul y Elder (2007) sostienen que la criticidad del pensamiento favorece el entendimiento reflexivo de un tema o contenido al articular ocho elementos que son inherentes al acto de pensar y valorarlos con estándares intelectuales. Estos elementos del pensamiento no son independientes, sino que funcionan uno en relación con el otro, permitiendo fincar relaciones explicativas basadas en la objetividad y la coherencia.

La segunda ventaja que ofrece la promoción del pensamiento crítico en las aulas y laboratorios de ciencias es el fomento de la argumentación escolar. Para ello, esta aptitud no debe contemplarse como una relación estrictamente lógica entre una serie de premisas y su conclusión, sino como un acto lingüístico por medio del cual se busca persuadir, convencer o resolver un problema en una situación dialógica (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012). Desde esta óptica, la aptitud de argumentar implica comunicar, valorar, refutar, analizar y decidir. Todas estas son habilidades que comparte con la criticidad del pensamiento.

En el campo de la educación científica, la argumentación es definida como una habilidad que promueve la explicitación de las representaciones internas que construyen los estudiantes sobre los contenidos estudiados en clase (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012). Su valor reside en su naturaleza informal (no axiomática), ya que permite dar cauce a los discursos sociales, esto es, al contexto que enmarca y dota de significado al aprendizaje. El pensamiento crítico al ser un proceso basado

en el análisis y valoración de información, su impulso puede coadyuvar al reconocimiento de presupuestos subyacentes en la construcción de argumentos, a la evaluación de su consistencia, rigor y veracidad, así como a la acción comunicativa. Por lo anterior, resulta claro que, en el marco de la enseñanza de las ciencias, el pensamiento crítico y la argumentación son dos cuestiones imbricadas que favorecen los procesos de metacognición y contextualización.

La tercera aportación, que se puede asociar con el impulso de la criticidad del pensamiento en el ámbito escolar, es la formación de una serie de aptitudes que potencian la integridad intelectual en el estudiantado. A estas cualidades disposicionales, Paul y Elder (2007) denominan virtudes intelectuales y suelen ser agrupadas en el campo de la epistemología analítica bajo la noción de responsabilidad epistémica (Code, 2011). De esta manera, la justificación de los logros cognitivos guarda una estrecha relación con el proceder de un sujeto al llevar a cabo una tarea o actividad intelectual. En este contexto, la responsabilidad puede asumirse como un medio para acentuar y reconocer la naturaleza activa de un buen conocedor.

En el caso concreto del pensamiento crítico, la responsabilidad se asocia con la búsqueda y selección de información, así como el uso que se le da a esta para suscitar el entendimiento y participar en la discusión de un tema específico en el campo de una disciplina. De tal forma que, cuando virtudes como la autonomía, la honestidad, la empatía y la perseveran-

cia intelectual se atrincheran, convirtiéndose en disposiciones estables en el accionar de una persona, estas le confieren prestigio y credibilidad. En consecuencia, para catalogar a un individuo como crítico es necesario que además de exhibir rigor y coherencia en el plano cognitivo, manifieste un proceder responsable en su orientación hacia el mundo, hacia el propio yo que busca conocimiento y hacia otros sujetos semejantes como parte del mundo (Code, 2011.). Esta visión cobra sentido si se le relaciona con el ideal contemporáneo que reivindica a las sociedades democráticas de transformar a su población en una sociedad informada y participativa (Santesteban, 2013).

Recapitulando, esta breve caracterización del pensamiento crítico y sus aportaciones al ámbito de la educación científica busca ampliar el dominio y despertar el interés sobre esta noción en el profesorado, ya que ello redituará en potenciar su desarrollo en la práctica docente.

## **1.2 Interrelación entre la divulgación de la ciencia y la educación científica**

### **1.2.1 Definición y objetivos de la comunicación pública de la ciencia**

En México por una tradición heredada, se utiliza la palabra *divulgación* para referenciar el proceso de acercar los avances que genera la ciencia a la población. Sin embargo,

especialistas en dicha área coinciden en señalar que la denominación correcta de esta actividad es la de *Comunicación Pública de la Ciencia* (Alcíbar, 2015). Como en el caso del pensamiento crítico, no existe una definición universal que abarque todos los aspectos teóricos y prácticos que involucra la comunicación pública de la ciencia, ya que esta responde a diversas perspectivas alrededor del mundo. No obstante, se pueden mencionar algunos elementos distintivos.

La comunicación pública de la ciencia es una labor multidisciplinaria porque en su accionar intervienen especialistas de diferentes disciplinas como científicos, filósofos, comunicadores, educadores e inclusive artistas. En un sentido general, la comunicación pública de la ciencia es un proceso dinámico que ocurre entre una comunidad de expertos y un público diverso, el cual suele ser no especializado. Esta acción tiene como finalidad difundir, mediar y recrear el conocimiento científico a partir de una variedad de estrategias y medios en contextos educativos informales y formales. De manera específica, Sánchez (2010) asocia tres objetivos primordiales a la divulgación de la ciencia: la apreciación pública de la ciencia, el fomento de una cultura científica y la participación informada en materia de ciencia y tecnología.

La apreciación de la ciencia remite a un proceso de comunicación social, así como al impacto de este proceso en la formación de conocimientos, actitudes y expectativas sociales favorables en torno a la ciencia y la tecnología

(Polino y Fazzio, 2003). Por su parte, el fomento de una cultura científica es un objetivo que busca incorporar a la ciencia como un elemento relevante en el acervo cultural de la población, independientemente de su grado escolar o perfil profesional. Un ambicioso fin que implica ejercer la crítica de las prácticas científicas, valorar sus aportaciones, reconocer y poner en relieve sus aplicaciones, así como utilizar el conocimiento científico de manera práctica y ética (Estrada, 2014). La tercera función que se relaciona con el proceso de comunicar la ciencia es la denominada participación ciudadana, una meta que forma parte del discurso social y educativo actual. Concretamente se relaciona con el ideal de democratizar el conocimiento en materia de ciencia y tecnología. Una cuestión que permitiría a los ciudadanos participar en los debates y en la toma de decisiones informadas sobre cuestiones de alta relevancia social que guardan relación con el desarrollo científico (Sánchez, 2010).

Otros aspectos relevantes por mencionar en torno a la divulgación de la ciencia es que se sitúa en la geografía de la educación informal, por lo que es una actividad paralela e independiente del sistema educativo, es espontánea y voluntaria porque consiste en la libre participación en situaciones de aprendizaje, permanente porque puede cultivarse durante toda la vida de una persona, no dirigida ya que su audiencia se caracteriza por la diversidad. Se manifiesta en una gran variedad de medios como museos, libros, re-

vistas de divulgación, prensa, productos audiovisuales (radio, cine, video y televisión), tecnologías digitales, ferias, clubes y cafés de ciencias, por mencionar algunos.

### **1.2.2 Aportaciones de la divulgación de la ciencia en el ámbito escolar**

En la educación escolarizada, la divulgación científica cumple una función complementaria en el proceso de enseñanza de la ciencia porque llena vacíos informativos concernientes a los nuevos avances que la comunidad científica está desarrollando, contribuye al desarrollo de la educación permanente y fomenta actitudes positivas hacia el conocimiento científico (Calvo, 2003). Divulgadores y educadores coinciden en que la comunicación pública de la ciencia es una loable compañía de la educación formal, ya que hace posible la creación e implementación de herramientas didácticas que han modificado de manera sustancial la forma de presentar los contenidos en las aulas, como es el caso de los blogs de ciencia, las revistas y publicaciones divulgativas, documentales y material audiovisual, así como los diversos tipos de *software* para modelar el mundo estelar, celular, molecular, los enlaces químicos, los cambios en el clima, la evolución de las especies, las funciones matemáticas, entre otras (Reynoso, 2002).

Considerando las aportaciones de la divulgación científica al proceso de enseñanza de la ciencia, Ángel Blanco



(2004) propone estudiar su impacto mediante tres ejes: como recurso didáctico (con su presencia en medios como la prensa, la radio, la televisión o el cine), como fuente de aprendizaje (se ha constatado que las concepciones o ideas previas de los alumnos sobre la ciencia tienen orígenes muy diversos, entre los que se encuentran los discursos presentes en los medios de comunicación) y objeto de estudio (alude a la importancia de capacitar a los estudiantes en el manejo y comprensión de la ciencia presente en los medios de comunicación). Las tres perspectivas son legítimas y necesarias para analizar las relaciones que se están tejiendo entre la divulgación y la educación científica. Sin embargo, es importante considerar que cada una de ellas sirve a propósitos o fines distintos.

En el contexto actual es necesario reconocer que la escuela no es hoy en día (al menos para los estudiantes de etapas obligatorias), la única instancia ni la fuente más atractiva para adquirir información y construir aprendizajes en torno a la ciencia. Por consiguiente, la educación científica debe apoyarse en la comunicación pública de la ciencia, teniendo en cuenta que, las formas y los enfoques para hacerlo constituyen asuntos abiertos de investigación.

## **1.3 El uso de textos de divulgación científica como herramienta para fomentar el pensamiento crítico**

### **1.3.1 La importancia de la lectura en el proceso de enseñanza de las ciencias**

La lectura constituye uno de los pilares sobre los que está cimentada la educación, gracias a ella es posible desarrollar una serie de habilidades y estrategias cognitivas que se ponen en marcha durante toda la vida. La lectura, dentro o fuera del aula, permite que los estudiantes se apropien de nuevos conocimientos, aprendan el lenguaje de la ciencia y puedan confrontar sus puntos de vista con otras personas (Marbá y Márquez, 2009). Por consiguiente, la educación científica debería estimular más el hábito de la lectura, pues con ello se contribuye a edificar una formación integral.

Sin embargo, en los últimos años, la tendencia no ha ido en esta dirección, la falta de interés del alumnado sobre los textos científicos tradicionales y por la ciencia en general, ha ocasionado que los docentes simplifiquen al máximo la actividad lectora. Como resultado, predomina en los salones de clase la revisión de manuales, diapositivas y libros de texto como estrategia para memorizar o dominar información, en lugar de procesos críticos centrados en su interpretación. Para revertir esta situación, varios académicos

han planteado la necesidad de redimensionar el papel de la lectura en la educación científica, así como ampliar el tipo de recursos textuales presentes en su enseñanza.

En el primer caso, existe el consenso de que la lectura va más allá de ser un simple instrumento para la transmisión del conocimiento, contemplándose como una actividad que permite contrastar las ideas y las teorías de la ciencia con las creencias de un lector, posibilitando con ello, que estas sean revisadas, modificadas o reforzadas. Por ejemplo, Olson (2001) define a la lectura como una tarea epistemológica donde un sujeto interactúa con tres mundos distintos: el mundo de papel representado por un texto, el mundo del lector con sus ideas previas y el mundo exterior con su contexto. De esto se sigue el reconocimiento de que los textos no son los que proveen significados en el proceso de lectura, sino la materia prima a partir de la cual cada persona puede construir conocimientos (Márquez y Prat, 2005). En lo referente al uso de materiales de lectura de distintos géneros en las clases de ciencias, el filósofo Daniel Cassany (2010) sostiene que la pertinencia de preparar a los jóvenes a interpretar todo tipo de textos se debe a que esta labor coadyuva a edificar un verdadero saber social. Esto, si se considera que interpretar requiere tomar conciencia del valor y el uso que tiene un texto tanto en el plano individual como en el colectivo.

Por lo expuesto en esta sección es posible aseverar que, impulsar la lectura en la educación científica ofrece impor-

tantes ventajas en la formación de los estudiantes como favorecer la indagación, el diálogo y la búsqueda de certezas en el trabajo intelectual. Por ende, uno de los retos actuales del profesorado es conseguir que una vez que el alumnado haya finalizado la educación obligatoria, siga leyendo e interpretando la ciencia en la medida de sus posibilidades, que comprenda que la lectura de un texto científico puede ser una aventura tan apasionante y placentera como leer una afamada novela o mirar un laureado filme.

### **1.3.2 Estado del arte sobre la incorporación y el análisis de textos mediáticos en la educación científica escolar**

En la literatura se menciona que la incorporación de textos provenientes de editoriales divulgativas o fuentes periodísticas en las clases de ciencias es una ruta educativa que tiene el potencial de suscitar aprendizajes significativos sobre el quehacer científico; lo anterior debido a que este tipo de materiales de lectura suelen ofrecer información sobre temas novedosos y de interés público relacionados con la ciencia, comunican implicaciones socioculturales y muestran la relevancia que tiene la ciencia en la vida más allá del aula (Gadea y Vilchis, 2009). Además, al ser textos cortos —con poco volumen de información— pueden ser de gran utilidad en intervenciones docentes que tengan como propósito introducir o redondear el estudio de una unidad curricular o temática en particular.

Los académicos irlandeses Ruth Jarman y Billy McClune (2011) apuntan que los textos provenientes de fuentes periodísticas y divulgativas constituyen materiales vivos para despertar en los alumnos el interés por la ciencia, reforzar aprendizajes conceptuales, comunicar aspectos novedosos y robustecer capacidades relacionadas con la búsqueda, manejo e interpretación de la información. Estos investigadores proponen cuatro funciones o metas que se pueden relacionar con el uso de textos de naturaleza mediática en la educación científica, los cuales se describen brevemente a continuación:

- **Ilustrar la relevancia de la ciencia.** Los materiales de lectura provenientes de la comunicación pública de la ciencia muestran avances recientes y de interés público en todas las áreas de la ciencia y la tecnología. Jarman y McClune señalan que el simple hecho de llevar un periódico a una clase de ciencias o dedicar una sesión para buscar en internet material informativo sobre un contenido curricular específico, constituye un acto que comienza a tender puentes entre ciencia y sociedad.
- **Promover el compromiso de los estudiantes con la ciencia.** El compromiso hacia la ciencia se relaciona con la percepción que los estudiantes tengan de su relevancia y utilidad. Como se ha mencionado, los artículos divulgativos y los textos periodísticos suelen cubrir temáticas de amplio interés público, como el desarrollo tecnológico

y las implicaciones socioambientales del conocimiento científico (Halkia y Matzouridis, 2005). Además, en estos materiales de lectura se pueden encontrar recursos discursivos y efectos visuales que permiten captar la atención de los lectores. En consecuencia, resultan atractivos para estudiantes de los niveles básicos, ya que les permiten dialogar, compartir ideas y debatir interpretaciones.

- **Apoyar el aprendizaje de la ciencia.** La incorporación de textos provenientes del campo de la comunicación pública de la ciencia permite reforzar la comprensión de la terminología científica y conceptos estudiados en el aula sobre una disciplina específica. También pueden complementar y contextualizar la información sobre temas específicos revisados en clase.
- **Promover el aprendizaje para toda la vida.** Esta noción ha cobrado fuerza en los últimos años en la pedagogía y alude a la necesidad de adoptar una apertura hacia el aprendizaje de forma continua. Esta visión se sustenta en el hecho de que en una sociedad que experimenta cambios vertiginosos en periodos breves como en la que vivimos, se devela como un factor prioritario la capacitación y actualización constantes. Formar a los estudiantes para que puedan interpretar de forma correcta los recursos textuales sobre ciencia provenientes de los medios de comunicación, implica desarrollar capacidades relacionadas con la búsqueda, discrimina-

ción y manejo de información, elementos clave en la educación para toda la vida. Aunado a ello, permiten infundir en los jóvenes un interés permanente por la actividad científica y tecnológica, así como habilidades para entender aspectos científicos con los que tienen relación en su día a día.

Una ventaja adicional asociada con la utilización de noticias y artículos divulgativos es que posibilitan a los estudiantes ampliar sus experiencias de aprendizaje. Un aspecto digno de considerar, porque si los jóvenes en el proceso educativo únicamente tienen contacto con un solo tipo de materiales de lectura —libros de texto o manuales de laboratorio— es difícil pensar que se convertirán en personas científicamente cultas.

En la literatura se menciona que, cuando los estudiantes se enfrentan a un texto científico de naturaleza mediática suelen posicionarse epistemológicamente de tres formas: 1) adoptar una postura débil o pasiva, permitiendo que los contenidos de una publicación se impongan a sus conocimientos previos, al grado de efectuar interpretaciones contrarias a sus propias ideas; 2) asumir una postura dominante, lo cual se asocia con mostrar una exacerbada confianza en sus conocimientos o creencias previas, al grado de condicionar los contenidos presentes en un texto e imposibilitar su adecuada internalización; y 3) desarrollar un posicionamiento crítico, entendido como la capacidad de emprender

una negociación interactiva entre el texto, el contexto y las ideas previas del sujeto lector, para que la interpretación resultante del proceso sea lo más coherente y completa posible (Norris y Phillips, 2003). Esta última es la postura que se invita a impulsar en esta antología cuando se incorporan fuentes divulgativas en las clases de química del bachillerato. Se debe buscar que los jóvenes no solo comprendan los datos o contenidos ofrecidos en una publicación, sino que sean capaces de poner en relieve su veracidad, de ampliar la información sobre una temática en cuestión y comprender su significado para que puedan construir opiniones informadas (Meinguer, 2021).

En síntesis, lo que se busca con la metodología propuesta en esta publicación didáctica es potenciar la construcción de aprendizajes reflexivos sobre contenidos con amplia relevancia social presentes en los primeros cursos de química que se imparte en la ENCCH, así como robustecer el accionar intelectual de los estudiantes a los que va dirigida. Pero más que una cuestión estrictamente utilitaria, esta propuesta puede resultar muy efectiva para incrementar la curiosidad intelectual en torno a la química, para mejorar su percepción pública en el ámbito escolar y, suscitar con ello, el entendimiento del enorme valor que tiene la denominada ciencia central en el mundo actual.



## **II. Estrategias de lectura crítica**

# Estrategia 1.

## Cuidado y aprovechamiento del agua

### QUÍMICA I

#### UNIDAD 1. AGUA, SUSTANCIA INDISPENSABLE PARA LA VIDA

#### Presentación

En la primera estrategia de lectura crítica, se pretende que los alumnos reflexionen sobre el problema de la escasez y uso responsable del agua. Específicamente, indagarán sobre la recolección de la precipitación pluvial mediante un sistema denominado *cosecha de lluvia*, el uso de técnicas experimentales básicas utilizadas en el proceso de tratamiento de agua y sobre aspectos relacionados con el suministro y tratamiento del agua en la Ciudad de México. Los aprendizajes presentes en el plan de estudios actualizado de la asignatura de Química I que se pretende promover son los siguientes:

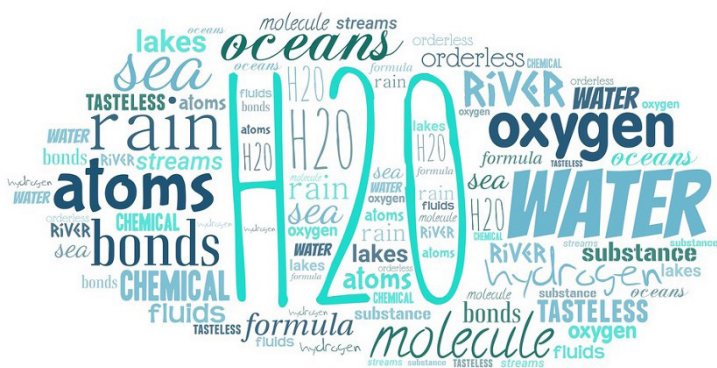
- Identifica usos del agua en la vida cotidiana y en la naturaleza, al reflexionar acerca de su importancia (A1).
- Aplica el fundamento teórico de diferentes técnicas de separación de mezclas al purificar muestras de agua contaminada con sólidos solubles e insolubles, desarrollando habilidades de búsqueda y procesamiento de información en fuentes documentales confiables (A9).
- Demuestra una actitud crítica sobre la utilización del agua y la valora como un recurso indispensable para la vida de manera fundamentada (A21).

Se espera que esta estrategia didáctica contribuya a robustecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de la primera unidad de la asignatura de Química I, así como en la construcción de aprendizajes significativos en el alumnado.

### **Sinopsis del artículo divulgativo**

El texto de Miguel Ángel Hernández y María Luisa Santillán aborda el problema de suministro de agua en la Ciudad de México, al relacionarlo con la drástica disminución de los niveles de los ríos y mantos acuíferos de donde se extrae este recurso. Como una alternativa a este problema, los autores plantean la necesidad de incentivar programas basados en la captación y reutilización de la precipitación pluvial mediante sistemas de cosecha de lluvia.

Entre las ventajas que reviste este proceso de captación, se puede mencionar la disminución en el consumo de líquido proveniente de la red de abastecimiento, menor pago en los recibos del servicio de suministro de agua y evitar las inundaciones en las épocas que la lluvia es intensa en la capital del país.



**Imagen 3.** Cerca de 40% del agua que circula en las redes de suministro de agua en la CDMX se desperdicia por fugas. Disponible en: <https://cutt.ly/f6WTgCy>

### Texto divulgativo utilizado:


Hernández, M. A. y M. Santillán, “Cosecha de lluvia”, *¿Cómo ves?*, Núm. 142, UNAM, Ciudad de México, septiembre 2010.



# Cosecha de lluvia

Por Miguel Ángel Hernández y María Luisa Santillán

Cómo aprovechar la precipitación pluvial para hacer frente a la escasez de agua y al mismo tiempo evitar inundaciones.



**En 2009** los mantos acuíferos y presas de los cuales se surte la Ciudad de México para abastecerse de agua registraron mínimos históricos. Ante la inminente escasez del líquido, ese año el gobierno de la ciudad tomó medidas extremas y dispuso recortes programados para garantizar que las presas no se secaran, por lo que varias colonias se quedaron sin agua. Los capitalinos han tenido que empezar a aprender cómo minimizar su consumo

del líquido y reciclarlo; esto es, a adquirir una nueva cultura del agua.

Históricamente, el agua se ha extraído de los mantos acuíferos que se encuentran en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Pero la población ha crecido y sus requerimientos del líquido son cada vez mayores: el acuífero ha ido secándose y hoy sólo se obtiene de ahí poco más de 50%. Si a eso añadimos que al año sólo se recarga la mitad de lo que se extrae, es necesario obtener el agua faltante de otro sitio. Por eso, 42% del agua de la ciudad se obtiene de los ríos Lerma y Cutzamala. Y esto no basta, por ello el gobierno ha aplicado otras medidas: reducir el consumo de líquido por medio de dispositivos



ahorradores, tratar las aguas residuales, mejorar la red de drenaje para evitar las fugas y captar el agua de lluvia.

### Más que llenar cubetas

Aprovechar el agua de lluvia implica más que recolectarla en recipientes cuando está cayendo un aguacero; es un proceso de almacenamiento que puede utilizarse para satisfacer las necesidades humanas o recargar los mantos acuíferos mediante dos sistemas de captación: el de cosecha, que recolecta el agua de techos u otros lugares, con excepción del suelo, y el de captación pasiva, que se encarga del agua pluvial que se deposita en el suelo.

El doctor Luis Marín Stillman, del Instituto de Geofísica de la UNAM, menciona que para aprovechar el agua de lluvia hay que cuidar su calidad, lo cual depende de la zona geográfica: "Si estás en el norte de la ciudad, donde hay mucha actividad industrial, el agua de lluvia al atravesar la atmósfera la va a limpiar; entonces esos contaminantes que están en el aire se pueden pasar al agua". Así, el uso de concreto hidráulico, como el que se utiliza para infiltrar el agua al subsuelo, debe estar acompañado por otras tecnologías. Por ejemplo, refiere el doctor Marín; "si tuvieras un estacionamiento, le das una pendiente y capturas esa agua, pero debes tener cuidado con los autos que están derramando aceite u otro tipo de líquidos. Necesitarías poner una trampa de grasas y darle un tratamiento a esas aguas".

El sistema de captación pasiva consiste en pozos de absorción o en pavimento permeable: calles, avenidas o andadores contruidos con una piedra llamada hormigón,

la cual permite que el agua vuelva al acuífero por medio de la infiltración; es decir, que se introduzca el líquido a través de los poros de estas rocas.

Los sistemas activos de captación pluvial están integrados por varios subsistemas: de cosecha, que es la superficie de recolección, la conducción y el prefiltrado de agua captada —con canaletas, tuberías y

dispositivos para la retención de basuras grandes—; de filtrado de agua, que separa las partículas nocivas para la salud; de almacenamiento de agua pluvial, que la mantiene en buenas condiciones para su utilización, y de distribución para uso del agua de lluvia en las actividades cotidianas.

### Del techo al subsuelo

La cosecha de agua pluvial no es algo nuevo. Se han encontrado vestigios arqueológicos que datan de 4000 años a. C. donde se muestra la importancia que tenía este almacenamiento para los habitantes de China, Jordania o Centroamérica, por mencionar algunos. Estos pueblos solían guardar el agua para luego aprovecharla en la agricultura o para su uso doméstico.

Hoy en día sigue haciéndose uso de esta agua pluvial, sobre todo en regiones áridas. El doctor González Villarreal, quien fuera director de la Comisión Nacional del Agua, refiere que en muchas regiones de México captan ese líquido en los techos, lo conducen a través de tuberías y lo ponen en depósitos subterráneos, llamados aljibes, o en cisternas.

Cabe señalar que la captación de agua pluvial en las viviendas no evita el consumo la de la red de agua potable, pero sí es una fuente complementaria cada vez más importante debido a la escasez del líquido. Si decidimos que el agua de lluvia se utilizará para actividades domésticas (lavado de ropa, limpieza de pisos, riego o descarga de los sanitarios), ésta no necesita ser potable, por lo que el filtrado no requerirá un proceso extremo; sólo

hace falta que el agua tenga la calidad suficiente para estar almacenada varios meses y evitar su descomposición. Para ello se pueden utilizar filtros de arena o grava, o algunos más sofisticados como el de ósmosis inversa, radiación ultravioleta o el que usa carbón activado como elemento filtrante.

Enrique Lomnitz Climent, director de la organización civil Isla Urbana, que brinda opciones para la cosecha de lluvia, señala que como los techos son el área de recolección de los sistemas de captación, hay que mantenerlos lo más limpios posible. Para ello las familias deben tener el hábito de barrerlos constantemente, de tal forma que sea suficiente la primera agua de lluvia para dejarlos limpios.

Al respecto, el doctor Luis Marín Stillman, quien colabora con Isla Urbana, agrega: "Hay azoteas muy limpias, pero hay otras en que la gente tiene a sus animales, o chácharas y metal", y eso afecta la calidad del agua de lluvia que se busca captar. De acuerdo con el área de captación, se hace un cálculo para que los primeros 15 milímetros de agua pluvial vayan a un tanque sedimentador o *first flush*, y esa agua se desecha. Después,

### EL AGUA EN NÚMEROS

- Se calcula que al año caen sobre la cuenca del Valle de México 6643 millones de metros cúbicos, de los cuales se evaporan 5 377 millones y sólo se infiltran 689 millones.
- En el Distrito Federal caen 743 l/m<sup>2</sup> de agua de lluvia aproximadamente. Gran parte se evapora, no llega a los mantos acuíferos o se mezcla con las aguas negras.
- 34% del agua potable, equivalente a 690 000 litros por minuto, se desperdicia debido a fugas, que en su mayoría se ubican en los domicilios.
- Durante la lluvia del 24 de febrero de 2010 cayeron sobre la Ciudad de México 36 millones de metros cúbicos, equivalentes a la cantidad de agua que provee el Cutzamala en un mes.
- Debido a la sobreexplotación, el agua subterránea debe bombearse hasta a 180 metros de profundidad. Hace 50 años, se extraía a 5 o 6 metros.



De lograrse una buena cosecha de lluvia, señala Marín Stillman, el beneficio puede ser enorme: "Por ejemplo, en las inundaciones que tuvimos el 24 de febrero de 2010, cayeron del orden de 36 millones de metros cúbicos, que es la cantidad de agua que nos da el Cutzamala en un mes".

el líquido recolectado se distribuye por una red de tuberías previamente diseñada para este fin. Lomnitz Climent explica: "El agua de lluvia baja por los tubos. Hay una manera de desviarla cuando no la quieres aprovechar, cuando no ha llovido en mucho tiempo o cuando se acaba de lavar o de impermeabilizar un techo (y está sucia). Luego abres el sistema, el agua pasa a un interceptor de primeras lluvias o a un sedimentador, un pre-filtro que mejora la calidad del agua antes de que llegue a la cisterna. Una vez ahí le echamos un poquito de cloro o usamos otros sistemas de purificación antibacteriana. Posteriormente filtramos el agua en el camino a los tinacos, de donde baja a la casa y se distribuye por todo el sistema de forma normal". Si se tiene planeado utilizar el agua pluvial para el consumo humano, es necesaria su potabilización.

#### EN CIUDAD UNIVERSITARIA

Ciudad Universitaria, el campus principal de la UNAM ubicado en la zona sur del Distrito Federal, cuenta con 1 200 lavaderos para canalización de agua de lluvia hacia camellones, jardines y ocho pozos.

Las instalaciones del Club Universidad captan el agua de lluvia y tienen una planta de tratamiento que purifica el agua de los sanitarios y permite su uso para riego.



#### Reabastecer el acuífero

Como el acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México ha comenzado a secarse, el suelo capitalino se ha resquebrajado en algunas zonas o hay hundimiento de edificaciones, como ha sucedido con la Catedral Metropolitana y otros edificios del Centro Histórico. Ante este problema, el gobierno de la ciudad ha considerado necesario inyectar los mantos freáticos y poner en marcha un proyecto para filtrar el agua pluvial al subsuelo. Así, esta capa comenzará a humedecerse, a consolidarse y posteriormente se frenará el hundimiento. De resultar este experimento, se podrán inyectar al subsuelo 20 litros de agua por segundo, lo cual permitiría reabastecer el acuífero y recuperar el balance entre el agua que utilizamos y la que vuelve a esta cuenca hidrológica, pues hoy en día se extrae el doble de lo que la lluvia recarga.

Otra de las ventajas de cosechar agua de lluvia es evitar inundaciones. Según Marín Stillman, en la Ciudad de México se enfrenta una doble complicación: hay problemas graves de abastecimiento de agua y se padecen inundaciones. Si se logra cosechar el agua de lluvia, las inundaciones se reducirían al replicarse parcialmente el ciclo hidrológico. "Normalmente esta agua de lluvia se infiltra en el suelo. Si lo cubrimos con pavimento esa agua se va directamente al drenaje y llega muy rápido, lo saturamos y provoca inundaciones", asegura el investigador universitario.

#### Que llueva, que llueva...

Como hemos visto, la captación, almacenamiento y uso del agua de lluvia pueden ayudar mucho en los próximos años a sobrellevar la escasez del líquido, ocasionada por el mal

#### MÁS INFORMACIÓN

- [www.cidecall.org.mx](http://www.cidecall.org.mx)
- [www.pumagua.unam.mx](http://www.pumagua.unam.mx)
- [www.solucionpluvial.com](http://www.solucionpluvial.com)

uso y la creciente demanda. Por ahora, la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, a través del Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables, apoya con incentivos fiscales a los capitalinos que realicen medidas en sus hogares para reducir el consumo de agua e incrementar su reutilización y tratamiento.

Si consideramos, como señala el doctor Marín Stillman, que el costo inicial para instalar los equipos de captación y limpieza de agua de lluvia para casas particulares varía entre 5 000 y 20 000 pesos, en función del uso y el nivel de tratamiento que se le dé al agua, nos daremos cuenta que este dinero, en lugar de ser un gasto, se convertirá en una inversión que permitirá disminuir el consumo de la red de agua potable y con ello el pago del usuario por este servicio.

Hoy ninguna medida para ahorrar o aprovechar el vital líquido puede ser desechada. Cada uno de nosotros, capitalinos o no, tiene que aplicar medidas que permitan un uso más racional del agua. El gobierno, por su parte, debe continuar con el tratamiento de las aguas residuales y la construcción de plantas de tratamiento, además de desarrollar infraestructura hidráulica para el desalojo y reutilización de aguas pluviales. Pero sobre todo, cada vez que dejemos escapar una gota de agua debemos recordar que el otrora considerado recurso natural inagotable nos muestra a cada segundo que al contaminarse se acaba y que la responsabilidad es nuestra. ●

Miguel Ángel Hernández estudió ciencias de la comunicación en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Trabajó en la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM y cursó el Diplomado en Creación Literaria en la SOGEM.

María Luisa Santillán estudió ciencias de la comunicación y cursó el Diplomado en Divulgación de la Ciencia en la DGDC. Es autora del libro *Circo interior. Los deportistas por dentro* (Castillo, 2005) y es periodista especializada en salud.

## Actividades de aprendizaje

### Estrategia I. Cuidado y aprovechamiento del agua

#### I. Activación de conocimientos previos

Para explorar tus **conocimientos previos** sobre el tema, contesta de forma individual las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué es un recurso tan importante?	2. ¿Cómo llega a nuestro hogar?
<b>El agua</b>	
3. ¿Cómo se puede contribuir a su aprovechamiento y cuidado?	4. ¿Cuál es la relación del agua con la química?

5. Después de la lectura, identifica las palabras, conceptos o frases que no entiendas; anótalos en el cuadro siguiente.



Exploración de palabras y frases que generan dudas en el texto	
Palabras, frases o conceptos	Enunciados o frases en los que se inserta la palabra o el concepto (contextualización)

## II. Análisis de contenidos

**Para el docente:** en esta sección los alumnos analizarán en un esquema didáctico basado en el trabajo colaborativo en pequeños grupos y bajo la guía del docente, los contenidos más relevantes presentes en el material de lectura seleccionado.

Los **supuestos** son formulaciones mentales comunes y tienen que ver con intuir o suponer lo que hay detrás de los hechos o sucesos cotidianos. Seguramente, la lectura del texto les permitió realizar algunos supuestos en torno al aprovechamiento del agua. Para darles seguimiento, contesten las siguientes preguntas:

6. Desde su perspectiva, ¿cuál es la importancia de la temática abordada en el texto divulgativo?
7. Expliquen dos cosas que comprendan o dominen con seguridad que se mencionan en el artículo “Cosecha de lluvia”.

Otro aspecto esencial en todo proceso de análisis textual es detectar el **problema** o **idea central** presente en un material de lectura. Para llevar a cabo esta labor con el texto “Cosecha de lluvia” efectúen lo siguiente:

8. Lean nuevamente y con mayor detenimiento el artículo cosecha de lluvia e identifiquen la idea central presente en cada apartado o subtítulo del texto divulgativo. Recopilen su información en la siguiente tabla.

Subtítulo	Idea principal
Más que llenar cubetas.	
Del techo al subsuelo.	
Reabastecer el acuífero.	
Que llueva, que llueva.	

9. Después de leer detenidamente la publicación divulgativa, ¿cuál es la idea central de este texto? En otras palabras, ¿cuál es el tema principal del habla el artículo?

Guía tu respuesta redactándola con tus propias palabras.  
Puedes empezar así:

El texto "Cosecha de lluvia" habla/expone/evidencia/presenta...  
Lo anterior se sustenta en que el hecho...

Todo texto es tan sensato, objetivo y veraz como la **información** en que está basado. Las siguientes preguntas tienen como finalidad identificar datos, evidencias y respaldos que utilizan los autores al presentar información sobre el suministro y aprovechamiento del agua en el texto divulgativo.

10. En la siguiente tabla enlisten la información científica que se menciona en el texto divulgativo al comunicar aspectos y alternativas en torno al consumo de agua.

Información que respalda el contenido del texto	
Cifras relacionadas con la precipitación pluvial en la cuenca del valle de México.	
Opiniones de expertos sobre la problemática expuesta (citar nombre describir opinión de forma sintética).	
Acciones gubernamentales para mitigar el desabasto de agua en el valle de México.	
Datos históricos relevantes.	

11. A partir del análisis de la publicación revisada en clase, ¿consideran que existe coherencia entre los subtítulos, las imágenes que acompañan al texto con el contenido y la forma de presentar la información en el artículo divulgativo? Justifiquen su respuesta.

Consideramos que existe/no existe congruencia entre los elementos que acompañan al texto.

La formulación de **inferencias** es otro elemento asociado con la comprensión lectora y el pensamiento crítico. Una forma de dar seguimiento a este tipo de constructos cognitivos es mediante el reconocimiento del posicionamiento del autor con respecto al tema abordado en el texto, la construcción de argumentos y cuestionamientos. Las siguientes actividades tienen como finalidad la formulación de inferencias sobre el texto trabajado en clase.

12. ¿Quiénes son los autores del texto revisado en clase y cuál es su posicionamiento sobre el tema abordado? Descríbelo brevemente con tus propias palabras. Toma como guía en tu redacción lo siguiente:

Considero que la posición que los autores sobre el texto “Cosecha de lluvia” es... Lo anterior lo sustentó en...

13. En la siguiente tabla enuncia un argumento a favor del posicionamiento de los autores sobre el tema y otro en contra. Es importante que el argumento esté basado en información objetiva y veraz, además de estar redactado de forma clara y coherente.

Para la redacción de los argumentos solicitados toma como guía el encabezado de cada columna de la tabla, así como la frase introductoria.

Argumento a favor del posicionamiento de los autores	Argumento en contra del posicionamiento de los autores
Considero que el posicionamiento de los autores es válido/loable/novedoso/ interesante/importante... porque...	Considero que el posicionamiento de los autores es inválido/ no se sustenta/controversial/poco relevante... porque...

Otro aspecto clave en todo proceso de análisis textual es triba en identificar el **propósito** que busca cumplir un texto, esto es, el motivo por el cual los autores lo escribieron y difundieron por medio de una revista específica. Redacten un breve párrafo donde se indique:

14. ¿Por qué creen que los autores escribieron el artículo “Cosecha de lluvia”? ¿Cuál es la intención o propósito que busca generar en el público lector este texto? Pueden iniciar de la siguiente manera:

El propósito de este artículo de divulgación científica es... Lo anterior se sustenta en la siguiente información...

--

### III. Problematicación del texto divulgativo

**Para el docente:** en esta sección se abordarán aspectos conceptuales y contextuales que guardan relación con la temática estudiada en el texto divulgativo, esto con el propósito de robustecer su comprensión y proporcionar elementos que coadyuven a la adquisición de una posición informada<sup>1</sup>.

#### 3.1 Problematicación conceptual

#### Actividad experimental: Descontaminación de una muestra de agua residual

##### Objetivos

- Aplicar algunas técnicas experimentales básicas en la separación de mezclas al dar tratamiento a una muestra de agua residual.
- Valorar la importancia que tiene el agua como recurso natural y sociambiental.

##### Introducción

El agua es un recurso vital, ya que está presente en el 75% de la superficie terrestre y es una sustancia fundamental para el desarrollo de la vida así como en la autorregulación

<sup>1</sup> Para implementar las actividades de esta sección se recomienda el trabajo colaborativo en pequeños grupos. En la actividad experimental, se sugiere solicitar previamente un diagrama de flujo sobre el procedimiento que habrá de efectuarse en el laboratorio.

de los ecosistemas. En los seres humanos el agua constituye el 70% del peso corporal, sin este líquido procesos como la respiración, la digestión y la reproducción de la mayoría de los organismos vivos sería imposible. El agua es un compuesto relativamente simple, pues está constituido únicamente por tres átomos: dos de hidrógeno y uno de oxígeno, dando lugar a la conocida fórmula  $H_2O$ .

A pesar de ser una molécula sencilla, el agua reviste propiedades fisicoquímicas excepcionales. Como se ha mencionado, el agua es una entidad química constituida por la unión de dos átomos de hidrógeno a uno de oxígeno mediante enlaces covalentes de naturaleza polar. La densidad electrónica presente en este tipo de enlaces hace posible que las moléculas de agua formen puentes de hidrógeno al interactuar con otras sustancias. Cada molécula de agua puede formar hasta cuatro puentes de hidrógeno, una propiedad que le confiere estabilidad estructural y es responsable de la alta capacidad de solubilidad de este líquido. El agua posee elevados puntos de fusión y ebullición (0 y 100°C respectivamente), lo que permite que la podamos encontrar en diferentes estados físicos y que predomine el estado líquido en el planeta. Su alto calor específico la convierte en una sustancia amortiguadora y reguladora de procesos térmicos que ocurren en el planeta y en el cuerpo humano. La mayoría de las reacciones químicas en nuestro metabolismo se realizan en medio acuoso. También, el transporte de nutrientes, metabolitos y la excreción de desechos.



En el planeta, el agua forma una gran capa que se denomina hidrósfera, la cual cubre más del 70% de la superficie terrestre, originando ese color azul que observamos en las fotografías del planeta que son tomadas desde el espacio. La mayor proporción de agua en el mundo es salada, únicamente el 3% del agua presente en el planeta es agua dulce y se localiza en ríos, lagos, cuencas, manantiales, etcétera. Solamente cerca del 0.63% de las reservas de agua en la tierra pueden ser utilizadas para actividades humanas (Carbajal y González, 2012). Si se toma en cuenta que la población en el mundo está aumentando de forma exponencial y, con ello, la actividad industrial que provoca la contaminación y escasez de este recurso vital, se puede afirmar entonces que en el contexto actual nos encontramos en una etapa crítica en lo que respecta al acceso al agua.

En México, como en el resto del mundo, la mayoría de los cuerpos de agua dulce están contaminados, producto del aumento de asentamientos humanos en áreas naturales inhóspitas y a la incesante actividad industrial. Para revertir este problema, los gobiernos están invirtiendo en la instalación de plantas de tratamiento que hagan posible su reutilización. En estas instalaciones la química juega un papel crucial, pues a partir de la implementación de diversas técnicas experimentales y métodos de análisis, esta ciencia contribuye significativamente en su descontaminación. Además, permite monitorear su pureza antes de que llegue a nuestras casas. En la Imagen 4, se muestra de manera esquemática y general las

diferentes etapas que se suelen implementar en el tratamiento de aguas residuales.



**Imagen 4.** Procesos de tratamiento en las plantas de aguas residuales (Durán y García, 2020).

Es importante mencionar que no existe un método universal en el tratamiento y purificación del agua, ya que estos procesos dependen del tipo de contaminantes presentes en una muestra o región y, sobre todo, del uso que se le va a dar al líquido resultante. No obstante, en la mayoría de las plantas de tratamiento se suelen implementar técnicas como la sedimentación, la filtración, la evaporación y la cloración de forma recurrente. Potabilizar el agua es un proceso arduo, complejo, caro y de mediana eficiencia, por lo que resulta pertinente tomar conciencia de lo valioso que es en la actualidad preservar y utilizar con responsabilidad el agua en nuestras actividades cotidianas.

En la siguiente actividad experimental, se llevará a cabo el tratamiento de una muestra de agua residual con el equipo y las condiciones presentes en el laboratorio escolar. Concretamente, se implementarán algunas técnicas básicas utilizadas en la separación de mezclas como es el caso de la decantación, la filtración y la destilación.

### Materiales y sustancias

Materiales	Sustancias
1 probeta graduada de 50 mL	50 mL de una muestra de agua residual
2 probetas de 25 mL	Carbón activado
2 vasos de precipitado de 100 mL	Papel pH
3 vasos de precipitado de 50 mL	Papel filtro
1 agitador de vidrio	Graba y arena fina
1 espátula	1 vaso de plástico desechable
1 pinza Mohr	
1 triángulo de porcelana	
1 soporte universal con arillo	
1 embudo	
1 termómetro	
Canastilla de calentamiento	
2 matraces Erlenmeyer de 25 mL	
1 conductímetro	
Perlas de ebullición	
1 equipo de destilación	
2 trozos de manguera de hule	

## Procedimiento experimental<sup>2</sup>

### a) Tratamiento 1: Decantación

- I. Mide en la probeta 50 mL de agua residual, este volumen será el total de tu muestra de partida en el experimento. De no contar con una muestra de agua extraída de un canal de agua residual, prepárala con agua de la llave, tierra de jardín, aceite comestible y granos finos de pimienta u otro condimento vegetal.
- II. Coloca los 50 mL de tu muestra de agua contaminada en un vaso de precipitado de 100 mL. Mide el pH y la conductividad eléctrica de la muestra. Anota lo observado en la tabla 1 de la sección de resultados. Estos datos dan cuenta de las condiciones iniciales de la muestra de agua por descontaminar.
- III. Arma el dispositivo que se muestra en la Imagen 5. Para ello debes utilizar el soporte universal, el arillo metálico, un embudo, el triángulo de porcelana, la pinza Mohr, un vaso de precipitado de 50 mL y un trozo de manguera de látex.
- IV. Cierra el paso de líquido de la manguera colocando la pinza Mohr cerca del extremo de salida.
- V. Agita la muestra de agua residual y viértela en el embudo de filtración.

<sup>2</sup> El procedimiento de esta actividad experimental es una adaptación de la actividad experimental: Navarro, F., Montagut, P. y Nieto, E., *et al.* (2008). “¿Se puede limpiar el agua? Métodos de separación de mezclas” en Navarro, F. y Montagut, P. (coord.) *Enseñanza experimental en microescala en el bachillerato*, *Química I*. México: ENCCH-UNAM, pp. 51-66.

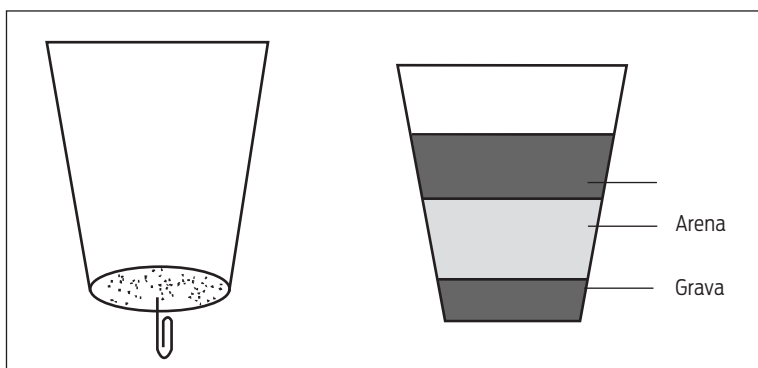


**Imagen 5.** Dispositivo para separar por decantación el aceite de la muestra de agua residual (Navarro y Montagut, 2008).

- VI. Deja reposar la muestra en el embudo hasta que observes que se forman dos fases (aceitosa superior/líquida con sólidos finos inferior).
- VII. Abre lentamente la pinza Mohr y recibe en un vaso de 50 mL la fase inferior acuosa. Cierra la pinza Mohr cuando la fase aceitosa se aproxime a la parte de la manguera que está conectada al tallo del embudo.
- VIII. Mide el volumen de la fase acuosa colectada, su pH y conductividad. Anota tus observaciones en la tabla 1 de la Sección de resultados.
- IX. La fase aceitosa se desecha, colocando los residuos aceitosos en el recipiente que te indique el profesor.

**b) Tratamiento 2:** Eliminación de partículas gruesas por filtración

- X. Construye un filtro de arena y grava utilizando un vaso de plástico desechable. Para la elaboración del filtro apóyate en la Imagen 6.



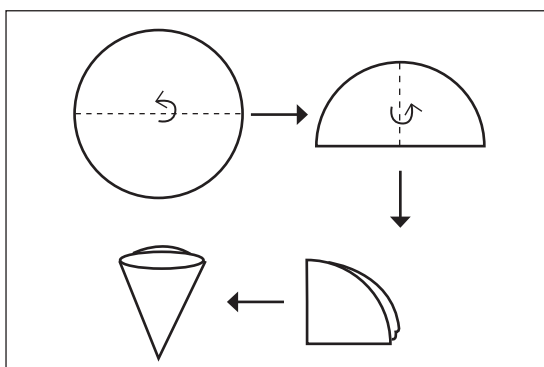
**Imagen 6.** Para la elaboración de tu filtro realiza agujeros con la ayuda de un clip en la parte inferior o con la punta de un pluma. Posteriormente vierte capas de grava y arena respectivamente. Imagen tomada de Navarro y Montagut, 2008.

- XI. Humedece tu filtro con 20 mL con agua de la llave para corroborar que no está tapado y funciona debidamente. Espera unos minutos hasta que fluyan por completo los 20 mL de agua que utilizaste para probar el filtro de arena-grava.
- XII. Vierte tu muestra de agua residual sobre el filtro de arena y grava. Recibe el filtrado en un vaso de 50 mL.

XIII. Mide el volumen, pH y conductividad eléctrica del filtrado después de este tratamiento. Anota tus observaciones en la tabla 1 de la Sección de resultados.

c) **Tratamiento 3:** eliminación del color y partículas finas (filtración con papel)

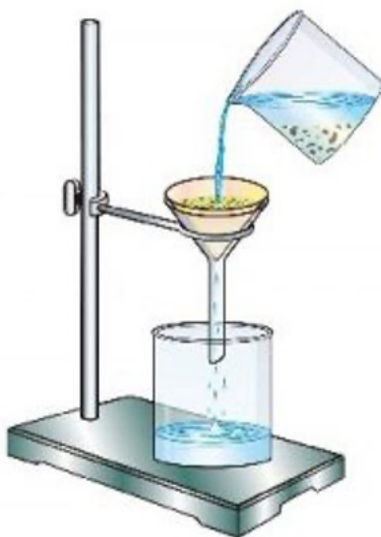
XIV. Coloca el papel filtro doblado en el embudo, guíate para ello de la Imagen 7.



**Imagen 7.** Guía para colocar el papel en el embudo de filtración. Disponible en: <https://cutt.ly/xRxZEvx>

XV. Una vez colocado el papel filtro en el embudo, húmedcelo con agua de la llave para que se adhiera completamente a las paredes del embudo, esto para evitar pérdidas durante el proceso de filtración.

XVI. Arma el dispositivo de filtración que se muestra en la Imagen 8. Para ello, necesitarás el soporte universal, anillo metálico, embudo, papel filtro y un vaso de precipitado de 50 mL.



**Imagen 8.** Dispositivo para llevar a cabo la filtración con papel.  
Disponible en: <https://cutt.ly/sm5gbjM>

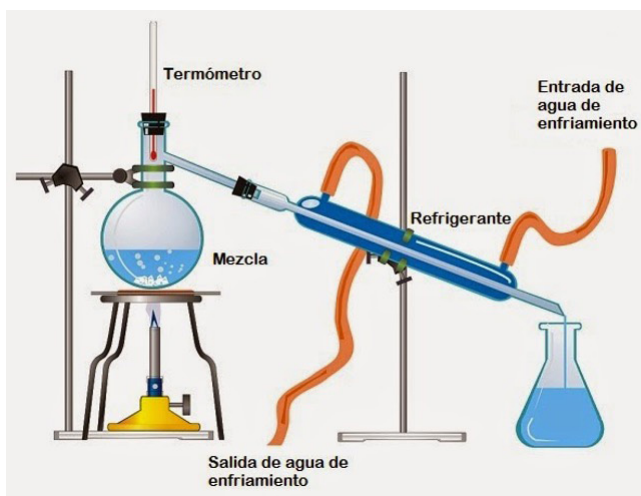
- XVII. A tu muestra de agua residual coloca un espatulazo o media cucharada de carbón activado, agita y espera unos minutos.
- XVIII. Una vez armado el equipo para la filtración en papel, vierte lentamente la muestra de agua residual con carbón activado en el embudo (Imagen 8).
- XIX. Recibe el filtrado en un vaso de 50 mL.
- XX. Mide el volumen, el pH y la conductividad del filtrado después de este tratamiento. Anota tus observaciones en la tabla 1 de la Sección de resultados.



**d) Tratamiento 4: Destilación**

XXI. Arma el dispositivo que se muestra en la Imagen 9. Para ello, necesitarán el equipo de destilación que les fue proporcionado por el laboratorista, termómetro, perlas de ebullición, canastilla de calentamiento, dos trozos de manguera látex y un matraz Erlenmeyer de 25 mL.

XXII. Coloca tu muestra de agua residual en el matraz de bola del equipo de destilación y añade 3 perlas de ebullición. Tapa herméticamente el matraz y revisa que no haya fugas en el dispositivo. Espera a que el profesor supervise y apruebe el armado del dispositivo y dé la indicación de empezar a destilar.



**Imagen 9.** Dispositivo para llevar a cabo la destilación de la muestra de agua residual. Disponible en: <https://cutt.ly/XRxK5QZ>

XXIII. El calentamiento durante el proceso de destilación debe ser moderado y el flujo de agua de salida en el dispositivo debe ser mínimo.

XXIV. El agua tiene un punto de ebullición de  $100^{\circ}\text{C}$  en el nivel del mar, por la altura de la Ciudad de México comienza a ebullición a los  $93^{\circ}\text{C}$ . Anota la temperatura a la cual empiezan a caer las primeras gotas de destilado. Recibe este líquido hasta que la temperatura llegue a ser constante (esto será la fracción 1 o cabeza de destilación).

XXV. Cambia de matraz para recibir al segundo destilado. Ahora, la temperatura debe mantenerse constante, destila entre 10-15 minutos de tu muestra de agua residual con la temperatura estable.

XXVI. Mide el volumen, el pH y la conductividad del filtrado después de este tratamiento. Anota tus observaciones en la tabla 1 de la sección de resultados.

## Resultados

Anota tus resultados de esta actividad experimental en la siguiente tabla.

Agua residual	Volumen	pH	Conductividad eléctrica	pH	Observaciones
Condiciones iniciales					
Decantación					
Filtración I					
Filtración II					
Destilación					

## Manejo de residuos

- Las sustancias utilizadas en esta actividad experimental NO son tóxicas, por lo que pueden ser desechadas directamente en la tarja y el cesto de basura. No obstante, mantente atento a las indicaciones de tu profesor(a) sobre el desecho de residuos.

## Análisis de resultados

A partir de lo observado en la actividad experimental, resuelve el siguiente cuestionario que te servirá para reforzar aprendizajes sobre el proceso de descontaminación del agua.

15. ¿Cuánto volumen se perdió en el proceso de tratamiento de la muestra de agua residual? Explica brevemente a qué atribuyes esta pérdida.
16. ¿Hubo variaciones en el pH, la conductividad eléctrica y el color en los diferentes tratamientos de la muestra residual? Explica brevemente a qué se deben estas variaciones.
17. ¿Para qué tipo de actividades se puede utilizar el agua obtenida al finalizar esta actividad experimental?
18. ¿Qué tipo de tratamiento tendría que darse al agua descontaminada en el laboratorio escolar para que pueda ser potable?

### 3.2 Problematización contextual

**Para el docente:** en esta sección, los alumnos indagarán sobre algunas implicaciones sociales y ambientales en torno al agua. Para ello, realizarán una breve investigación documental usando internet. Los resultados encontrados serán presentados en un breve espacio de discusión.

## El agua en la Ciudad de México

El agua es un recurso escaso, pues su consumo se ha exacerbado en las últimas décadas. También se ha suscitado un incremento significativo en la contaminación de los mantos acuíferos en todo el mundo, una cuestión que agudiza el problema de suministro de este recurso natural. Es importante recordar que solo se cuenta con el 0.63% de las reservas de agua en el planeta para el consumo humano (Carbajal y González, 2012). Los países más ricos en agua son Canadá, Estados Unidos, Rusia y Brasil, estos cuatro países poseen el 42% de las reservas hídricas renovables del planeta.

México es considerado un país pobre en agua debido a que posee un índice inferior a 5000 m<sup>3</sup> por habitante al año (Rico y Pérez-Orta, 2013). La Ciudad de México es una de las regiones en el mundo donde el desabasto de agua es una cuestión muy notoria. En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) habita 1 de cada 5 mexicanos, la desmesurada concentración de población en esta región impide que las reservas de agua presentes en los mantos acuíferos aledaños como las cuencas de los ríos Lerma y Cutzamala y otras fuentes superficiales como el río Magdalena puedan asegurar el servicio de agua potable a toda la ciudadanía. Actualmente, el volumen de agua que se ex-

trae de los mantos acuíferos es mucho mayor del que se recupera naturalmente en época de lluvias.



Imagen 10. Infografía sobre el tema de agua y salud en México (PUMAGUA, 2019). Disponible en: <https://cutt.ly/rRcqcy>

Otro problema adicional es que para traer el agua a la ZMCM es necesario vencer una diferencia altitudinal de 1.2 km, esto se logra mediante un complejo sistema de bombeo compuesto por más de 100 plantas que requieren para su operación y mantenimiento de un enorme gasto energético. A esto hay que agregar que cerca del 40% del agua que llega a la Ciudad de México se desperdicia por fugas en las redes de suministro y los hogares, lo que agudiza significativamente este problema. Si se compara la ZMCM con Egipto (un país desértico) resulta que la garantía de abastecimiento de agua en la ZMCM es tres veces menor (Rico y Pérez-Orta, 2013).

El sistema de suministro de agua en la ZMCM se encuentra rebasado y no se contempla ampliar o diversificar las regiones de extracción de agua, pues esto ocasionaría serios problemas políticos y sociales si se toma el recurso de otras zonas aledañas. Por lo anterior, es importante adoptar una cultura de la responsabilidad en el consumo del agua, la cual permita cambiar algunos patrones sociales en torno al uso de este recurso y, con ello, hacer más eficiente su suministro y aminorar los problemas de desperdicio y contaminación (Morales y Hernández, 2022). Para ello, la difusión de este problema y la búsqueda de soluciones en contextos educativos resulta crucial.

## Escenario de discusión grupal

**Para el docente:** en la siguiente actividad se recomienda dividir al grupo en pequeños equipos de trabajo, los alumnos llevarán a cabo una investigación para documentar problemas y posibles soluciones a los problemas de suministro y contaminación de agua en la ZMCM<sup>3</sup>.

Efectúen una investigación documental en sitios académicos, divulgativos y periodísticos sobre el problema de suministro y contaminación del agua en la Ciudad de México. En su indagación deben cubrir los siguientes rubros:

- a) Cifras estadísticas sobre procedimientos de reporte de fugas de agua y acciones gubernamentales para su atención en la ZMCM.
- b) Hábitos que contribuyan al ahorro en el consumo de agua y aminorar su contaminación.
- c) Cifras estadísticas sobre datos de operación de plantas de tratamiento de agua en la ZMCM (número, ubicación, volumen de agua tratada, problemas de operación, entre otros.).
- d) Aspectos relacionados con el derecho humano al agua promulgado en la ONU en 2010.

---

<sup>3</sup> Es importante que el docente supervise que se consulten sitios reconocidos en el ámbito educativo, divulgativo y periodístico para contar en el aula con información veraz y objetiva sobre el tema.



Se recomienda que consulten los siguientes portales electrónicos al llevar a cabo su investigación documental:

- Comisión Nacional del Agua: <https://www.gob.mx/conagua>
- Fondo para la Educación y Comunicación Ambiental (agua.org.mx): <https://agua.org.mx/biblioteca/>
- Programa de manejo, uso y reúso del agua en la UNAM (PUMAGUA): <http://www.pumagua.unam.mx/>

Comuniquen la información compilada en su investigación documental en un espacio de discusión conducido y auto-regulado por el docente.

19. Completen la siguiente tabla, organizando y sintetizando los resultados de la investigación documental en torno a problemas y soluciones en el suministro del agua en la ZMCM.

Rubro	Información
I. Datos y acciones en torno a las fugas de agua en el sistema de suministro en la ZMCM.	
II. Hábitos de consumo que contribuyen al ahorro del agua y a disminuir su contaminación.	
III. Datos estadísticos relacionados con plantas de tratamiento de agua en la ZMCM.	
IV. Aspectos generales sobre el derecho humano al agua (ONU, 2010).	

20. Ahora, a la luz de todo el trabajo emprendido sobre la temática revisada en el texto divulgativo, redacten una breve conclusión (de no más de 10 renglones) sobre el valor que posee el estudio de esta temática en particular en su formación científica en el Colegio.

### **Producto final. Elaboración una infografía**

Elaboren de forma individual de una infografía sobre la problemática del agua en la ZMCM. Ello, con el objetivo de dar seguimiento a los aprendizajes generales construidos durante este proceso de lectura crítica.

#### **¿Qué es una infografía?**

La *infografía* o *infograma* es una representación gráfica conformada por dos códigos: el escrito, en el que se condensa la información relevante sobre un asunto, y el visual, en el que se incluyen mapas, diagramas, tablas o imágenes que apoyan y/o complementan la información.

Las infografías son útiles porque muestran los aspectos básicos de un tema y permiten acceder de una forma amigable y sencilla a la información.

Para realizarla es necesario considerar lo siguiente:

1. Elige el tema.
2. Define qué es lo que quieres mostrar o desarrollar, de acuerdo con los requerimientos definidos previamente.



**Imagen 11.** Aplicaciones para realizar una infografía.

Disponible en <https://cutt.ly/HQICA2i>

3. Consulta diversas fuentes para obtener información. Asegúrate de que presenten información veraz y provengan de fuentes académicas o divulgativas confiables y reconocidas.
4. Organiza las ideas que habrás de mostrar y clasifícalas en orden de importancia.

5. Selecciona las imágenes que habrás de incluir o determina qué de la información que integrará tu infografía puede presentarse en recuadros.
6. Realiza un borrador o bosquejo en el que imagen y texto se distribuyan de forma uniforme y atractiva.
7. Diseña tu infografía empleando alguno de los programas disponibles en la red, como Piktochart, Easelly o Canva.
8. Arma tu infografía considerando originalidad; integración de imágenes y texto; uso de una paleta de colores que permita el contraste, sin que esto resulte chocante; empleo de tipografía e imágenes sencillas que comuniquen el mensaje de forma adecuada y se complementen con el código escrito.
9. Al final revisa que tu infografía cumpla con lo siguiente:
  - Esté redactada con claridad y sin errores de ortografía.
  - Se apegue al tema solicitado.
  - Exista un equilibrio imagen-texto.
  - Contenga un título (y subtítulos), así como tus datos.
  - Que la información presente una gradualidad en su desarrollo.
  - Contenga la información esencial y aborde los aspectos solicitados.

- Presente las fuentes consultadas en formato APA.

Si deseas conocer más sobre el proceso de realización de una infografía, puedes consultar lo siguiente:

- *Cómo hacer una infografía en cinco pasos.* Facultad de Contaduría y Administración. UNAM. Disponible en [http://fcaenlinea1.unam.mx/anexos/1526/1526\\_u8\\_loqueaprendi.pdf](http://fcaenlinea1.unam.mx/anexos/1526/1526_u8_loqueaprendi.pdf)



Imagen 12. Ejemplo disponible en <https://bit.ly/3rA2J5x>

Para la elaboración de su infografía sobre el tema abordado en esta estrategia de lectura crítica, tomen en cuenta los siguientes lineamientos:

- Título del trabajo o tema: “El agua en la ZMCM”.
- Breve introducción del tema donde se explique de forma general y sintética la importancia del agua y los problemas en torno al abastecimiento y contaminación en la ZMCM.
- Información sobre la cosecha de lluvia y como esta estrategia de recolección y reutilización del agua contribuye al problema de suministro de este recurso natural en la ZMCM.



**Imagen 13.** Estudiantes de la ENCCH-Sur durante el análisis de un texto divulgativo en la clase de Química I.

- Listado de 5 consejos o recomendaciones para fomentar el consumo responsable del agua y evitar su contaminación en la vida cotidiana.
- Referencias consultadas: al menos dos fuentes citadas en formato APA.
- En la parte inferior deben incluirse los datos del autor(a): nombre, institución, asignatura, grupo y fecha de elaboración.

## Coevaluación del tríptico

Nombre: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** Revisa y lee la infografía del compañero(a) que te asigne el profesor.

Coevalúa la infografía de acuerdo con lo presentado.

Aspectos	4	3	2	1
<b>Organización</b>	Presenta todos los elementos propios de una infografía (título, introducción, cuerpo de texto, fuentes de consulta y datos del autor). Hay un equilibrio perfecto entre texto e imágenes.	Están presentes la mayoría de los elementos de una infografía (título, introducción, cuerpo de texto, fuentes y datos del autor). La información visual y textual están bien equilibradas.	Faltan algunos de los elementos característicos de una infografía (título, introducción, cuerpo de texto, fuentes o datos del autor). La información visual y textual no está equilibrada.	Solo presenta uno o dos de los elementos propios de una infografía (título, introducción, cuerpo de texto, fuentes o datos del autor). La información visual y textual no está equilibrada y/o una domina sobre la otra.
<b>Diseño</b>	Visualmente, la información se distribuye armónicamente entre texto e imagen; la combinación de colores es armónica y la tipografía empleada es legible, con el uso de diversos tamaños y fácil de leer.	La información es visualmente atractiva, la combinación de colores es adecuada y la tipografía empleada es legible y apropiada de leer.	Visualmente, la información es poco atractiva, los colores no se combinan de manera armónica y/o la tipografía es poco legible y no tan fácil de leer.	Visualmente, la información no atrae la atención y su distribución no es atractiva; la combinación de colores no es armónica y/o la tipografía empleada es inapropiada y poco legible o sin el uso de diversos tamaños.
<b>Contenido</b>	Aborda con bastante claridad todos los aspectos enunciados en torno al tema: conceptos e ideas clave. El texto posee cohesión, coherencia y concreción.	Aborda con claridad la mayor parte de los aspectos enunciados en torno al tema: conceptos e ideas clave. Hay cohesión, coherencia y/o concreción.	No aborda todos los aspectos enunciados en torno al tema: conceptos e ideas clave, aunque sí los más relevantes. En términos generales cumple con la cohesión, la coherencia y/o la concreción.	No refleja la mayor parte de los aspectos enunciados en torno al tema, como conceptos e ideas clave. El texto no cumple con la cohesión, la coherencia y/o la concreción.
<b>Elementos iconográficos</b>	Las imágenes empleadas son legibles, de dimensiones adecuadas a la infografía y se acompañan de sus fuentes de consulta. Apoyan con total claridad la información y la enriquecen y/o complementan.	Las imágenes empleadas son legibles, con dimensiones adecuadas y con sus fuentes de consulta. Apoyan la información y la enriquecen y/o complementa.	Algunas de las imágenes empleadas no son legibles o no poseen las dimensiones adecuadas y no todas están referenciadas. No apoyan de manera clara la información o bien no la enriquecen y/o complementan.	Las imágenes empleadas no son legibles y/o no poseen las dimensiones adecuadas ni están referenciadas. No se adecuan a la información que se quiere transmitir y/o no la enriquecen o complementan.
<b>Corrección lingüística</b>	No se aprecian errores ortográficos, de puntuación o acentuación.	Aparecen uno o dos errores ortográficos, de puntuación o acentuación.	Aparecen de tres a cuatro errores ortográficos, de puntuación o acentuación.	Aparecen cinco o más errores ortográficos, de acentuación o puntuación.



## Referencias

- Atkins, P. y Jones, L. (2012). *Principios de Química: los caminos del descubrimiento*, Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Becerril, J. (2009). “Contaminantes emergentes del agua”, *Revista Digital Universitaria*, 10 (8). Disponible en: [www.revista.unam.mx/vol.10/num8/art54/int54.htm](http://www.revista.unam.mx/vol.10/num8/art54/int54.htm)
- Carbajal, A., y González, M. (2012). “Propiedades y funciones biológicas del agua”, en: Vaquero, T., y Toxqui, L. (eds.), CSIC, 63-78. Disponible en: <https://cutt.ly/h94X7tL>
- CEDEC-INTEF. (2021). Rúbricas y otros documentos. Ministerio de educación y formación profesional. Gobierno de España. Disponible en: <https://cedec.intef.es/banco-de-rubricas-y-otros-documentos/>
- Durán, C., García, L., y Oliva, L. (2020). Infografía: Tratamiento de aguas residuales. *Ciencia UNAM*, DGDC-UNAM, México. Disponible en: <http://ciencia.unam.mx/contenido/infografia/97/infografia-tratamiento-de-aguas-residuales>
- Hernández, M. A. y, M. Santillán, “Cosecha de lluvia”, *¿Cómo ves?*, Núm. 142, UNAM, Ciudad de México, septiembre 2010.
- Murillo, J. (2007). “Nuevos contenidos educativos sobre el agua y los ríos desde una perspectiva CTS”. *Re-*

*vista electrónica de enseñanza de las ciencias*. 6, 714-728.  
Disponible en: [http://reec.educacioneditora.net/volumenes/volumen6/ART13\\_Vol6\\_N3.pdf](http://reec.educacioneditora.net/volumenes/volumen6/ART13_Vol6_N3.pdf)

Morales, E., y Hernández, S. (2022). *Cuaderno de Trabajo: Química I*. México: CCH-UNAM. Disponible en: <https://cutt.ly/A9sSx3K>

Navarro, F., Montagut, P. y Nieto, E., et al. (2008). *Enseñanza experimental en microescala en el bachillerato, Química I*. México: ENCCH-UNAM.

PUMAGUA. (2019). *Agua y Salud*, Infografías de la campaña UNAMeta en común: agua para todas las personas, UNAM, México. Disponible en: <http://www.pumagua.unam.mx/assets/pdfs/carteles/Infografias/aguaysalud.jpg>

Rico A., y Pérez-Orta, R. (2013). *Química I: Agua y Oxígeno*, México: ENCCH-UNAM.

## Estrategia 2.

# Contaminación atmosférica, un riesgo para el planeta y la salud

### QUÍMICA I

#### UNIDAD 2. OXÍGENO, SUSTANCIA ACTIVA DEL AIRE

#### Presentación

En la segunda estrategia de esta antología se analizan diversos aspectos en torno al ozono ( $O_3$ ), una molécula constituida por tres átomos de oxígeno que se puede encontrar en diferentes capas de la atmósfera. Por ejemplo, en la estratósfera el ozono actúa como protector de la radiación ultravioleta y contribuye a regular la temperatura en el planeta, pero en la tropósfera su presencia agudiza la contami-

nación ambiental y fenómenos como el efecto invernadero y el calentamiento global.

El estudio del comportamiento del ozono en la atmósfera resulta una temática pertinente en la segunda unidad del curso de Química I en la ENCCH, debido a que el tema central de espacio curricular es el oxígeno. Los aprendizajes que se pretenden cubrir con esta estrategia de lectura crítica son los siguientes:

- Reconoce la importancia de la ciencia y el uso de argumentos basados en evidencias para discutir y resolver problemas de importancia económica, social y ambiental, al estudiar el debate en torno del efecto de invernadero y el cambio climático (A<sub>3</sub>).
- Comunica adecuadamente por escrito y de forma oral sus conocimientos sobre los temas estudiados al explicar cómo sus acciones cotidianas pueden repercutir en la modificación del ambiente y asume su responsabilidad en la conservación del mismo (A<sub>14</sub>).

Se pretende que esta estrategia didáctica favorezca la construcción de aprendizajes reflexivos y significativos sobre la contaminación atmosférica y contribuya en la adquisición de una cultura científica.

## Sinopsis del artículo divulgativo

En el artículo “Temporada de ozono” del biólogo Efraín S. Galicia, se narra el comportamiento que tiene el ozono ( $O_3$ ) en la atmósfera. El autor centra su atención en la descripción de diferentes aspectos en torno al ozono troposférico, como es el caso de sus reacciones de formación, su caracterización, cuantificación, su incidencia como gas irritante y contaminante, así como sus efectos en la salud humana. De forma sintética, se hace alusión también a los beneficios que se asocian con la presencia del ozono en las partes altas de la estratósfera.

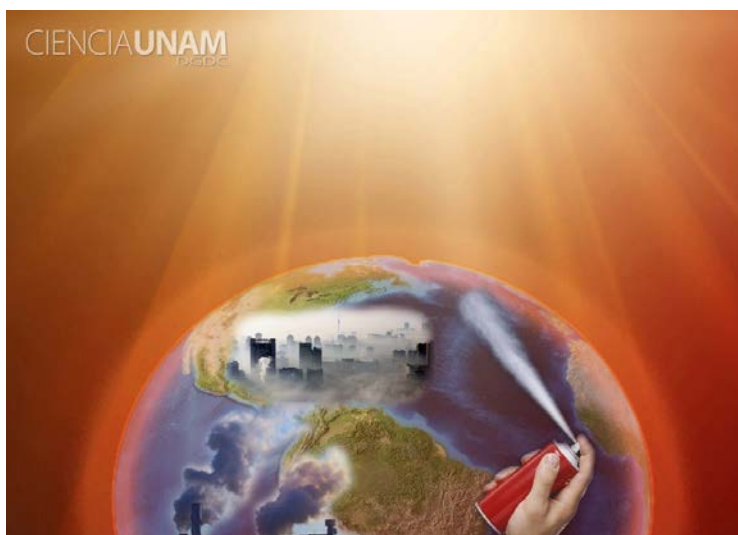


Imagen 14. El 16 de septiembre es el Día Internacional de la Preservación de la Capa de Ozono (Pérez, 2014). Disponible en: <https://cutt.ly/cRnllNs>

El problema asociado con el ozono estratosférico es su escasez en zonas específicas como la Antártida, un fenómeno que se conoce como agujeros en la capa de ozono. Al revisar este recurso textual, el lector podrá comprender la gravedad que reviste el problema de contaminación atmosférica y la necesidad de emprender acciones para su mitigación.

**Texto divulgativo utilizado:**

Galicia, E., “Temporada de ozono”, *¿Cómo ves?*, Núm. 2012, UNAM, Ciudad de México, julio 2016.

# Temporada de OZONO

Por Efraín S. Galicia

Los procesos químicos que producen el ozono contaminante resultan más complejos de lo que se pensaba, pues en nuestro entorno hay una gran cantidad de compuestos que posibilitan su formación.

Foto: Shutterstock

**Todo comenzó** una mañana de primavera. Me levanté temprano como de costumbre y fui a la ventana; la abrí esperando respirar aire fresco, pero estaba la terrible y grisácea nata de esmog. Nuevamente la ciudad estaba en contingencia ambiental por la mala calidad del aire. Encendí la computadora para escuchar las noticias y mantenerme informado. El índice de ozono en el aire de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México superaba 150 puntos en el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), según el informe de la Comisión Ambiental de la Megalópolis.

El IMECA es un indicador diseñado en 1982 que se emplea para informar a la población sobre los niveles de contaminación del aire y si éstos implican un riesgo para la salud. El puntaje se obtiene a partir de distintas mediciones que realiza el Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT) a lo largo del día. Se miden contaminantes como dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), ozono ( $\text{O}_3$ ) y otras partículas menores a 10 milésimas de milímetro (PM10) dispersas en el aire.

Como explicó en la revista *Ciencias* de la UNAM (No. 22) el ecólogo Exequiel Ezcurra, actual director del Insti-

tuto para México y Estados Unidos de la Universidad de California en San Diego, este índice se basa en una metodología sencilla de cálculo que parte de dos “puntos de quiebre”; es decir, valores estadísticamente conocidos por encima de los cuales se sabe que ocurren alteraciones significativas en la fisiología de las poblaciones humanas. Cuanto más alto es el puntaje, mayores son los efectos dañinos sobre la salud.



Formación de ozono en las capas bajas de la atmósfera.

### Gas irritante

Recientemente el ozono ha estado haciendo de las suyas en la Ciudad de México. ¿Cómo es posible que este gas pueda protegernos de la radiación ultravioleta proveniente del Sol y que al mismo tiempo afecte la salud? De acuerdo con un informe de la Comisión para la Cooperación Ambiental, el ozono troposférico o de bajo nivel —el que actualmente deambula por nuestra ciudad como agente contaminante— se produce cuando los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles (COV) reaccionan químicamente con la luz del Sol.

Los óxidos de nitrógeno se originan tanto en la quema de combustibles fósiles como en procesos industriales, mientras que los COV se derivan de los vapores de la gasolina, de los solventes químicos y de procesos biológicos como la descomposición de la materia orgánica. También hay fenómenos naturales, como los incendios forestales y los rayos producidos durante las tormentas eléctricas, que favorecen la formación de compuestos precursores del ozono.

Actualmente los expertos en esta área aseguran que los procesos químicos que originan el ozono troposférico son diversos y más complejos de lo que se pensaba, pues hay muchos compuestos que favorecen la formación de ozono, entre ellos una

amplia variedad de hidrocarburos, como el metano ( $\text{CH}_4$ ). Por otra parte, se ha visto que en general los procesos que dan lugar a la contaminación atmosférica se llevan a cabo a escala regional, en lugar de ser solamente locales, y pueden ser resultado del transporte a lo largo de días de distintos contaminantes. Para el caso de la Ciudad de México esos contaminantes pueden provenir de zonas aledañas al valle donde se encuentra.

Como el ozono contaminante se forma por la reacción de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles con la luz solar, los niveles de este gas con frecuencia son mucho más altos durante los días soleados de la primavera y el

### REGISTRO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE MÉXICO

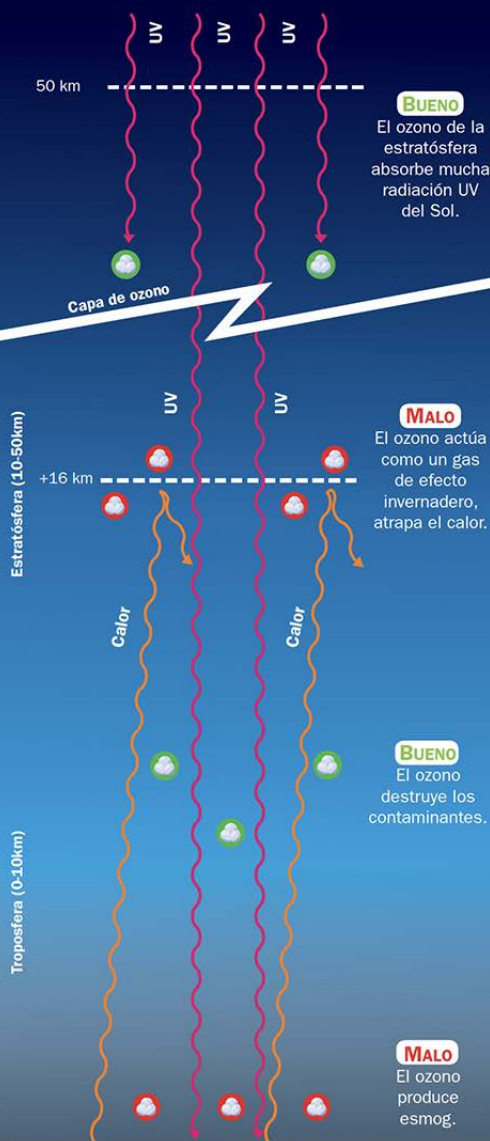
- **Buena:** 0-50 puntos IMECA. Calidad del aire satisfactoria y sin riesgo para la salud de la población.
- **Regular:** 51-100 puntos IMECA. Calidad del aire aceptable, sin embargo algunos contaminantes pueden afectar la salud.
- **Mala:** 101-150 puntos IMECA. Puede afectar la salud de algunos grupos sensibles a los contaminantes.
- **Muy mala:** 151-200 puntos IMECA. Afecta la salud de toda la población, principalmente de las vías respiratorias. En este intervalo se activan las Fases de Precontingencia Ambiental y Contingencia Fase 1 del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) del Valle de México.
- **Extremadamente mala:** IMECA mayor a 200 puntos. La población en general puede experimentar problemas graves de salud.

### UN POCO DE HISTORIA

Según la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, de 1990 a la fecha los índices de contaminación del aire en la Ciudad de México disminuyeron de 400 a 155 puntos IMECA debido a distintas acciones: la reducción de azufre en los combustibles, lo que a su vez disminuyó las emisiones de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ); la reforestación, que ayudó a reducir los niveles de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ); el reemplazo de autos viejos por unidades con motores eficientes y el uso del convertidor catalítico, que reduce la emisión de gases precursores del ozono.



## EL BUENO Y EL MALO



verano. Por ejemplo, en Monterrey y en Guadalajara las cantidades de ozono en la atmósfera se incrementan durante la primera semana de febrero y bajan con la llegada de la temporada de lluvias durante el mes de junio. Abril y mayo son los meses en que la cantidad de ozono es más elevada y llega a rebasar los 100 puntos.

Otras ciudades del mundo están pasando también por una crisis ambiental a causa del ozono troposférico. En Madrid y Valencia, España, la contaminación por ozono aumentó 32% desde 2001, según investigaciones coordinadas por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Otro ejemplo es Beijing, la capital de China, que desde 2005 ha rebasado los

niveles máximos de contaminación a causa de la creciente industrialización y del gran tránsito vehicular, fenómeno que se repite en Nueva Delhi, India. En Latinoamérica hay otras ciudades que comparten el mismo problema, como La Plata, en Argentina, Medellín y Bogotá, en Colombia, y Montevideo en Uruguay.

### Cuantificar

Se sabe desde hace mucho tiempo que el ozono acompaña a las tormentas eléctricas; quien lo identificó como elemento químico fue el sueco Friederich Schönbein en 1839. Él observó la formación de ozono en la electrólisis del agua y a partir de este descubrimiento se empezó a investigar cómo cuantificar su presencia en la atmósfera. Las primeras mediciones consistieron en impregnar papeles con una solución de yoduro de potasio y almidón, que al ser expuestos al aire y reaccionar con el ozono se coloreaban de diferentes tonos de azul según los niveles de este gas. En 1920 el físico y meteorólogo británico Gordon Miller Bourne Dobson construyó el primer instrumento para medir el ozono total en cada región de la Tierra, llamado espectrofotómetro de ozono Dobson.

Hoy en día existen dos maneras de cuantificar la cantidad de ozono contaminante en la atmósfera. Una es la quimioluminiscencia en fase gaseosa,

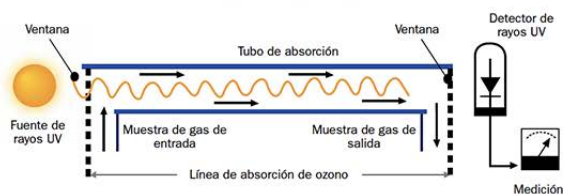
### LAS BONDADES DEL OZONO

La cara noble de este gas triatómico y azulado se encuentra a más de 16 kilómetros de nosotros, en la estratosfera, donde se forma de distinta manera que el ozono contaminante. En este lugar su concentración es tan alta que forma una capa que protege a nuestro planeta de los rayos ultravioleta dañinos (UV-B) provenientes del Sol (que provocan cáncer de piel). El ser humano ha afectado esa capa, si bien lo que resultó no es propiamente un "agujero", sino que sobre la Antártida las moléculas de ozono prácticamente se han agotado por efecto de los clorofluorocarbonos (CFC); además, su tiempo de regeneración es mayor que el de pérdida. La regulación de los CFC logró que su uso disminuyera mucho en el mundo y quizá la capa de ozono se recupere por completo en las próximas décadas.

Por otra parte, como el ozono posee una gran reactividad —es el segundo oxidante más fuerte—, se emplea desde 1903 como bactericida, potabilizador de agua y para tratar olores derivados de procesos industriales.

En 2004, los odontólogos británicos George David Rickard y Robin J. Richardson sometieron a 137 personas con caries a un tratamiento bucal con ozono. De acuerdo con sus investigaciones, el ozono es un desinfectante versátil que elimina eficazmente bacterias causantes de la caries e inhibe su crecimiento.

## FOTOMETRÍA ULTRAVIOLETA



técnica que se basa en detectar los fotones (partículas de energía luminosa) producidos tras la reacción química entre el ozono y el etileno, uno de los compuestos orgánicos volátiles más comunes en el aire. Sin embargo, este método sólo es adecuado para medir concentraciones de ozono en el intervalo de 0.001 a 100 ppm (partes por millón). La otra manera es la fotometría ultravioleta, que consiste en medir la cantidad de luz ultravioleta a una longitud de onda de 254 nanómetros, que absorbe el ozono presente en una muestra. Esta cantidad se compara con la cantidad de luz medida en una celda de referencia.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, en la zona centro del país el SIMAT esta formado por cerca de 45 estaciones que monitorean la calidad del aire. Éstas cuentan con equipo e infraestructura básica para operar de manera individual o en conjunto y para tomar muestras.

Para la medición del ozono se emplean analizadores automáticos que utilizan el método de medición por fotometría ultravioleta.

### Efectos, daños y el futuro

Los efectos del ozono en la salud humana se han estudiado durante más de tres décadas y sabemos que inciden principalmente en el sistema respiratorio. La exposición a este contaminante durante tiempo prolongado reduce la función pulmonar y dificulta la respiración debido a que daña las células pulmonares. Según el Instituto Mexicano del Seguro Social, el ozono troposférico puede causar además irritación ocular y del tejido conjuntivo de la nariz y la faringe, así como dolor de cabeza. En el caso de las personas que padecen asma se ha reportado un incremento en los ataques y otros síntomas respiratorios.

Desde mediados del siglo XX se han estudiado los efectos del ozono en la

### MÁS INFORMACIÓN

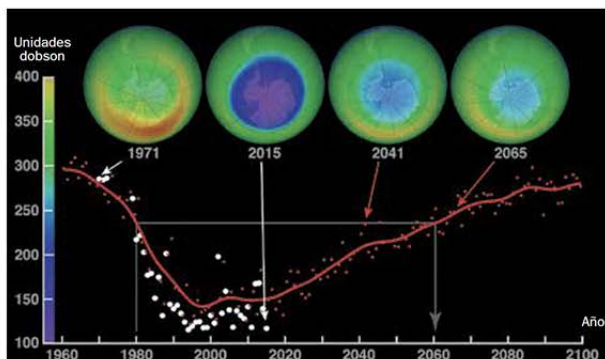
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, "Tercer almanaque, ozono (O<sub>3</sub>)": [www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/574/cap6.pdf](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/574/cap6.pdf)
- Secretaría de Medio Ambiente, Ciudad de México, Dirección de Monitoreo Atmosférico: [www.aire.cdmx.gob.mx/](http://www.aire.cdmx.gob.mx/)
- "El ozono como contaminante del aire", Dirección de Monitoreo Atmosférico: [www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/noticias/que-es-ozono/que-es-ozono.pdf](http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/noticias/que-es-ozono/que-es-ozono.pdf)

vegetación. Hasta el momento se tiene claro que este gas altamente oxidante causa manchas amarillas en las hojas, llamadas clorosis.

El ozono también daña materiales sintéticos empleados en la industria textil, como el poliéster, y se ha reportado que acelera el proceso de desgaste de diversas pinturas y recubrimientos.

Hoy disponemos de varias redes de datos sobre el ozono troposférico de la Ciudad de México. Sin embargo, las medidas para reducir las emisiones de gases precursores del ozono, como los óxidos de nitrógeno, aún no están claras. Faltan todavía políticas públicas que regulen de manera eficaz las principales fuentes de estos compuestos, además de disminuir el consumo de combustibles fósiles como el diesel y la gasolina. Dentro de estas medidas debería estar un mayor uso de fuentes alternas de energía, como la solar y la eólica, las cuales no generan contaminantes primarios. Otra más, y quizá la más debatida: mejorar los sistemas de transporte público y de carga.

Es claro que en las últimas décadas hemos desarrollado tecnología que ha permitido disminuir la emisión de contaminantes a la atmósfera, pero ¿qué pasará después si ignoramos los problemas ambientales que nos aquejan? ¿Estaremos dispuestos a consumir aire embotellado traído de Canadá? 🐼



Recuperación del agujero de ozono sobre la Antártida gracias a las políticas de control de cloro-fluorocarbonos.

Efraín S. Galicia es biólogo egresado de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Es colaborador en el portal [www.cienciarama.unam.mx](http://www.cienciarama.unam.mx) y la Agencia de Noticias de Ciencia para Latinoamérica. @effraing

## Actividades de aprendizaje

### Estrategia 2. Contaminación atmosférica, un riesgo planetario

#### I. Activación de conocimientos previos

Contesta de forma individual las siguientes preguntas, las cuales tienen como propósito explorar tus conocimientos previos sobre el tema que se abordará en este proceso de lectura crítica:

1. ¿Has escuchado hablar sobre el ozono? Si es así redacta en tres o cuatro líneas lo que sabes sobre el tema.
2. ¿Qué sabes sobre la contaminación atmosférica, los daños que provoca a la salud y el medio ambiente?
3. Revisa el título, los subtítulos, los recuadros e imágenes presentes en el material de lectura y contesta con tus propias palabras la siguiente pregunta: ¿cuál es la temática que se expone en este artículo divulgativo?
4. Efectúa una lectura rápida de forma individual del texto. Como una primera aproximación, ¿cuál consideras que es la relación de este material de lectura con el estudio de la química?
5. Después de la lectura, identifica las palabras, conceptos o frases que no entiendas o te generan confusión; anótalas en el cuadro siguiente:

Exploración de palabras y frases que generan dudas en el texto	
Palabras o conceptos	Enunciado o frase en las que se encuentra inserta la palabra o concepto

## II. Análisis de contenidos

**Para el docente:** en esta sección los alumnos analizarán en un esquema didáctico basado en el trabajo colaborativo en pequeños grupos y bajo la guía del docente, los contenidos más relevantes presentes en el material de lectura seleccionado.

Los **supuestos** son formulaciones mentales comunes y tienen que ver con intuir o suponer lo que hay detrás de los hechos o sucesos cotidianos. Seguramente, la lectura del texto te permitió realizar algunos supuestos en torno al ozono y su relación con la contaminación ambiental. Para dar seguimiento a estos, contesten lo siguiente:

- Desde su juicio, ¿por qué es importante revisar la temática abordada en el texto divulgativo?
- Expliquen dos aspectos que comprendan o dominen con seguridad que se mencionan en el artículo de “Temporada de ozono”:

Sobre el ozono y/o la contaminación atmosférica, es de mi conocimiento que:	
I.	
II.	

Otro aspecto que se devela crucial en todo proceso de análisis textual es detectar **el problema** o **idea central** presente en un material de lectura. Para llevar a cabo esta labor con este texto efectúen lo siguiente:

8. Lean nuevamente y con mayor detenimiento el artículo “Temporada de ozono” e identifiquen la idea principal de cada apartado o subtítulo presente en el texto. Recopilen su información en la siguiente tabla:

Subtítulo	Idea principal
Todo comenzó	
Gas irritante	
Cuantificar	
Efectos, daños y el futuro	

9. Después de leer detenidamente la publicación divulgativa, ¿cuál es la idea central de este texto? En otras palabras, ¿cuál es el tema principal del que se habla en el artículo? Guía tu respuesta redactándola con tus propias palabras.

Puedes empezar así:

El texto "Temporada de ozono" habla/expone/evidencia/presenta...

Lo anterior se sustenta en que el texto...

Todo texto es tan sensato, objetivo y veraz por la **información** en que está basado. Las siguientes preguntas tienen como finalidad identificar los datos, evidencias y respaldos que utilizan los autores al presentar información sobre los efectos del ozono en la atmósfera y la salud.

10. En el siguiente organizador gráfico enlista la información relevante que se menciona en el texto divulgativo al comunicar aspectos en torno al ozono.

Imezas	Información relevante
¿Qué son?	<p>Opiniones de expertos y datos de Instituciones sobre el tema.</p> <p>Ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El ecólogo Exequiel Ezcurra señala...</li> <li>• Según la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales los índices de contaminación del aire han disminuido de 1990 a la fecha...</li> </ul>

¿Qué contaminantes los constituyen?	<p>Datos químicos sobre el ozono (origen y formación de esta molécula).</p> <p>Ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El ozono troposférico se produce cuando los óxidos de nitrógeno y los COV reaccionan con ayuda de la luz del sol.</li> </ul>
¿Cómo se miden?	<p>Datos sobre la presencia del ozono en México y el mundo.</p> <p>Ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En ciudades como Monterrey y Guadalajara la concentración de ozono se incrementa en febrero y baja en temporada de lluvias.</li> </ul>

11. A partir del análisis que se ha hecho de la publicación revisada en clase, ¿consideran que existe coherencia entre los subtítulos, las imágenes que acompañan al texto con el contenido y la forma de presentar la información en el artículo divulgativo? Justifiquen su respuesta.

La formulación de **inferencias** es otra habilidad básica asociada con la comprensión lectora y el pensamiento crítico. Una forma de dar seguimiento a este tipo de constructos cognitivos es mediante el reconocimiento del posicionamiento del autor sobre el tema abordado en un texto, la construcción de argumentos y la formulación de cuestionamientos. Las siguientes actividades tienen como finalidad incentivar la formulación de inferencias sobre el texto trabajado en clase.

12. ¿Quién es el autor del texto revisado en clase y cuál es su posicionamiento sobre el tema abordado? Descrí-

belo brevemente con tus propias palabras. Toma como guía en tu redacción lo siguiente:

Considero que la posición del autor del texto “Temporada de ozono” es... lo anterior lo sustento en...

13. Imaginen que acuden a una charla académica en un auditorio del plantel. El expositor es el autor del texto “Temporada de ozono” (Efraín S. Galicia) y su conferencia está centrada en lo expuesto en el artículo divulgativo revisado en clase. Construyan dos preguntas o cuestionamientos que le harían al autor al finalizar el evento.

Pregunta/cuestionamiento 1:	Pregunta/cuestionamiento 2:

Otro aspecto clave en todo proceso de análisis textual es identificar el **propósito** que busca cumplir un texto, esto es, el motivo por el cual el autor lo escribió y difundió por medio de una revista específica. Redacten un breve párrafo en donde se indique:



14. ¿Por qué creen que el autor escribió el artículo “Temporada de ozono”? ¿Cuál es la intención o propósito que busca generar en el público lector con este texto?

Pueden iniciar de la siguiente manera:

El propósito de este artículo de divulgación científica es... Lo anterior se sustenta en la siguiente información...

### III. Problematización del texto divulgativo

**Para el docente:** En esta sección se abordarán aspectos conceptuales y contextuales que guardan relación con la temática estudiada en el material de lectura, esto con el propósito de robustecer su comprensión y proporcionar elementos que coadyuven a la adquisición de una posición informada!

#### 3.1 Problematización conceptual

##### Descripción química del ozono y su función en la estratósfera

En este apartado se efectúa una descripción química de la molécula de ozono y se indagará en las funciones y el comportamiento químico del ozono en la estratósfera.

<sup>1</sup> Para la implementación de las actividades de esta sección se recomienda el trabajo colaborativo en pequeños grupos.

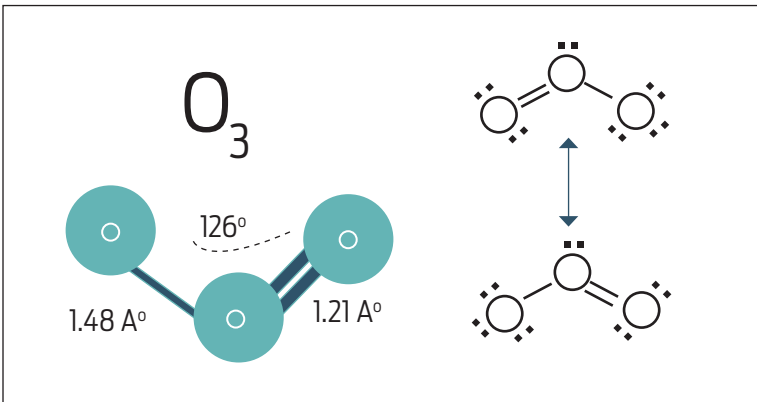
## La química de la molécula de ozono (O<sub>3</sub>)

El ozono (O<sub>3</sub>) es una forma alotrópica del oxígeno, posee una estructura abierta formada por tres átomos de dicho elemento. Su masa molecular es de 48 g/mol, posee dos tipos de enlaces: un enlace sencillo (O-O) y un enlace doble (O=O) de forma alternada. El ozono posee mayor reactividad que el oxígeno convencional (O<sub>2</sub>), debido al entorno electrónico que posee cada átomo de oxígeno en la molécula. Su ángulo de enlace es de 116° entre los dos átomos terminales de la molécula. La distancia de enlace entre los dos átomos de oxígeno unidos con un enlace sencillo (O-O) es de 1.48 Å (1Å° = 1x10<sup>-10</sup>m), mientras que la distancia de enlace entre los átomos de oxígeno unidos a un doble enlace (O=O) es de 1.21 Å°. La molécula de ozono experimenta el fenómeno de resonancia, esto es, la propiedad de intercambiar de posición o rotar su doble enlace.

El ozono se considera un poderoso oxidante, ya que puede reaccionar con una gran cantidad de productos químicos y adherir átomos de oxígeno en estos. Como se ha mencionado en la publicación divulgativa revisada en la sección anterior, el ozono es una componente natural de la atmósfera y es vital para salvaguardar las condiciones de vida en el planeta (Sedema, 2016). El 90% del ozono atmosférico se encuentra a más de 20 km de la superficie terrestre, en una capa atmosférica denominada estratosfera. En la tropósfera (capa atmosférica en la que cohabitamos) la concentración

del ozono es menor, su presencia es como un contaminante antropogénico que provoca daños en la salud, a los ecosistemas y actúa como un gas de efecto invernadero, contribuyendo al fenómeno del calentamiento global.

Entre las propiedades físicas del ozono se puede mencionar que es una sustancia gaseosa incolora, pero que a altas concentraciones toma una coloración ligeramente azul, desprende un olor fuerte similar al de los mariscos en estado de descomposición. Posee una densidad de 0.002 g/mL, se condensa en un líquido azulado a la temperatura de  $-112^{\circ}\text{C}$  y puede solidificar a los  $-193^{\circ}\text{C}$ . Es un gas tóxico cuando se interna en altas concentraciones en el organismo.



**Imagen 15.** Izquierda, representación de la molécula de ozono. Derecha, estructuras resonantes de la molécula de ozono (elaboración propia).

## El ozono en la estratósfera

La capa de ozono es una región que envuelve al planeta y se ubica entre los 20 y 50 km de altitud, esto es, en la denominada capa estratosférica. En ella se concentra la mayor parte del ozono presente en el planeta, su función es actuar como filtro o escudo protector de radiaciones nocivas, permitiendo el flujo de radiación electromagnética tenue y necesaria para la generación de las condiciones de vida en el planeta. El ozono absorbe longitudes de onda menores a 345 nanómetros (nm), también absorbe débilmente longitudes de onda entre 450 y 750 nm.

En la estratósfera las moléculas de ozono se forman a través de un proceso químico que contempla dos reacciones sucesivas. La primera es la descomposición de la molécula de oxígeno por la acción de radiación electromagnética proveniente del sol, la cual se puede esquematizar de la siguiente forma:



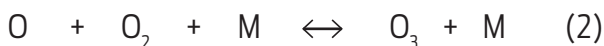
Contesta lo siguiente:

- De acuerdo con lo estudiado en el curso sobre reacción química: la reacción anterior (descomposición del oxí-

<sup>2</sup> Energía en forma de radiación electromagnética proveniente de la luz solar.

geno en la estratósfera) ¿se puede considerar exotérmica o endotérmica? Explica brevemente tu respuesta.

Una vez que la molécula de oxígeno se ha descompuesto, uno de los átomos de oxígeno individuales reacciona con otra molécula de oxígeno molecular presente en la estratósfera, dando lugar a la formación del ozono estratosférico. Tal como se representa a continuación:



La letra **M** representa la presencia de nitrógeno en este proceso químico.

Contesta lo siguiente:

- De acuerdo con lo estudiado en el curso sobre reacción química, según el comportamiento químico de reactivos y productos (síntesis, descomposición, desplazamiento simple y desplazamiento doble) ¿cómo clasificarías a la reacción (2) que representa la formación del ozono estratosférico? Explica brevemente tu respuesta.

A finales de la década de los setenta, los químicos Mario Molina (1943-2020) y Frank Rowland (1927-2012) dieron a conocer los resultados de una investigación donde demostraban que la capa de ozono estaba siendo severamente dañada

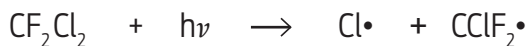
por una alta emisión de compuestos fluoroclorados de naturaleza volátil a los que denominaron clorofluorocarbonos (CFC). Estos contaminantes atmosféricos provenían de productos comercializados en forma de aerosol y de las emisiones de los equipos de calefacción y refrigeración (Pérez, 2014).

### Contesta lo siguiente:

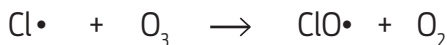
17. Desarrolla la estructura de Lewis y la fórmula semidesarrollada de los siguientes clorofluorocarbonos:

Fórmula	Estructura de Lewis	Fórmula semidesarrollada
CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> Difluorodichlorometano		
CFCl <sub>3</sub> Triclorofluorometano		

Algunas reacciones que esquematizan el daño ocasionado por los CFC en la capa de ozono se presentan a continuación. Los CFC cuando interactúan con las radiaciones emitidas en la estratósfera como la luz UV, se comienzan a disociar perdiendo un átomo de cloro.



Posteriormente, el átomo de cloro individual producto de la disociación reacciona con una molécula de ozono, provocando su descomposición y dando lugar al radical monóxido de cloro (ClO<sup>•</sup>). La reacción se muestra a continuación:



El monóxido de cloro ( $\text{ClO}\cdot$ ) al ser un radical es una entidad química inestable, reacciona rápidamente con un átomo de oxígeno para formar nuevamente un átomo de cloro y oxígeno molecular. El átomo de cloro resultante continúa el proceso de degradación del ozono estratosférico, tal como se muestra a continuación:



En la década de los ochenta se reportó que las altas concentraciones de CFC en la estratósfera estaban ocasionando un grave daño en la capa de ozono, siendo el más pronunciado un agujero de amplias dimensiones detectado en la región de la Antártida (Borsese y Esteban, 2014). Como consecuencia, en 1987 diversos organismos políticos, empresariales y científicos firmaron el Protocolo de Montreal, el cual contribuyó significativamente a disminuir el uso de los CFC en todo el mundo y, con ello, a regenerar la capa de ozono.

Por el estudio del impacto ambiental de los CFC, el Dr. Mario Molina Pasquel (químico mexicano egresado de la UNAM) y el Dr. Frank Rowland de la Universidad de California (EUA) recibieron el Premio Nobel de Química en el año de 1995.



**Imagen 16.** Mario Molina Pasquel (1943-2020), connotado químico egresado de la UNAM y Premio Nobel de Química en 1995 (Pérez, 2020).

Contesta lo siguiente:

18. De acuerdo con lo estudiado en el curso sobre reacción química y considerando el comportamiento químico de reactivos y productos (síntesis, descomposición, desplazamiento simple y desplazamiento doble), ¿cómo clasificarían las tres reacciones implicadas con la destrucción del ozono estratosférico por acción de los CFC descritas con anterioridad? Explica brevemente tu respuesta.

Reacción 1	
Reacción 2	
Reacción 3	



Investiga lo siguiente:

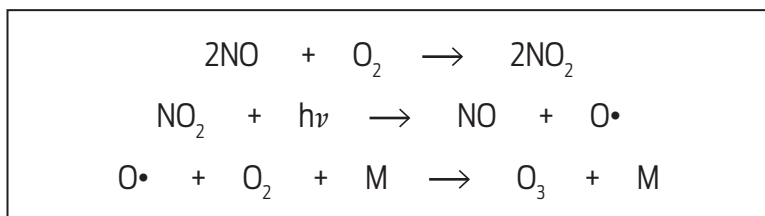
19. En un párrafo corto expliquen, ¿cuál es la relevancia en el ramo ambiental del Protocolo de Montreal firmado en 1989?
20. Realicen en una cuartilla una breve semblanza biográfica del Dr. Mario Molina Pasquel, químico mexicano merecedor del Premio Nobel en 1995. Para la realización de la semblanza se recomienda mirar el siguiente documental en la plataforma de Youtube:
  - Méndez, D. 2015. *Mario Molina: una vida dedicada a la defensa de la atmósfera*, México. Disponible en: <https://youtu.be/HQeoh2rkOCg>

### 3.2 Problematicación contextual

#### El ozono en la tropósfera: el efecto invernadero

La tropósfera es la capa de la atmósfera que tiene contacto con la superficie terrestre, posee una altura máxima de 16 km y en ella ocurren los fenómenos que tienen incidencia directa en el clima como las lluvias, los vientos y la caída de nieve. A diferencia de la estratósfera, la presencia de ozono en la tropósfera se considera peligrosa porque en esta región atmosférica este gas actúa como un contaminante que puede ocasionar daños en los ecosistemas y en la salud. El ozono troposférico es consecuencia de la actividad humana.

Son fuentes precursoras de ozono troposférico las emisiones vehiculares, industriales y las provenientes del uso de solventes químicos (Borsese y Esteban, 2014). A pesar de que este tipo de ozono tiene su origen principalmente en las ciudades, puede ser arrastrado por los vientos por largas distancias provocando, altas concentraciones en zonas rurales (SEDEMA, 2016). El ozono que deambula en las ciudades se produce cuando óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y compuestos orgánicos volátiles (COV) reaccionan químicamente por acción de la luz solar. En la Imagen 17, se esquematizan algunas reacciones relacionadas con la producción de ozono en la tropósfera.



**Imagen 17.** Reacciones de formación de ozono troposférico a partir del monóxido de nitrógeno (NO), gas emitido por los automóviles. M representa la presencia de nitrógeno molecular en el proceso (SEDEMA, 2016).

Por su parte, los COV son cierto tipo de hidrocarburos gaseosos que suelen ser muy volátiles a temperatura ambiente. Poseen menos de 12 átomos de carbono y se caracterizan por la presencia de halógenos, átomos de azufre o nitrógeno en su estructura química. El ozono en la tropósfera además de producir diversos daños en la salud contribuye al fenómeno denominado efecto invernadero.

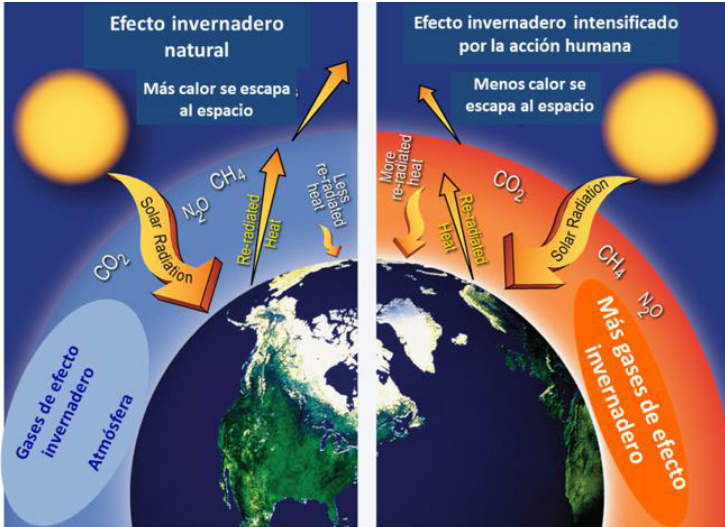
### ¿Qué es el efecto invernadero?

A diferencia de otros planetas de nuestro sistema solar, la Tierra posee una temperatura en su superficie de aproximadamente 15 °C, lo que ha permitido el desarrollo de vida y de los cada vez más escasos entornos naturales que nos rodean. Uno de los fenómenos que han hecho posible mantener esta temperatura en el planeta es el denominado efecto invernadero natural. Todos alguna vez hemos entrado a un invernadero y atestiguado que la temperatura es mayor que la del exterior. Esto se debe a que los vidrios de la estructura de un invernadero dejan pasar con facilidad la luz del sol, pero no la dejan escapar fácilmente, lo que provoca el aumento de temperatura percibido. En el planeta ocurre un fenómeno muy similar: la Tierra interactúa con la luz solar. Una tercera parte de esta radiación es reflejada de vuelta al espacio y la energía restante es retenida en la superficie de planeta. Parte de esta energía absorbida es emitida nuevamente a la atmósfera en forma de energía infrarroja. La atmósfera está compuesta por diferentes gases, entre los que se encuentran el nitrógeno con 78% de abundancia, el oxígeno con un 21%, el argón con 0.9%, el dióxido de carbono con 0.03 % y el vapor de agua que puede alcanzar hasta el 4% en regiones húmedas (Rico y Pérez-Orta, 2013).

La energía infrarroja emitida desde la superficie del planeta es absorbida en la atmósfera por la presencia de los gases antes mencionados. Esta retención permite que parte de esta energía sea redistribuida en toda la superficie terrestre y tengamos condiciones climáticas que favorecen el desarrollo de la vida en la Tierra. El efecto invernadero natural es un proceso altamente benéfico para el planeta.

Producto de la industria y el transporte (dos actividades basadas en la combustión de hidrocarburos), en el último siglo se ha incrementado la concentración de gases contaminantes en la atmósfera, como es el caso del metano ( $\text{CH}_4$ ), el ozono ( $\text{O}_3$ ), los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), los óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ), los clorofluorocarbonos (CFC) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Todos estos gases de naturaleza antropogénica tienen la propiedad de aumentar considerablemente el efecto invernadero en el planeta, es decir, contribuyen artificialmente en la retención de energía en la superficie terrestre, lo que provoca un aumento en la temperatura del planeta. El efecto invernadero, producto de la actividad humana, es considerado un riesgo ambiental porque altera drásticamente el proceso de autorregulación climática.

El notable aumento de la temperatura en el mundo ha sido descrito con el término calentamiento global (SEMARNAT, 2009). Este fenómeno se define como el incremento a largo plazo de la temperatura media del sistema climático



**Imagen 18.** El efecto invernadero natural es un proceso necesario para mantener condiciones de vida en el planeta. Mientras que el efecto invernadero antropogénico agudiza el problema de contaminación atmosférica y el calentamiento global (PNUD-Ecuador, 2020).

en la Tierra (Pérez, 2014). Las evidencias que han puesto en evidencia el denominado calentamiento global son el derretimiento de los casquetes polares, el aumento en el nivel de los océanos y la incidencia periódica de eventos climáticos extremos y catastróficos.

## Breve investigación documental

**Para el docente:** en la siguiente actividad se divide al grupo en pequeños equipos de trabajo, para que lleven a cabo una investigación documental con ayuda de internet sobre las implicaciones socioambientales del ozono troposférico y el efecto invernadero.

Efectúen una investigación documental consultando fuentes académicas, divulgativas y periodísticas para cubrir los siguientes cuatro rubros relacionados con los problemas ambientales asociados con el ozono troposférico y el fenómeno de efecto invernadero.

- a) Breve descripción de los efectos a la salud y los efectos al medio ambiente que provoca el ozono troposférico.
- b) Implicaciones ambientales del efecto invernadero, así como una breve explicación de la relación que guarda el efecto invernadero con el denominado cambio climático.
- c) Datos y cifras sobre emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Por ejemplo, qué tipo de actividades humanas o industriales producen este tipo de gases y cuál es la cantidad de GEI que se emiten en México y el mundo.
- d) Medidas y recomendaciones presentes en la literatura que contribuyan a disminuir el efecto invernadero producto de la actividad humana.

Para llevar a cabo la investigación documental solicitada, se recomienda consultar los siguientes espacios web:

- CUAIEED-UAPAS. *Cambio climático y efecto invernadero*. Unidades de Apoyo para el Aprendizaje del nivel medio superior (UAPAS), B@UNAM-UNAM. Disponible en: <https://cutt.ly/HFegGBO>
- DGTIC. *Efecto Invernadero*. Apoyo Académico para la Educación Media Superior, UNAM, disponible en: <https://cutt.ly/7FegCoT>
- SEMARNAT. (2009). *Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones*. México: SEMARNAT. Disponible en: <https://cutt.ly/VFegM25>

21. Tomando en cuenta la información vertida en el espacio de discusión, los alumnos elaborarán un mapa conceptual, jerarquizando y relacionando los siguientes términos:<sup>3</sup>

- Efecto invernadero.
- Ozono estratosférico.
- Cambio climático.
- Ozono troposférico.

<sup>3</sup> Se sugiere al profesor que los criterios a evaluar en la elaboración de este mapa conceptual sean la coherencia y la claridad en la organización de los términos o conceptos implicados, pues la jerarquización de los términos es relativa y depende de la forma en que sean relacionados. Lo que se busca es que los alumnos muestren indicios de un dominio del tema.

- Capa de ozono.
- Energías renovables.
- GEI (Gases de Efecto Invernadero).
- Enfermedades respiratorias y oxidación vegetal.
- Clorofluorocarbonos (CFC).
- Combustibles fósiles y actividad industria.

21. Con base en el trabajo realizado en torno al texto divulgativo, redacten una breve conclusión (de no más de 10 renglones) sobre el valor que posee el estudio de esta temática en particular en su formación científica en el Colegio.

#### IV. Producto final: Elaboración de un ensayo

**Para el docente:** Solicita a los estudiantes que elaboren un ensayo de forma individual sobre la temática estudiada en esta estrategia de lectura crítica.

Elaboren un ensayo de forma individual donde argumenten sobre el papel que juega el ozono en el fenómeno conocido como cambio climático y en algunas acciones para aminorar este problema. Es importante que en este producto redacten argumentos sólidos y objetivos basados en la información revisada en las secciones anteriores de esta estrategia.



### ¿Qué es un ensayo académico?

El ensayo académico es un texto argumentativo en prosa que analiza, interpreta o evalúa un tema mediante argumentos. Es un texto argumentativo que pretende responder una interrogante o problema de interés (no necesariamente demostrar una hipótesis) y trata de respaldar una posición por medio de la argumentación, es decir, por medio de la demostración de hechos, resultados de experimentos o estudios. Este tipo de texto desarrolla el pensamiento crítico, ya que posibilita a quien lo escribe analizar con profundidad un problema y su posible solución.

Las características del ensayo académico varían, según los requerimientos del modelo de cita y referencia que se esté utilizando. Sin embargo, como características generales se puede destacar que:

- a) Emplea un lenguaje formal.
- b) Se suele escribir en tercera persona, para dotar al texto de más objetividad.
- c) Lo presentado debe estar basado en contenidos disciplinares relevantes y veraces.
- d) Sustenta una postura u opinión justificada mediante respaldos de autoridad (haciendo uso de notas y citas textuales procedentes de instituciones, investigadores, entre otros).

e) La extensión es variable, pero debe permitir la demostración de la tesis mediante argumentos propios.

f) Posibilita desarrollar una postura propia y sustentarla.

La estructura del ensayo es la siguiente:

- Título y subtítulo.
- Autor.
- Introducción (en la cual se expone el tema, la tesis, idea central o postura que se pretende demostrar y la posición o idea que se pretende fundamentar).
- Desarrollo (es propiamente el desarrollo del tema expuesto anteriormente mediante los argumentos; el estudiante argumenta sustentando sus posturas con el uso de respaldos de autoridad mediante citas textuales).
- Conclusión (retoma los argumentos principales que permitieron comprobar o reafirmar la tesis).
- Referencias consultadas en formato APA (o algún otro formato).

Para la elaboración de tu ensayo revisa las siguientes páginas:

<https://cutt.ly/n6TaNaP>

<http://elensayohipertextual.azc.uam.mx/ensayo-academico.html>

<http://blog.udlap.mx/blog/2014/11/ensayoacademico/>

Para la redacción del ensayo sobre la temática abordada en esta estrategia de lectura crítica, consideraren los siguientes lineamientos:

- a) El título será libre, pero debe hacer alusión al tema central estudiado en clase: efectos del ozono en la atmósfera.
- b) Su extensión mínima debe ser de cuartilla y media y máxima de dos cuartillas (800 a 1000 palabras aproximadamente).
- c) Se sugiere utilizar algún procesador de textos con el tipo de letra Arial, tamaño 12, con interlineado 1.5 y márgenes estandarizados de acuerdo con los criterios APA.
- d) Debe sustentarse mediante una investigación previa y aprendizajes sólidos en torno a la línea argumentativa que habrá de desarrollarse.
- e) Se recomienda que en la elaboración del escrito, los alumnos sigan alguna de las siguientes líneas argumentativas:
  - *Ozono estratosférico*: función del ozono en la estratósfera, emisión de clorofluorocarbonos (CFC) e implicaciones de este tipo de moléculas en el daño de la capa de ozono y al denominado cambio climático.
  - *Ozono troposférico*: función del ozono en la tropósfera, efecto invernadero, emisión de gases de efecto invernadero (GEI) e implicaciones de los gases de efecto invernadero en el denominado calentamiento global.

f) Para la redacción de los argumentos completa el siguiente cuadro.

Planeación de los argumentos		
Tesis y postura		
Argumento. Explicar por qué (ideas completas)	Lo anterior lo sustento en la información siguiente (citas textuales)	Mis fuentes son (enunciar la fuente en formato APA)
1.		
2.		
3.		

## Lista de cotejo. Ensayo.

Categoría	Número	Criterio	Cumple		Observaciones
			Sí	No	
Estructura, contenido y estilo	1	El ensayo tiene como tema principal los biocombustibles.			
	2	Enuncia con claridad la postura o tesis de quien lo escribe.			
	3	Se evidencian los argumentos o razones que sustentan o están en desacuerdo con la tesis o postura.			
	4	Los argumentos presentan notas y/o citas con sus respectivas fuentes, para ello emplea las Normas APA.			
	5	Emplea conectores argumentativos que hacen el texto cohesivo y coherente.			
	6	Presenta una estructura de introducción, desarrollo y conclusión.			
	7	El lenguaje del ensayo evidencia manejo de los términos propios del tema.			
	8	Cumple con la extensión mínima y los requerimientos de presentación.			
	9	Presenta las referencias consultadas debidamente consignadas en formato APA.			
	10	Hay un promedio de 3 errores ortográficos.			

## Referencias

- Borsese, A., y Esteban, S. (2005). “Química, educación ambiental y vida cotidiana: el ozono troposférico”. *Enseñanza de las Ciencias*. 23(2), 251-261.
- Chang R., (2010). *Fundamentos de química*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Galicia, E. “Temporada de Ozono”, *¿Cómo ves?*, Núm. 2012, UNAM, Ciudad de México, julio 2016.
- García, K. “¿Quién es Mario Molina?”. *¿Cómo ves?*, Núm 57, UNAM, Ciudad de México, agosto 2003. Disponible en: <http://www.comoves.unam.mx/numeros/quienes/57>
- García Parejo, I. (coord.) (2011). *Escribir textos expositivos en el aula. Fundamentación teórica y secuencias didácticas para diferentes niveles*. Barcelona: Graò.
- Molina, M. (2017). “Cambio climático. Aprendiendo de los retos del ozono estratosférico”. *Pluralidad y Consenso*, 6(29), 158-165.
- Orozco Abad, J. (2007) “El ensayo”. Gracida Juárez, M. y Martínez Montes G. *El quehacer de la escritura. Propuesta didáctica para la enseñanza de la redacción en el ámbito universitario*. México: CCH.
- Pérez, I. (2014). “Proteger la capa de ozono es proteger nuestra vida”. *Ciencia UNAM*, DGDC-UNAM, México. Disponible en: [http://ciencia.unam.mx/leer/385/Proteger\\_la\\_capa\\_de\\_ozono\\_es\\_preservar\\_nuestra\\_vida](http://ciencia.unam.mx/leer/385/Proteger_la_capa_de_ozono_es_preservar_nuestra_vida)

- Pérez, I. (2020). “Mario Molina, gracias y...¡hasta siempre!”. *Ciencia UNAM*, DGDC-UNAM, México. Disponible en: <http://ciencia.unam.mx/leer/1051/mario-molina-gracias-y-hasta-siempre->
- PNUD-Ecuador. (2020). Modulo 1: Ciencia del cambio climático y Gobernanza internacional, en: *Programa de fortalecimiento de capacidades en formulación de propuestas para acceder a financiamiento climático*. Ecuador: PNUD-MAE. Disponible en: [file:///C:/Users/jml14/Downloads/Mdulo1%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/jml14/Downloads/Mdulo1%20(1).pdf)
- Portal Académico del CCH. (2019). *El ensayo. Guía para su elaboración*. México: CCH-UNAM.
- Rico A., y Pérez-Orta, R. (2013). *Química I: Agua y Oxígeno*. México: ENCCH, UNAM.
- SEDEMA. (2016). *¿Qué es el ozono?* Centro de Monitoreo Atmosférico, Noticias: Gobierno de la Ciudad de México, México.
- SEMARNAT. (2009). *Cambio climático ciencia, evidencia y acciones*. México: SEMARNAT. Disponible en: [http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/05\\_serie/cambio\\_climatico.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/05_serie/cambio_climatico.pdf)

## **Estrategia 3.** Importancia del nitrógeno en el suelo y su problemática ambiental

### QUÍMICA II

#### UNIDAD 2. SUELO, FUENTE DE NUTRIENTES PARA LAS PLANTAS

##### **Presentación**

En esta tercera estrategia de lectura crítica, se analiza en el texto divulgativo seleccionado un problema ambiental que ha sido denominado como *cascada de nitrógeno*. Para problematizar este material de lectura, se propone la realización de una breve actividad experimental relacionada con la identificación de materia orgánica y de algunos iones nitrogenados en diferentes muestras de suelo, así como el análisis documental de contenidos implicados con el valor



del suelo como recurso natural y su preservación. Referenciar esta temática en el curso de Química II de la ENCCH, resulta pertinente porque el estudio del suelo constituye el eje estructurante de la primera unidad de esta asignatura. Los aprendizajes que se busca cubrir con esta planeación didáctica son los siguientes:

- Reconoce la importancia del suelo en la producción de alimentos y la necesidad de su conservación, al analizar críticamente información al respecto (A1).
- Aplica el análisis químico para identificar algunos iones presentes en el suelo mediante la experimentación de manera cooperativa (A8).
- Comprende la importancia de la conservación del suelo por su valor como recurso natural y propone formas de recuperación de acuerdo a las problemáticas que se presentan en el suelo (A15).

Con esta estrategia educativa se pretende contribuir a robustecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de la primera unidad de la asignatura de Química II de la ENCCH, así como en la construcción de aprendizajes reflexivos y significativos.

## Sinopsis del artículo divulgativo

El texto divulgativo “La cascada de nitrógeno” escrito por Gabriel Murray Tartolo y Gabriel Murray Prisant narra los efectos ambientales y a la salud que se asocian con la acumulación excesiva del nitrógeno en el suelo, cuerpos de agua y la atmósfera. Fenómenos como la eutrofización en cuerpo de agua, la acidez de los suelos, la pérdida de biodiversidad y la presencia de una alta cantidad de óxidos nitrogenados en la atmósfera guardan relación con la alteración del ciclo del nitrógeno en el planeta.



**Imagen 19.** El nitrógeno es uno de los elementos químicos más abundantes en los suelos y fundamental para entender su comportamiento químico (López, 2020). Disponible en: <https://cutt.ly/V6TdRZm>

En el artículo se proponen como posibles soluciones a este problema reducir el uso de fertilizantes químicos y optar por abonos naturales, un cambio en la política alimentaria mundial que deje de dar prioridad al consumo de productos cárnicos, así como el uso de redes que atrapan nitrógeno en cuerpo de agua. Este recurso textual resulta apropiado para aproximar a los estudiantes con la química del suelo y fomentar el reconocimiento del valor que posee este recurso natural.

**Texto divulgativo utilizado:**

Murray Tortarolo, G. y G. Murray Prisant, “La cascada del nitrógeno”, *¿Cómo ves?*, Núm. 170, UNAM, Ciudad de México, enero 2013.

# La cascada del

Por Guillermo Murray Tortarolo y Guillermo Murray Prisant

**Si bien se trata de uno de los principales problemas ambientales, fuera del ámbito científico se le ha dado muy poca difusión.**

¿Es el calentamiento global el peor problema ambiental de nuestros días? La pregunta es más difícil de responder de lo que cabría esperar, ya que todas las crisis ambientales del planeta parecen igual de apremiantes: la falta de agua potable, la deforestación, la contaminación de los suelos y los océanos, la pérdida de la biodiversidad y las alteraciones al clima.

En un artículo bellamente titulado "Un espacio seguro de operación para la humanidad" publicado en la revista *Nature* en 2009, Johan Rockstrom, de la Alianza por la Resiliencia en Estocolmo y 30 colaboradores de varios países, hacen un recuento de todos los problemas ambientales de la actualidad y qué tanto los seres humanos hemos rebasado los umbrales seguros con respecto a ellos.

En este artículo el cambio climático no era el primero, ni el segundo, sino el tercero en la lista de peligros ambientales. En primer lugar sus autores colocaron la pérdida de la biodiversidad; ellos estiman que los seres humanos hemos rebasado 10 veces

el umbral seguro. En segundo término, aparecen las alteraciones humanas al ciclo del nitrógeno, donde ese umbral se habría rebasado tres veces, y en tercero el cambio climático con la cifra correspondiente de 1.5.

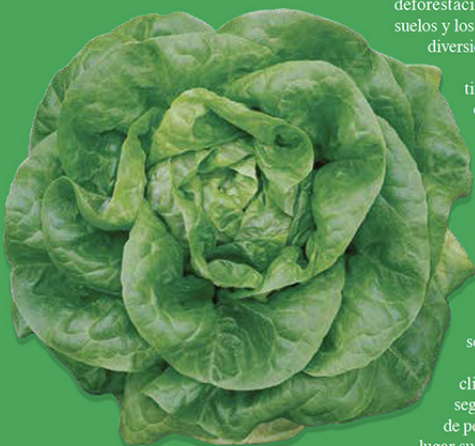
Ya sea que Rockstrom y sus colaboradores tengan o no razón, lo cierto es que tanto la pérdida de la biodiversidad como el cambio climático han recibido una importante cobertura mediática y se han asignado cuantiosos recursos económicos (aunque no suficientes) para buscar solucionarlos, mientras que la problemática ambiental en torno al ciclo del nitrógeno se menciona muy poco.

## Limitante del crecimiento

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes para la vida. Plantas, animales, bacterias, protistas y hongos lo utilizan en la construcción de los ácidos nucleicos (el ADN y el ARN), los aminoácidos y las proteínas. En las plantas, la mayor parte de este elemento se concentra en las hojas en la clorofila; mientras que en los seres humanos se encuentra homogéneamente distribuido entre la piel, los músculos, la sangre e incluso en el cabello en forma de proteínas.

La falta de nitrógeno es el limitante principal del crecimiento del plancton y las algas, así como de muchas especies de plantas terrestres. Esto se debe a que los componentes de nitrógeno que la vida puede utilizar son muy escasos en la naturaleza y se transforman rápidamente en formas inutilizables como el gas dinitrógeno (ni-

En las plantas, la mayor parte del nitrógeno se concentra en las hojas, en forma de clorofila.



# NITRÓGENO

trógeno molecular, formado por dos átomos de este elemento), que constituye 78% de la atmósfera terrestre.

La escasez de nitrógeno utilizable ha propiciado en los organismos una enorme serie de respuestas adaptativas. Los seres humanos, por ejemplo, para incluir proteínas en la dieta, consumimos leguminosas y animales de cría, lo que representa una pérdida de granos para obtener una ganancia en proteínas.

La mayor limitante para el crecimiento poblacional siempre ha sido la producción de alimentos; en el siglo XX el gran aumento en ese crecimiento se dio gracias a la invención de los fertilizantes nitrogenados (véase *¿Cómo ves?* No. 155).

## Ciclo alterado

Si el nitrógeno que podemos usar es tan raro y necesario para la vida, ¿cómo es entonces posible que represente un serio problema ambiental?

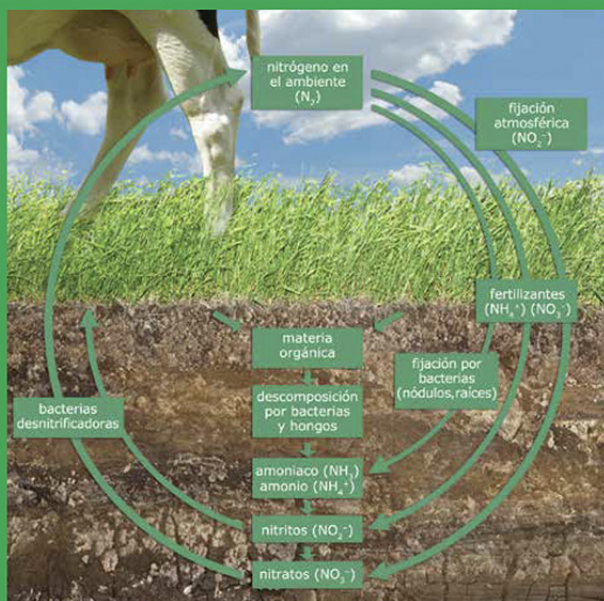
La historia comenzó a principios del siglo XX, cuando muchos científicos buscaron crear un fertilizante sintético a partir del nitrógeno contenido en la atmósfera. Para entonces, ya se sabía que la falta de nitrógeno limitaba la producción de alimentos y que existían compuestos de este gas útiles para las plantas, como el amoníaco y el nitrato. En 1909 el científico alemán Fritz Haber logró producir esos elementos en su laboratorio. Y para 1913, el químico Carl Bosch encontró la manera de industrializarlos. Ambos científicos serían galardonados con el premio Nobel de Química, el primero en 1918 y el segundo

en 1931, por solucionar los problemas de la agricultura a gran escala.

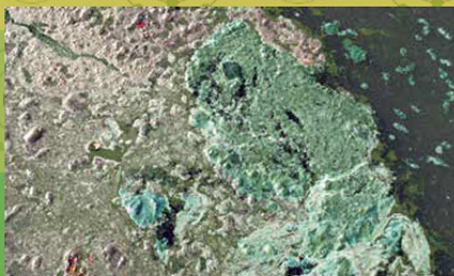
En un principio fue una historia de enorme éxito; la producción mundial de alimentos se disparó y rápidamente la población humana creció con ello, al grado que en el transcurso de 100 años se sextuplicó. Sin embargo, para mantener este

ritmo acelerado de crecimiento también se necesitó aumentar la producción de fertilizantes y fue así como los problemas comenzaron.

De todo el fertilizante que se aplica a un cultivo, en promedio la mitad es absorbido por las plantas, el resto se lava con el riego y la mitad del nitrógeno va a parar a



El ciclo del nitrógeno.



Las algas necesitan nitrógeno para crecer.



Sólo la mitad del fertilizante que se aplica es absorbido por las plantas, el resto se lava con el riego.

los mantos acuíferos, donde se volatiliza en la atmósfera en forma de gases reactivos. Conforme avanza en su viaje a través de los ecosistemas, desencadena lo que se conoce como la cascada del nitrógeno.

La aplicación de fertilizantes químicos ha duplicado la cantidad de nitrógeno reactivo utilizable por la vida que circula en el planeta. Para darnos una idea de lo que esto implica, lo podemos comparar con el caso del carbono: la quema de combustibles fósiles ha aumentado en 40% el dióxido de carbono en la atmósfera; en el caso del nitrógeno, se habla de un aumento mayor a 100%. Eso tiene muy preocupada a la comunidad científica internacional.



Tanque de nitrógeno líquido para almacenar muestras de laboratorio.

### La indeseable nitrificación

Cuando el nitrógeno se escapa de los cultivos a través del agua y emprende un viaje por los mantos acuíferos, se inician los problemas: las altas concentraciones del elemento en el agua potable están relacionadas con el riesgo de cáncer y con el síndrome del bebé azul, una rara enfermedad que disminuye la cantidad de oxígeno que circula en la sangre de los recién nacidos. De los cultivos es normalmente arrastrado hacia los ríos, donde una parte regresa a la atmósfera, pero la mayoría termina en lagos o mares.

El exceso de nitrógeno en los lagos y zonas costeras genera un proceso conocido como *eutrofización*, que consiste en un crecimiento anormal de algas a consecuencia del exceso de nutrientes (véase *¿Cómo ves?* No. 134). La sobreabundancia de algas disminuye la cantidad de luz que entra al agua y permite el crecimiento de bacterias que desoxigenan el agua y matan a los animales que ahí se encuentran. En los mares hay zonas de *hipoxia* (bajo oxígeno disuelto) y *anoxia* (sin oxígeno disuelto) donde se extinguen muchas especies. Los investigadores Robert Diaz y Rutzberg Rosenberg, de la Universidad de Virginia, estimaron que existen 400 zonas de este tipo en los océanos del mundo y que el área afectada es de 245 000 km<sup>2</sup> (algo así como una cuarta parte del territorio mexicano). Sus resultados se publicaron en la revista *Science* en 2008.

El crecimiento anómalo de plantas en los lagos tiene como consecuencia la proliferación de mosquitos y caracoles, animales portadores de enfermedades que afectan a los seres humanos, al ganado y a

los animales domésticos. Alan Townsend, y sus colaboradores de la Universidad de Boulder, Colorado, explican en un artículo de 2003 publicado en *Frontiers of Ecology and the Environment*, cómo el exceso de nitrógeno en lagos está ligado a un aumento de enfermedades como la malaria, el virus del este del Nilo y el cólera.

Pero el nitrógeno es un elemento nómada y no permanece mucho tiempo en el mismo lugar. Luego de llegar a mares y océanos, es expulsado por ciertas bacterias rumbo a la atmósfera en forma de gas: una parte reactiva y otra parte inerte. La parte no reactiva se suma al 78% del nitrógeno que forma la atmósfera, pero la reactiva continúa la cascada de destrucción. Las formas gaseosas de nitrógeno reactivo, como los óxidos de nitrógeno, mediante una larga cadena de reacciones químicas que involucran la luz solar, destruyen la capa de ozono que nos protege de la dañina radiación ultravioleta.

Como en la atmósfera tampoco es estable por mucho tiempo, el nitrógeno se precipita junto con la lluvia de regreso al suelo. Al disolverse en el agua forma ácido nítrico y como resultado disminuye el pH de la lluvia, acidificándola. Si bien no suele tener la suficiente fuerza para generar un evento de lluvia ácida, como sí lo hace el azufre, la permanencia del nitrógeno en la atmósfera es mucho mayor y su efecto nocivo es a más largo plazo. Al caer constantemente en los ecosistemas terrestres acidifica los suelos y disminuye la disponibilidad en ellos de otros elementos importantes para la vida, como el fósforo.



Foto: Naval Liberos

Foto: FreeBighictures.com

El exceso de nitrógeno en los lagos y zonas costeras genera la eutrofización.

Luego de pasar por los ecosistemas terrestres, el nitrógeno retoma su camino por ríos y lagos, volviendo a comenzar el ciclo.

#### MÁS INFORMACIÓN

- [www2.ine.gob.mx/publicaciones/download/437.pdf](http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/download/437.pdf)
- [www.fao.org/ag/aga/agap/Trg/AGROFOR1/Botero8.PDF](http://www.fao.org/ag/aga/agap/Trg/AGROFOR1/Botero8.PDF)

Cuando finalmente regresa a los ecosistemas terrestres el nitrógeno no sólo se deposita en los cultivos, sino en bosques, pastizales y selvas, donde también tiene efectos perjudiciales. En primer lugar, acidifica el suelo y disminuye la biodiversidad de microorganismos, especialmente de los descomponedores. En segundo lugar, al aumentar la disponibilidad del elemento en un proceso conocido como “depósito de nitrógeno”, se beneficia a ciertas especies vegetales de crecimiento rápido como malezas y lianas, con lo que disminuye la biodiversidad. En un estudio publicado en la revista *Global Change Biology* en 2006, Gareth Poenix y sus colaboradores de la Universidad de Sheffield, en el Reino Unido, encontraron que el depósito de nitrógeno afecta gravemente a 17 de los 34 lugares más biodiversos del mundo (los llamados focos rojos o *hotspots* de biodiversidad, que contienen 50% de las especies vegetales del planeta) y medianamente a 16 de los 17 restantes.

Luego de pasar por los ecosistemas terrestres el nitrógeno retoma su camino por ríos y lagos, volviendo a comenzar el ciclo. Una parte, sin embargo, con cada paso que da, se convierte en formas no reactivas gracias a las bacterias. Pero casi la totalidad de las formas reactivas son transformadas en gases inertes. Con la aplicación anual

de fertilizantes nitrogenados se restablece esta cascada de efectos de manera continua.

#### Variación de soluciones

Pese a la falta de difusión de este problema, la cantidad de soluciones que se proponen es asombrosa; provienen de una extensa gama de profesionistas: agricultores, ecólogos, químicos, políticos y economistas. Van de cosas tan sencillas como colocar redes que atrapen el nitrógeno, hasta medidas complejas como cambiar la política alimentaria mundial.

Desde el punto de vista agrícola se propone reducir la cantidad de fertilizantes aplicados, mejorar el rendimiento de los cultivos con riego por goteo y fertilizar sólo al inicio de la estación de cultivo. Esto ha aumentado hasta 10% la producción de maíz en Estados Unidos con el uso de la misma cantidad de fertilizante.

Las redes que atrapan nitrógeno consisten en una tela de alambre cubierta por algas que se coloca en ríos con alto contenido de nitrógeno. Las algas capturan el elemento y lo utilizan para crecer, lo cual disminuye la cantidad que se descarga a lagos y océanos. Después de un tiempo parte de estas algas se dan de comer al ganado. El proceso se puede repetir por siempre. Se propone también utilizar fertilizantes naturales, sobre todo estiércol. Como en el sistema agrícola la producción de cultivos y la de ganado se realiza en diferentes puntos, se vuelve poco rentable reutilizar el estiércol como fertilizante. Al acercar estos procesos productivos se podrían disminuir los costos de ambos.

Se ha propuesto también cambiar la política alimentaria mundial. Si se au-

menta el consumo y la producción local de alimentos, se reduce la necesidad de fertilizante en las grandes zonas agrícolas mundiales. En lugar de que el nitrógeno se concentre en dos o tres zonas del mundo, es mejor tener concentraciones bajas y homogéneamente distribuidas, cuyos efectos dañinos son de hecho inexistentes.

En las últimas dos décadas el consumo promedio de carne se ha cuadruplicado en el mundo. Esto genera una fuerte presión para aumentar la producción de granos y del área agrícola necesaria. Para producir un kilogramo de carne de res se necesitan en promedio 13 de maíz. Así, al reducir el consumo de carne se reduce también la cantidad de fertilizantes aplicados.

Y algo más, muchas de las soluciones que se den al ciclo del nitrógeno ayudarán también a mitigar el acelerado crecimiento en el dióxido de carbono atmosférico, principal causante del cambio climático. 🌱

Guillermo Murray Tortarolo es maestro en ciencias biológicas por la UNAM; actualmente cursa un doctorado en matemáticas en la Universidad de Exeter, Inglaterra. En la investigación su interés principal son los ciclos de nutrientes y su relación con el cambio climático.

Guillermo Murray Prisant, quien tiene una maestría en psicología, es escritor, periodista, divulgador y fotógrafo. Ha escrito para diversas publicaciones periódicas. Entre sus libros destacan *Mundo Insecto*, *Huellas de dinosaurio* y *Leyendas del Popocatepetli*.

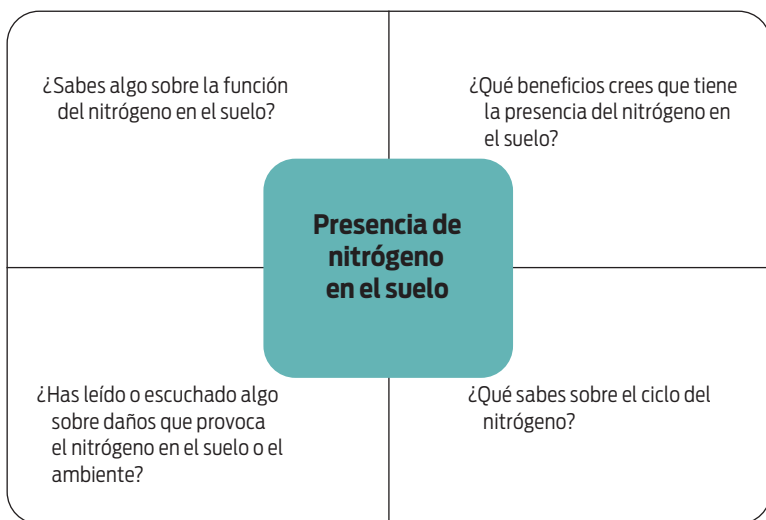
## Actividades de aprendizaje

### Estrategia III. Importancia del nitrógeno en el suelo y problemática ambiental

#### I. Activación de conocimientos previos

Contesta de forma individual las siguientes preguntas, las cuales tienen como propósito explorar tus conocimientos previos sobre el tema que se abordará en este proceso de lectura crítica:

1. Completa el siguiente organizador gráfico con las respuestas a las preguntas que se presentan a continuación.





2. Efectúa una lectura exploratoria de forma individual del texto divulgativo como una primera aproximación. ¿qué relación consideras que tiene este texto divulgativo con el estudio de la química?
3. Después de la lectura, identifica las palabras, conceptos o frases que no entiendas o te generan confusión; anótalas en el cuadro siguiente:

Exploración de palabras y frases que generan dudas en el texto	
Palabras o conceptos	Enunciado o frase en los que se encuentra inserta la palabra o el concepto

## II. Análisis de contenidos

**Para el docente:** En esta sección los alumnos analizarán en un esquema didáctico basado en el trabajo cooperativo en pequeños grupos y bajo la guía del docente, los contenidos más relevantes presentes en el material de lectura seleccionado.

Los **supuestos** son formulaciones mentales comunes y tienen que ver con intuir o suponer lo que hay detrás de los hechos o sucesos cotidianos. Seguramente, la lectura del texto te permitió realizar algunos supuestos en torno al pa-

pel del nitrógeno en el suelo. Para ello, contesta las siguientes preguntas.

4. Desde tu perspectiva, ¿cuál es la importancia del tema que se aborda en el texto divulgativo?
5. Redacten dos cosas que comprendan con seguridad del artículo “La cascada del nitrógeno”.

I.
II.

Otro aspecto esencial en todo proceso de análisis textual es detectar el **problema** o **idea central** presente en un material de lectura. Para llevar a cabo esta labor con el texto “La cascada del nitrógeno” realiza lo siguiente:

6. Lee nuevamente y con mayor detenimiento el artículo e identifica la idea central de cada apartado o subtítulo presente en el texto. Recopila la información en la siguiente tabla:

Limitante del crecimiento	Ciclo alterado

La indeseable nitrificación	Variedad de soluciones

7. En tu opinión, ¿cuál es la idea central de este texto? Es decir, ¿cuál es el tema central del que se habla en el artículo? No olviden redactarla con sus propias palabras. Pueden empezar así:

El artículo "La cascada del nitrógeno" habla/expone/evidencia/presenta...  
Lo anterior se sustenta en que el texto...

Todo artículo científico o divulgativo apela a la objetividad, claridad y veracidad de la **información** en el que está basado. Las siguientes actividades tienen como propósito identificar los datos, evidencias y respaldos que utiliza los autores al presentar diferentes aspectos sobre la temática expuesta.

8. En la siguiente tabla enlisten o citen *información relevante* (datos químicos, estudios y publicaciones) que se mencionan en el texto al abordar los diferentes aspectos sobre el nitrógeno.

Datos científicos (sustancias químicas que poseen nitrógeno y su relevancia)	Estudios y publicaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Clorofila</i>. Pigmento que da coloración a las plantas (ejemplo).</li> <li>• ADN y ARN ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Johan Rockstrom (<i>Nature</i>, 2009), coloca a las alteraciones del ciclo del nitrógeno como el segundo problema ambiental más importante del mundo.</li> <li>• Fritz Haber en 1909 publicó...</li> </ul>

9. A partir del análisis que se ha hecho del material de lectura: ¿consideran que existe coherencia entre el contenido, los subtítulos, las imágenes, los recuadros y la forma de presentar la información en el texto? Justifiquen su respuesta.

La formulación de **inferencias** es otra habilidad asociada con la comprensión lectora y el pensamiento crítico. Una forma de dar seguimiento a estos constructos cognitivos es mediante el reconocimiento del posicionamiento del autor respecto al tema abordado en un texto, la construcción de argumentos y cuestionamientos. Las siguientes actividades tienen como finalidad incentivar la formulación de inferencias.

10. A partir de lo leído, ¿cuál es el posicionamiento del autor sobre el tema? Descríbelo brevemente con tus propias palabras. Puedes empezar así:

Considero que la posición de los autores del artículo “La cascada del nitrógeno” es... lo anterior lo sustentó en...

11. Imaginen que acuden a una charla académica en un auditorio del plantel. El expositor es uno de los autores del texto “La cascada del nitrógeno” (Guillermo Murray Tortarolo) y su conferencia está centrada en lo expuesto en el artículo divulgativo revisado en clase. Construyan dos preguntas o cuestionamientos que le harían al autor al finalizar el evento

Pregunta/cuestionamiento 1:	Pregunta/cuestionamiento 2:

Otro aspecto clave en el análisis textual consiste en identificar el **propósito** que busca cumplir un texto, esto es, el motivo por el cual los autores decidieron escribirlo y difundirlo. Considerando lo anterior, redacten un breve párrafo guiándose por la pregunta siguiente:

12. ¿Por qué creen que los autores escribieron el artículo “La cascada del nitrógeno”? ¿Cuál es la intención o

propósito que busca generar en el público lector al que va dirigido? Pueden iniciar de la siguiente manera:

Las razones que impulsaron a los autores a escribir este artículo son...

### III. Problematicación del texto divulgativo

**Para el docente:** en esta sección se abordarán aspectos conceptuales y contextuales que guardan relación con la temática estudiada en el texto divulgativo, esto con el propósito de robustecer su comprensión y proporcionar elementos que coadyuven a la adquisición de una posición informada<sup>1</sup>.

#### 3.1. Problematicación conceptual

#### Actividad experimental: Identificación de nitrógeno en el suelo

##### Objetivo

- Los alumnos efectuarán algunas pruebas cualitativas que les permitirán reconocer la parte orgánica e identificar la

<sup>1</sup> Para implementar las actividades de esta sección se recomienda el trabajo colaborativo en pequeños grupos. En la actividad experimental, se sugiere solicitar previamente un diagrama de flujo sobre el procedimiento que habrá de efectuarse en el laboratorio.

- presencia de iones nitrogenados en dos muestras de suelo.
- Los estudiantes comprenderán la importancia que posee el nitrógeno en el suelo y su función en el desarrollo de los organismos vegetales.

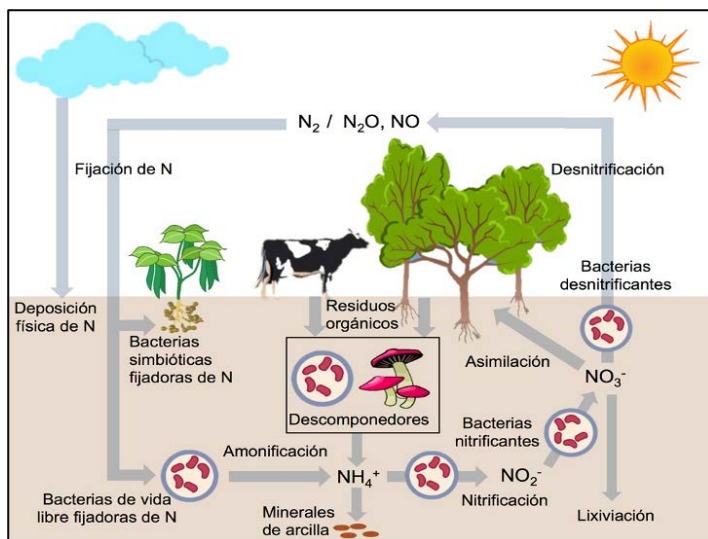
### Introducción

El nitrógeno ( $N_2$ ) junto con el carbono, el hidrógeno, el oxígeno, el azufre y el fósforo (CHONSP) conforman el grupo de elementos químicos de mayor abundancia y relevancia en la constitución de los organismos vivos, el  $N_2$  es considerado también un elemento primario en la composición del suelo y el metabolismo de las plantas. La falta de nitrógeno o un exceso de este elemento químico en los suelos impacta de manera significativa en la productividad y diversidad de los ecosistemas (Benimeli y Plascencia, 2019). En las plantas el nitrógeno está presente en forma de aminoácidos, enzimas, vitaminas, ácidos nucleicos y en algunos pigmentos como la clorofila.

El origen de la mayor parte del nitrógeno que se encuentra en el suelo no proviene de los minerales sino de la atmósfera terrestre. El nitrógeno atmosférico o molecular es fijado por procesos bioquímicos que se llevan a cabo en el ciclo de este elemento. El nitrógeno en el suelo se encuentra principalmente como parte de la materia orgánica, esto es, como constituyente de aminoácidos y aminoazúcares. La fracción de nitrógeno que es utilizado por los organismos vegetales representa únicamente el 10% del total de este ele-

mento en el suelo. Las plantas toman el nitrógeno del suelo en forma de iones como el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y en compuestos como el amoniaco o algunos óxidos de este elemento (Navarro, 2003).

El estudio del ciclo del nitrógeno es un aspecto necesario para comprender la movilidad de este elemento en microorganismos y entornos naturales. Este proceso puede dividirse en cinco etapas: 1) fijación, 2) asimilación, 3) amonificación, 4) nitrificación y 5) desnitrificación (Pajares, 2016). La conversión del nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ) proveniente de la atmósfera en formas utilizables para las plantas se lleva mediante procesos de **fijación** biológica. En estos, algunos



**Imagen 20.** El ciclo del nitrógeno muestra la dinámica de este elemento en el suelo y en los organismos vegetales. Imagen tomada de Pajares (2016).



microorganismos como las bacterias, presentes en las raíces de los organismos vegetales, transforman el nitrógeno proveniente de la atmósfera y una parte de este elemento que se encuentra en forma orgánica en iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), mediante reacciones de reducción que requieren energía en forma de ATP.

Por su parte, la etapa de **asimilación** del ciclo tiene que ver con los mecanismos mediante los cuales las plantas incorporan los iones nitrogenados para potenciar su metabolismo. Cuando mueren los organismos vegetales, el nitrógeno regresa al suelo como parte de los desechos de materia orgánica o biomasa, por lo que es necesario que este elemento sea transformado nuevamente en iones y compuestos inorgánicos reutilizables. Esto ocurre durante la **amonificación** en donde hongos y microorganismos degradan el nitrógeno presente en aminas y aminoácidos de residuos de biomasa en compuestos amónicos. Una fracción del amonio producido en esta etapa del ciclo es oxidada nuevamente por la acción bacteriana dando como resultado la síntesis de iones nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), los cuales se caracterizan por ser muy solubles, lo que permite su rápida absorción en la corteza terrestre y por los organismos vegetales. A este proceso se le conoce como **nitricación** y representa la cuarta etapa del ciclo del nitrógeno. Finalmente, parte de estos iones nitrogenados son transformados nuevamente por la acción de algunos microorganismos presentes en el suelo en anhídridos como el NO y el  $\text{N}_2\text{O}$ ; dos compuestos volátiles que al experimentar reacciones de

reducción en la atmósfera producen nuevamente nitrógeno molecular ( $N_2$ ), cerrando con ello el ciclo.

En esta actividad experimental, efectuarás algunas pruebas cualitativas que te permitirán identificar la presencia de materia orgánica y de iones nitrogenados en dos muestras de suelo.

### Materiales y sustancias

Materiales	Sustancias
2 cajas petri	Agua oxigenada ( $H_2O_2$ )
2 vidrios de reloj	Difenilamina
3 vasos de precipitado de 50 mL	Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) 1M
6 tubos de ensayo	Solución de sulfato de Hierro (II) ( $FeSO_4$ ) 1M
3 pipetas beral	Ácido acético 1M
1 probeta de 10 mL	2 muestras de suelo (semiárido y de cultivo)
1 piseta	
1 embudo de cristal	
1 soporte con anillo metálico	
agitador de vidrio y espátula	
1 franela	

## Procedimiento

### a) Reconocimiento de la materia orgánica del suelo:

- I. Coloca 3 g de una muestra de suelo de cultivo en una caja Petri.
- II. Vierte con ayuda de una pipeta beral 2 mL de agua oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) a la caja Petri con suelo de cultivo.
- III. Espera 3 minutos y registra observaciones en la tabla 1 de resultados. La aparición de efervescencia es el indicador que confirma la presencia de materia orgánica en el suelo.



**Imagen 21.** El fenómeno de efervescencia y su intensidad es un indicador de la presencia de materia orgánica en el suelo.

- IV. Repite el mismo procedimiento, pero ahora usando una muestra de suelo semiárido. Registra tus observaciones en la tabla 1.

b) Identificación cualitativa de iones nitratos.

### Preparación de muestras de suelo:

- I. Pesa 2 g de suelo de cultivo en un vaso de precipitado de 50 mL.
- II. Agrega 10 mL de agua y 2 gotas de ácido acético 1M al vaso con suelo de cultivo.
- III. Con ayuda del agitador revuelve y homogeniza lo más posible la muestra por unos minutos.
- IV. Monta el equipo que se muestra en la imagen 22 y lleva a cabo la filtración de la muestra de suelo.



**Imagen 22.** Filtración de una muestra de suelo. Alumnas de la ENCCH durante la realización de la actividad experimental.

- V. La parte líquida o filtrado es la muestra que se utilizará para llevar a cabo la identificación de iones nitrato.
- VI. Repite el mismo procedimiento, pero ahora pesando 2 g de suelo semiárido.

Prueba con ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y difenilamina:

- VII. Rotula un tubo de ensayo y coloca con una pipeta beral 2 mL del filtrado o muestra de suelo de cultivo.
- VIII. Añade al tubo, con la muestra líquida de suelo de cultivo, unos cuantos cristales de difenilamina y lentamente 5 gotas de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 1M. Agita vigorosamente por un minuto.
- IX. Registra tus observaciones en la tabla 2 de resultados. La aparición de una tonalidad azul confirma la presencia de nitratos.
- X. Repite el mismo procedimiento, pero ahora con el filtrado de la muestra de suelo semiárido. Registra tus observaciones en la tabla 2 de resultados.

Prueba con una disolución de sulfato de Hierro (II):

- XI. Rotula un tubo de ensayo y coloca con una pipeta beral 2 mL del filtrado o muestra de suelo de cultivo.
- XII. Añade al tubo con la muestra líquida de suelo de cultivo 3 gotas de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 1M y 2 mL de una

disolución de sulfato de Hierro II ( $\text{FeSO}_4$ ) 1 M. Agita vigorosamente por un minuto.

XIII. Adiciona lentamente 2 gotas más de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 1 M y espera un par de minutos.

XIV. Registra tus observaciones en la tabla 2 de resultados. La aparición de un anillo café en el menisco del tubo confirma la presencia de nitratos.

XV. Repite el mismo procedimiento, pero ahora con el filtrado de la muestra de suelo semiárido. Registra tus observaciones en la tabla 2 de resultados.

## Resultados

Completa la siguiente tabla con tus observaciones.

**Tabla 1. Reconocimiento de materia orgánica en el suelo**

Muestra	Efervescencia $\text{C}/\text{H}_2\text{O}_2$		Observaciones (intensidad de efervescencia, aspecto)
	SÍ ( )	NO ( )	
Suelo de cultivo	SÍ ( )	NO ( )	
Suelo semiárido	SÍ ( )	NO ( )	

Tabla 2. Identificación de nitratos en el suelo

Muestra	Presencia de $\text{NO}_3^-$ - $\text{H}_2\text{SO}_4$ /Fenilamina		Presencia de $\text{NO}_3^-$ - Disol $\text{FeSO}_4/\text{H}^+$	
	SÍ ( )	NO ( )	SÍ ( )	NO ( )
Suelo de cultivo	SÍ ( )	NO ( )	SÍ ( )	NO ( )
Suelo semiárido	SÍ ( )	NO ( )	SÍ ( )	NO ( )
Observaciones				

## Manejo de residuos

- Investiga previamente las toxicidades de las sustancias utilizadas.
- Los residuos de las pruebas para identificar presencia de materia orgánica puedes depositarlos en el cesto de basura, ya que no son tóxicos.
- Coloca todos los residuos de las pruebas para identificar nitratos en el contenedor o recipiente que te indique el profesor. No los tires en la tarja porque hay trazas de sales metálicas y difenilamina, compuestos de alta toxicidad.

## Análisis de resultados

A partir de lo observado en la actividad experimental, resuelve el siguiente cuestionario, el cual te servirá para reforzar aprendizajes en torno a los contenidos revisados en el texto divulgativo.

13. ¿A qué atribuyes la diferencia en la intensidad de la efervescencia en las muestras de suelo de cultivo y semiárido?
14. Según los resultados obtenidos ¿cuál muestra de suelo posee mayor cantidad de nitrógeno? Justifica tu respuesta.
15. ¿Cuál consideras que es la importancia de la presencia de iones nitrato en el suelo?
16. Resume esquemáticamente el ciclo del nitrógeno.
17. Además del nitrógeno, ¿que otros elementos químicos se consideran primarios o esenciales para los suelos?
18. Investiga dos tipos de fertilizantes comerciales que contengan nitrógeno y menciona el porcentaje (%) de este elemento presente en dichos agroquímicos.

### 3.2 Problematicación contextual

**Para el docente:** en esta sección, los alumnos realizarán una breve investigación documental sobre los problemas de contaminación ambiental relacionados con la denominada cascada de nitrógeno. Los resultados de esta investigación serán presentados en un espacio de discusión conducido y supervisado por el docente.



### **Contaminación de cuerpos de agua y lixiviación, dos problemas asociados con la cascada de nitrógeno**

El uso exacerbado de fertilizantes sintéticos está provocando severas alteraciones en el aire, cuerpos de agua y suelo. Los iones nitrogenados proveniente de estos productos químicos suelen ser volátiles y solubles, por lo que, cuando se encuentran en altas concentraciones, pueden ser arrastrados grandes distancias por el viento o la lluvia, depositarse en cuerpos de agua y penetrar capas profundas del suelo. El depósito de iones nitrogenados provenientes de fuentes antropogénicas, tanto en cuerpos de agua como su penetrabilidad en capas profundas del suelo, son considerados problemas de relevancia ambiental (Mazari, 2014).

Una concentración elevada de nitrógeno en cuerpos de agua puede provocar el deterioro de lagos, ríos, presas y mantos acuíferos. Esto al acelerar el crecimiento de algunos organismos vegetales específicos como las algas u otro tipo de plantas invasivas, provocando el fenómeno de desoxigenación de los cuerpos de agua y, con ello, la muerte de animales acuáticos como peces y aves. Por otra parte, cuando los mantos acuíferos usados para el consumo humano de agua son alterados por altas concentraciones de sales que contienen nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), estas puedan ocasionar severos problemas de salud. Por ejemplo, se sabe que

los iones nitrato poseen una baja toxicidad, pero cuando son ingeridos en altas concentraciones o por un tiempo prolongado pueden ser reducidos en el organismo por acción enzimática en nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), entidades químicas de mayor toxicidad.

Los nitritos disminuyen la capacidad de la hemoglobina presente en la sangre de transportar oxígeno hacia las células, provocando un proceso degenerativo en la piel. Para evitar este padecimiento y otro tipo de enfermedades relacionadas con un exceso de nitrógeno en el agua, algunos gobiernos han establecido normas y límites en la concentración de nitratos en los suministros de agua destinados para el consumo humano (Pajares, 2016).



**Imagen 23.** La eutrofización es el problema de contaminación más importante de lagos y ríos. Disponible en: <https://cutt.ly/MRJHGBY>

El segundo problema asociado con el exceso de iones nitrogenados en el suelo es su permeabilidad en capas profundas por lixiviación, un fenómeno que se define como el desplazamiento de sustancias solubles o dispersas por acción del agua (Mazari, 2014). Al ser muy solubles, los nitratos son transportados por las aguas de riego o por las lluvias a capas profundas del suelo. Los daños ambientales que se asocian con este fenómeno son la acidificación de amplias franjas de tierras de cultivo, la pérdida de fertilidad del suelo y la intoxicación del ganado (por alta cantidad de nitrógeno en hortalizas) al consumir sorgo o forraje en temporadas de sequía, entre otros (Benimeli y Plasencia, 2019).

Para evitar los daños ambientales descritos con anterioridad, expertos han señalado la necesidad de dar un manejo sostenible a las fuentes que suministran nitrógeno al suelo, tomando en cuenta las siguientes recomendaciones: 1) mantener cantidades adecuadas de materia orgánica en los suelos para asegurar el suministro adecuado de nitrógeno a largo plazo; 2) regular las formas de nitrógeno soluble para asegurar que las necesidades de las plantas estén cubiertas; 3) evitar metas de rendimiento óptimas en tierras de cultivo que conduzcan a la aplicación de altas concentraciones de fertilizantes (Benimeli y Plasencia, 2019).

## Breve investigación documental

**Para el docente:** en la siguiente actividad se divide al grupo en pequeños equipos de trabajo, los alumnos llevarán a cabo una investigación documental usando internet para ampliar la información citada en el texto divulgativo sobre la cascada del nitrógeno.

Realicen una investigación documental para indagar con mayor profundidad sobre la problemática ambiental relacionada con la cascada de nitrógeno. Para ello, deben consultar sitios académicos, divulgativos y periodísticos reconocidos. En esta investigación se deben cubrir los siguientes rubros:

- a) Ampliar la información sobre la noción de eutrofización, relación con el ciclo del nitrógeno y sus efectos ambientales.
- b) Profundizar en la información sobre las causas y los efectos de la falta de nitrógeno en el suelo.
- c) Soluciones a las alteraciones del ciclo del nitrógeno desde el sector agrícola (uso reducido de fertilizantes sintéticos, abonos orgánicos, riego por goteo, etcétera).
- d) Medidas para reducir la presencia del nitrógeno reactivo en el ambiente (menos consumo de cárnicos, efecto invernadero, redes que atrapan nitrógeno, etcétera).

Los resultados de su investigación documental serán compartidos en un espacio de discusión conducido y auto-regulado por el docente.

19. En la siguiente tabla organicen y sinteticen la información vertida en el espacio de discusión sobre problemas y soluciones relacionados con la cascada de nitrógeno.

**Tabla 3. Información relevante sobre problemas y soluciones asociados con la cascada del nitrógeno**

Rubro	Información
a) Definición de eutrofización y problemática ambiental.	
b) Causas y efectos de la falta de nitrógeno en el suelo.	
c) Soluciones a las alteraciones del ciclo del nitrógeno desde el sector agrícola.	
d) Medidas y/o soluciones para reducir el nitrógeno reactivo en el ambiente.	

20. Después de todo el trabajo emprendido sobre el tema revisado en el texto divulgativo, redacten una breve conclusión (de no más de 10 renglones) sobre el valor que posee el estudio de esta temática en particular en su formación científica en el Colegio.



#### IV. Producto final. Elaboración de un mapa mental.

**Para el docente:** se solicita a los alumnos realizar de forma individual un mapa mental sobre el tema central abordado en el texto divulgativo (la cascada de nitrógeno), esto con el objetivo de dar seguimiento a los aprendizajes generales construidos durante este proceso de lectura crítica.

##### ¿Qué es un mapa mental?

El mapa mental es un esquema gráfico para extraer y memorizar información. Es una forma creativa y lógica que sirve para tomar notas y expresar ideas que consiste, literalmente, en cartografiar las reflexiones sobre un tema.

Al realizarlo deben considerarse cinco características esenciales:

- a) El asunto, motivo de atención o núcleo se evidencia en una imagen central.
- b) La imagen central irradia los principales temas o asuntos mediante una forma ramificada en la que se usan líneas.
- c) Las ramas comprenden una imagen o palabra clave impresa sobre símbolos, palabras, colores e imágenes, para ilustrar conceptos sencillos y lógicos.
- d) Los puntos de menor importancia se representan como ramas más simples, adheridas a las ramas superiores.
- e) Las ramas forman una estructura nodal relacionada.



especiales pueden representar monumentos o ideas especialmente importantes.

Algunos recursos de la red que pueden ayudarte a elaborar mapas mentales son Lucidchart, Venngage o Canva.

Para la elaboración del mapa mental sobre la temática abordada en esta estrategia de lectura crítica considera los siguientes puntos:

- 1) El mapa mental debe estar basado en el problema de cascada de nitrógeno y sus implicaciones CTS-A.
- 2) El centro o núcleo del mapa mental debe ser el tema revisado en el texto divulgativo (la cascada del nitrógeno). Las primeras ramificaciones del mapa serán los cuatro subtítulos del texto divulgativo revisado en clase (limitante de crecimiento, ciclo alterado, la indeseable nitrificación y variedad de soluciones). Las ideas, conceptos o frases posteriores serán de elaboración propia.
- 3) El mapa deberá acompañarse de imágenes que guarden relación con el tema central.
- 4) Explicitar el valor que tiene el suelo como un recurso natural y la importancia de su preservación.



## Lista de cotejo. El mapa mental.

**Instrucciones:** revisa y lee el mapa mental del compañero o compañera que te asigne el profesor. Coevalúalo con lo presentado.

Categoría	Número	Criterio	Cumple		Observaciones
			Sí	No	
Estructura, contenido y estilo	1	El núcleo o tema central (cascada del nitrógeno) se visualiza en una imagen acompañada del título.			
	2	Del núcleo o mapa central parten cuatro ramificaciones con los subtemas del texto divulgativo.			
	3	Las ramas se acompañan de conceptos clave e imágenes alusivas al tema central.			
	4	Las ramificaciones de menor importancia están claramente diferenciadas y se derivan de las ramas principales.			
	5	El uso de imágenes, líneas y colores permite una visualización clara y precisa de la información.			
	6	Las imágenes son nítidas y se presentan de forma armónica (no están deformadas).			
	7	Existe coherencia entre las imágenes, conceptos e ideas.			
	8	El mapa mental muestra cohesión y evidencia dominio del tema.			
	9	Hay claridad y sencillez en la presentación del mapa.			
	10	Hay menos de 5 errores ortográficos.			

## Referencias

- Alegría, M. (2005). *Cómo leer la ciencia para todos (Géneros discursivos)*. México: SEP-FCE-CONACYT.
- Atkins, P. y Jones, L. (2012). *Principios de química: los caminos del descubrimiento*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Benimeli, F, Plasencia A, y Corbella, R. (2019). *El nitrógeno del suelo*, Cátedra de Edafología, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Disponible en: <https://www.edafologia.org/descargas/>
- Campos Arenas, A. (2005). *Mapas conceptuales, mapas mentales y otras formas de representación del conocimiento*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Gómez Rodas, A. (2018). *Guía para la elaboración de un mapa mental*. Colombia: Universidad Bíblica Latinoamericana. Disponible en <https://academia.utp.edu.co/alejandrogomezrodas/files/2018/02/Guia-para-un-mapa-mental.pdf>
- López, P. (mayo 18, 2020). “Indagan la composición de la materia orgánica en el suelo”, *Gaceta UNAM* (en línea). Disponible en: <https://cutt.ly/V6TdRZm>
- Mazari, M. (2014). “Agricultura y contaminación del agua”. *Problemas del desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía* 45 (177), 199-201.
- Meinguer, J., y Pérez, M.C. (2021). “Desarrollo y evaluación de elementos de pensamiento crítico sobre la

- química verde en el bachillerato”. *Investigación en la Escuela*, 103, 106-124. <https://doi.org/10.12795/IE.2021.i103.08>
- Murray Tortarolo, G. y G. Murray Prisant, “La cascada del nitrógeno”, *¿Cómo ves?*, Núm. 170, UNAM, Ciudad de México, enero 2013.
- Navarro S., y Navarro, G. (2003). *Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Madrid: Mundi Prensa.
- Pajares, S. (2016). “La cascada de nitrógeno ocasionada por actividades humanas”, *Oikos*, 185, Instituto de Ecología-UNAM. Disponible en: <https://n9.cl/4aile>

## Estrategia 4. Una dieta saludable es cuestión de química

### Presentación

En la planeación didáctica que se presenta en este apartado, se promueve el análisis sobre el valor químico y biológico que posee la alimentación. Esto al revisar un texto divulgativo basado en las implicaciones fisiológicas, sociales y de salud que se asocian con la alimentación en la etapa de la adolescencia. Para problematizar este material de lectura se proponen dos actividades. La primera consiste en la realización de un experimento basado en la identificación cualitativa de azúcares reductores y proteínas en pequeñas muestras de alimentos, mientras que la segunda se basa en la revisión de la galería fotográfica *Hungry Planet: What the World Eats* (Planeta hambriento: lo que come el mundo) de

Peter Menzel (2013). El trabajo fotográfico antes mencionado permite que los alumnos apliquen los conocimientos adquiridos sobre química y alimentación, al indagar sobre el tipo de alimentos y las cantidades que deben estar presentes en una dieta saludable.

Los aprendizajes que se busca cubrir en esta estrategia de lectura crítica, pertenecen a la segunda unidad de la asignatura de Química II de la ENCCH y son los siguientes:

- Reflexiona sobre la función de los alimentos en el organismo y sobre los nutrimentos que los componen al buscar y procesar información de fuentes confiables (A1).
- Comprende la importancia del análisis químico en la identificación de nutrimentos en los alimentos (A11).
- Muestra dominio de los temas estudiados al comunicar apropiadamente de forma oral o escrita las funciones biológicas de los macronutrimentos y las enfermedades asociadas a las carencias y excesos en su consumo (A13).

### **Sinopsis del artículo divulgativo**

En el texto “¿Estas comiendo bien?” escrito por Reyna Sámano, Luz María del Regil y Esther Casanueva se abordan diferentes aspectos sobre la alimentación que son de interés para los estudiantes de bachillerato, como es el caso de los requerimientos energéticos en la etapa de la adolescencia y algunos trastornos que tienen su origen en el proceso alimenticio.

En el artículo se narra también la importancia que posee la ingesta de algunos elementos químicos en la dieta cotidiana, como es el caso del hierro, el calcio y el zinc, así como algunas pautas a considerar en el establecimiento de una dieta saludable. Este material de lectura resulta adecuado para despertar el interés en el estudiantado sobre el estudio de la relación que guarda la química con la alimentación y la salud.



**Imagen 25.** Los alimentos son mezclas de sustancias orgánicas ricas en carbono (CCH, 2019). Disponible en: <https://cutt.ly/QzWSkXf>

### **Texto divulgativo utilizado:**

Sámano, R. L., M. de Regil, y E. Casanueva, “¿Estás comiendo bien?”, *¿Cómo ves?*, Núm 110, Ciudad de México, enero 2008.

# ¿Estás comiendo bien?

Reyna Sámano, Luz María de Regil  
y Esther Casanueva

Las necesidades de alimentación de los adolescentes son diferentes de las de otros grupos de población porque están en pleno crecimiento.

**PARA HABLAR DE** la alimentación y nutrición de los jóvenes es necesario empezar por diferenciar la adolescencia de la pubertad. La pubertad es un proceso fisiológico que se inicia con el llamado segundo brote de crecimiento y corresponde al periodo de máxima diferenciación sexual. En este periodo se producen cambios en los órganos reproductivos, aparecen las características sexuales secundarias y se modifican el tamaño y la composición corporales (las proporciones de músculo, grasa y esqueleto cambian). En términos generales, se considera que la pubertad termina cuando el individuo deja de crecer y está apto para la reproducción. Por su parte, la adolescencia es un proceso psicosocial propio del ser



humano, que comprende todos aquellos cambios que constituyen la transición de niño a adulto, y que se acompaña de una serie de ajustes que finalmente le permiten aceptar los cambios corporales, buscar un nuevo concepto de identidad y realizar un plan de vida.

### La energía es importante

Después de que el individuo abandona el seno materno, en ningún otro momento de la vida éste crece en forma tan acelerada como en la pubertad. Esta condición supone un aumento en las necesidades de energía, lo que se caracteriza por un mayor apetito. Cuando esta avidez de alimento se satisface en forma excesiva o no se realiza suficiente actividad física, puede aparecer sobrepeso e incluso obesidad. Se ha demostrado que las dietas basadas en alimentos que aportan gran cantidad de energía en poco volumen (alta densidad energética), como los pasteles, los helados, las bebidas azucaradas y las frituras suelen ser deficientes en vitaminas y nutrimentos inorgánicos.

En países como Estados Unidos, Inglaterra, Bélgica o Brasil alrededor de un tercio de la población infantil y juvenil tiene obesidad o sobrepeso, especialmente las niñas. México no es la excepción, la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud realizada en el año 2006, señala que 22% de los adolescentes tienen sobrepeso y el 10% obesidad. Estas cifras se incrementan notablemente entre los 20 y 30 años, en los que la actividad física se reduce, provocando que el exceso de peso se presente en más de la mitad de la población. Estos datos resultan un tanto paradójicos, pues se considera con frecuencia que las principales enfermedades relacionadas con la alimentación de este grupo de edad son la anorexia y la bulimia.

El problema de la obesidad va más allá de la estética, ya que a diferencia de lo que se pensaba, suele ir acompañado de otras enfermedades crónicas. Por ejemplo, se puede mencionar un estudio realizado por la Universidad Autónoma del Estado de México que incluyó a 1 366 niños y adolescentes originarios de la ciudad de Toluca. Se encontró que el 20% presentaba simultáneamente hipertensión, obesidad y concentraciones de glucosa, colesterol y triglicéridos por encima de lo recomendable y sólo el 10% no tuvo ninguna de estas patologías. Lo alarmante es que este estudio

bien podría ser un reflejo de lo que está pasando con los 35 millones de mexicanos que tienen entre 10 y 30 años de edad.

Afortunadamente, la desnutrición por deficiencia de energía y proteína ha disminuido y sólo en algunas regiones constituye un problema de salud pública. Es más, como un indicador de la mejora del estado nutricional, el promedio de estatura se ha incrementado cuatro centímetros en los últimos 25 años.

### Clavos y gises

Si bien se reconoce que todos los nutrimentos son importantes —pues la carencia de cualquiera de ellos puede conducir a cuadros de deficiencia y, si la situación se prolonga, a la muerte—, durante la pubertad es necesario poner particular atención en el hierro, el calcio y el cinc.

El hierro se requiere para asegurar la adecuada oxigenación de la sangre y la eficiente generación de energía a lo largo de toda la vida, pero en la adolescencia su demanda aumenta debido al crecimiento de los tejidos corporales (en los varones este crecimiento corresponde sobre todo al tejido muscular) y el aumento en el volumen sanguíneo. En las mujeres el hierro es necesario para reponer las pérdidas debidas a la menstruación. Cuando la dieta no aporta la cantidad requerida de hierro, se produce una disminución de la reserva corporal (deficiencia) y, si no se corrige, anemia. La deficiencia de hierro puede afectar la respuesta inmune, lo que disminuye la resistencia a infecciones y deteriora la capacidad de aprender.

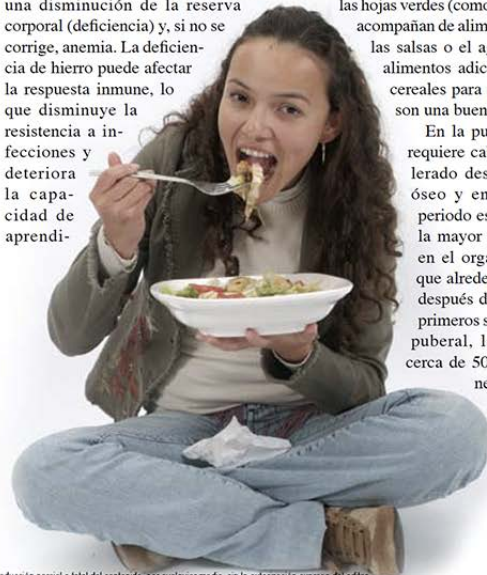
zaje, pues se ha demostrado que la anemia afecta la memoria de corto plazo.

En un estudio realizado en diversos países se encontró que la anemia es el problema nutricional más frecuente entre los adolescentes, su prevalencia es de 22 a 55%, sin diferencias significativas entre sexos.

La necesidad de hierro asociada con el crecimiento está en función de la masa muscular o magra. Se requieren aproximadamente 476 miligramos de hierro por kilogramo de masa magra. Esto significa que durante la pubertad los varones necesitan 42 miligramos de hierro por cada kilogramo de peso que aumentan, mientras que las mujeres, debido a su mayor proporción de grasa, requieren 31 miligramos de hierro por cada nuevo kilogramo de peso. Se ha demostrado que si bien es cierto que las adolescentes pierden más hierro que los hombres debido a la menstruación, los hombres pueden llegar a tener requerimientos más elevados por kilogramo de peso ganado, así como un mayor crecimiento y desarrollo de masa muscular que las mujeres. Recientemente se elaboraron las recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población mexicana, donde la ingestión diaria sugerida (IDS) para el hierro es de 22 mg/día. El hierro se puede obtener de las carnes rojas; las leguminosas como los frijoles y

las hojas verdes (como las espinacas) si se acompañan de alimentos ácidos (como las salsas o el agua de limón); los alimentos adicionados, como los cereales para desayuno, también son una buena opción.

En la pubertad también se requiere calcio debido al acelerado desarrollo muscular, óseo y endocrino; en este periodo es cuando se retiene la mayor cantidad de calcio en el organismo. Se calcula que alrededor de cuatro años después de que aparecen los primeros signos de desarrollo puberal, la mujer adquiere cerca de 50% de la masa mineral ósea. Dos años después de la menarca (primera menstruación) la mujer tiene cerca de 85% de





## Tips para una buena alimentación

### Consume alimentos de los tres grupos en el desayuno, la comida y la cena:

- Muchas verduras (zanahorias, calabazas, ejotes, etc.) o frutas (naranjas, sandía, guayaba, manzana, melón, etc.). Prefiere las de temporada, que son más baratas y de mejor calidad.
- Suficientes cereales (pan, tortilla, galleta, tamales, sopa de pasta, etc.). Recuerda que los cereales son alimentos de alta densidad energética (aportan mucha energía por cada gramo de peso), por lo que no debes abusar en su consumo.
- Leguminosas (frijol, habas, garbanzo, etc.) y alimentos de origen animal (pescado, huevo, carne, pollo, leche, queso, yogurt, etc.), que tienen proteína de buena calidad y hierro que se absorbe fácilmente, pero es recomendable limitar su consumo por su elevado contenido de colesterol.
- Come la mayor variedad posible de alimentos. Nuestros ancestros comían más de 250 especies de plantas y 120 especies de animales. Hoy en día el maíz, el trigo, el arroz, las papas, algunas leguminosas y pocas verduras y frutas constituyen el 90% de los alimentos de origen vegetal que consumimos.
- No omitas ningún tiempo de comida para evitar comer en demasía cuando te sientes en la mesa.
- Come de acuerdo con tus necesidades y condiciones, ni de más, ni de menos. No esperes a estar totalmente satisfecho porque la señal de la saciedad tarda entre 20 y 30 minutos en llegar al cerebro y cuando esto sucede probablemente ya comiste más de lo necesario.
- Consume lo menos posible de grasas, aceites, azúcar y sal. Si observas *El plato del bien comer*, verás que no incluye estos alimentos ya que están presentes de manera natural en otros alimentos y no es necesario agregarlos a nuestra dieta.
- Cocina con poca sal, endulza con esencias azúcar; no las pongas en la mesa, y modera el consumo de productos que los contengan en exceso.
- Trata de comer con tu familia en un ambiente agradable, tranquilo y evita comer frente al televisor o mientras haces otra cosa.



Se calcula que un consumo adecuado de calcio para cubrir la demanda durante esta etapa de la vida va de 1 100 a 1 600 mg/día, por lo cual se establece que la IDS para adolescentes mexicanos de ambos sexos es de 1 300 mg/día.

El cinc es otro nutrimento inorgánico importante durante la pubertad ya que es indispensable para el crecimiento, la mineralización ósea, la maduración sexual, y la síntesis de los ácidos nucleicos y proteínas. Su deficiencia se puede manifestar por pérdida de peso e infecciones como gripas y diarreas, ya que el cinc interviene en las funciones celulares determinantes en la respuesta inmune. Además, el cinc participa en la biosíntesis de proteínas y de ácidos nucleicos (ARN y ADN) por lo que su deficiencia en los varones se ha asociado con un pobre desarrollo de los testículos. La deficiencia de cinc en los adolescentes se puede deber al aumento en el gasto energético que produce el crecimiento acelerado. Algunos informes han mostrado que la deficiencia leve de cinc puede influir sobre los patrones de crecimiento en los adolescentes. Para disminuir este riesgo te sugerimos comer siempre algunos alimentos ricos en cinc, como los de origen animal (leche, carne o huevo), cereales integrales, nueces, almendras, avellanas, ajonjolí y germen de trigo.

### Alimentación saludable

Hasta aquí se ha hablado de lo importante que son para la salud y la vida los nutrimentos y la energía, pero a ninguno se le antojaría cambiar un plato de chilaquiles con sus frijolititos y queso rallado por un par de cápsulas de nutrimentos (las cuales son innecesarias si se tiene una alimentación correcta). Los alimentos son el vehículo de los nutrimentos y su consumo nos proporciona placer y motivos de socializar. Por lo tanto, se debe hacer énfasis en los alimentos y no en los nutrimentos. *El plato del bien comer* es una herramienta útil para este fin. Quizá te estés preguntando si la pirámide de los alimentos no tiene el mismo propósito. Y la respuesta es que sí, pero esa imagen no es la adecuada para nuestra población, ya que fue hecha para la población estadounidense caracterizada por tener una complejidad más grande y alta, y con alimentos y patrones alimenticios diferentes a los nuestros. A

su masa mineral ósea, mientras que en los siete años posteriores a la menarca ya no se observan variaciones significativas.

De acuerdo con diversos estudios, los adolescentes mexicanos tienen un consumo insuficiente de calcio. Se ha postulado que el alto consumo de refrescos en este grupo de edad contribuye a un aporte deficiente de calcio, con la desventaja adicional de que este tipo de bebidas disminuyen la absorción de calcio, por ser alimen-

tos muy ricos en fosfatos. En condiciones normales, para absorber el calcio requerimos que esté en una relación de 2:1 con el fósforo (como en las tortillas); en los refrescos (sobre todo en los de cola) hay más fosfato que calcio y por eso lo absorbemos menos. Este panorama se oscurece aún más si se considera que un exceso de fósforo en la dieta promueve la excreción urinaria de calcio. Así, al tomar refrescos no sólo no absorbemos calcio, también aumentamos su excreción urinaria.

Se calcula que en los adolescentes alrededor de 15% de la ingestión energética proviene del consumo de refrescos; la Encuesta Nacional de las Adicciones del Mexicano de 2004 reveló que alrededor de 60% de los jóvenes se consideran adictos al refresco de cola. En algunos países se ha logrado un consumo adecuado de calcio, promoviendo que los jóvenes tomen leche en abundancia. En México la Encuesta Urbana de Alimentación y Nutrición en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México reveló que el consumo *per capita* de leche en los adolescentes de las familias de escasos recursos es aproximadamente de un vaso al día. Esta cantidad cubre casi una sexta parte de lo que requieren los adolescentes y es a todas luces insuficiente, aun considerando el consumo de otras fuentes de calcio como las tortillas de maíz y los pescados secos.



diferencia de la pirámide, *El plato del bien comer* fue diseñado por y para los mexicanos, y está basado en un proceso de investigación en el cual se consideraron tanto los aspectos técnicos como la percepción y la aceptación de la población.

El *plato del bien comer* presenta tres grupos de alimentos: 1) verduras y frutas, 2) cereales y 3) leguminosas y alimentos de origen animal. Los alimentos no se encuentran agrupados de acuerdo con su aporte de nutrimentos porque los alimentos son seres vivos y en general cualquier ser vivo requerirá más o menos de los mismos compuestos para su metabolismo. Así, no debe extrañarnos que la carne contenga pequeñas cantidades de vitamina C o que los cereales sean buenas fuentes de algunas vitaminas. La agrupación responde más bien a la forma en que debemos comer como homínidos que somos. En el recuadro (p.12) se presentan algunas sugerencias para comer en forma saludable.

### Algunas dudas frecuentes sobre la alimentación

*Si paso la mayor parte del tiempo en la calle, ¿qué hago para tener una alimentación saludable?*

Trata de no comer en la calle y cuando no tengas otra opción busca un lugar limpio y donde los que preparan los alimentos no manejen también el dinero.

Para el descanso procura llevarte algo de fruta o verdura preparada en casa. Si ya te aburriste de la manzana o la pera, puedes intentar unas jicamas con chile y sal o un mango picado combinado con pepino y con un poco de jugo de naranja; puedes meterlos dentro de una bolsa hermética para evitar que se derrame el jugo.

Evita o disminuye el consumo de comidas rápidas (¡ojo!, los tacos y garnachas también son comida rápida), ya que por lo general son elevadas en sodio, grasa y azúcar. Algunas cadenas de restaurantes ya tienen opciones de ensaladas; si las aprovechas pide el aderezo de manera separada, así podrás limitar su consumo.

*¿Cómo puedo limitar el consumo de sal?*

El sodio es un nutrimento indispensable para el cuerpo, ya que participa en gran cantidad de funciones como la regulación de

la tensión arterial o el funcionamiento cardíaco, sin embargo, hoy en día la alimentación lo contiene en exceso. A manera de ejemplo baste mencionar que mientras nuestros ancestros consumían 1 g de sodio y 7 g de potasio, actualmente comemos (por medio de productos industrializados) 5 g de sodio y menos de 3 g de potasio al día. Este cambio tiene gran trascendencia en el desarrollo de algunos tipos de hipertensión.

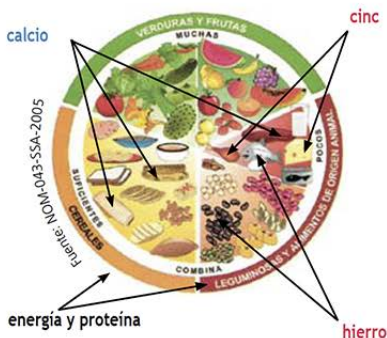


a depositarse en las paredes de las venas, ocasionando en algunos casos los infartos. Por su alto contenido de colesterol, el huevo ha sido tachado de "alimento peligroso", sin embargo no hay evidencia de que un consumo moderado (una pieza diaria o cada tercer día) realmente aumente las concentraciones de colesterol en la sangre.

Ahora hay nuevas opciones en el mercado: huevos *light* o modificados en su contenido de vitaminas o ácidos grasos n-3 (omega 3). En el caso de los primeros dos no hay evidencia de que realmente sean más bajos en energía ni de que aporten muchas más vitaminas que los huevos normales. En cambio, sí hay algunos tipos de huevo que pueden contener dos o tres veces más ácidos grasos n-3 (popularmente conocidos como omega-3) que los normales, aunque todavía no se demuestran totalmente sus efectos beneficiosos sobre la salud. Cabe recordar que los ácidos grasos n-3 reducen el riesgo de arritmias, y por lo tanto de muerte súbita, y el riesgo de trombosis, lo que conduce a contrarrestar el accidente cerebro-vascular. También disminuyen los triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad, evitando el engrosamiento de la placa aterosclerótica, y la presión sanguínea, entre otras funciones.

Independientemente de la opción que elijas, no es conveniente ingerir el huevo crudo, pues puede estar contaminado con la bacteria *Salmonella enteritidis* (responsable de la

### El plato del bien comer



Toma en cuenta que las botanas, los embutidos como las salchichas o el jamón, y los productos enlatados son los que más sal tienen, pero a la cabeza están las sopas instantáneas que aportan hasta el 50% de la recomendación diaria de consumo de sodio.


*¿Cuánta agua debo tomar?*

Bebe agua potable en abundancia, de preferencia más de 2 litros al día. Evita o disminuye el consumo de refrescos por su alto contenido de azúcar. Algunos investigadores piensan que en buena medida la epidemia de obesidad y sobrepeso que agobia a nuestra población se debe al consumo indiscriminado de refrescos.

*¿El huevo es bueno o malo? ¿Las nuevas opciones de huevo son mejores para la salud?*

El huevo es un alimento que aporta gran cantidad de nutrimentos; uno de ellos es el colesterol, una molécula que nuestro cuerpo necesita para la generación de las membranas celulares y hormonas, pero que cuando se encuentra en exceso tiende





salmonelosis), que frecuentemente habita en la cloaca de la gallina y contamina tanto el cascarrón como el interior del huevo. Además, la clara del huevo contiene avidina, una proteína que inhibe la absorción de la biotina, vitamina necesaria para el metabolismo de energía. Tanto la biotina como la *Salmonella* se inactivan con el calor, por ello es recomendable cocinar el huevo a una temperatura mayor de 65°C por 3 1/2 minutos.

*¿Si como alimentos light bajaré de peso?*

Para bajar de peso es necesario tener un balance de energía negativo; es decir, que gastes más energía de la que consumes. Un nutriólogo te puede asesorar para que bajes de peso sin que comprometas tu salud.

En el mercado existen muchos productos "dietéticos": los hay bajos en grasas, en azúcares, sin grasas trans (los ácidos grasos trans promueven la síntesis de colesterol, son muy utilizados por la industria de alimentos pues mejoran su sabor) o

colesterol, pero no significa que sean bajos en energía. La legislación mexicana señala que para que un producto sea considerado bajo en energía no debe de aportar más de 40 kilocalorías por ración, en tanto que los que no contienen energía proporcionan 5 kcal/ración. Como el tamaño de las raciones puede variar mucho, es recomendable revisar las etiquetas para que no te lleves una sorpresa desagradable.

Así, los alimentos *light* se pueden consumir con moderación como parte de un régimen de reducción de peso, pero no serán los únicos responsables del éxito.

*¿Son recomendables las bebidas energizantes?*

Las bebidas energizantes son aquellas que, además de hidratos de carbono, contienen taurina, cafeína, guaraná, ginseng, glucoronolactona y algunas vitaminas (véase *¿Cómo ves?* No. 98). Estas bebidas se han popularizado entre los jóvenes que buscan aumentar su energía para rendir más en la escuela, aumentar sus horas de trabajo o simplemente para divertirse toda la noche. Sin embargo, el consumo de más de dos latas al día podría perjudicar la salud y producir insomnio, ansiedad, problemas intestinales, nerviosismo, taquicardia, hipertensión arterial e incluso infarto al miocardio. Estos síntomas se deben a que algunas de las sustancias que contienen las bebidas energizantes son estimulantes del sistema nervioso. Por ejemplo, una lata de 250 mililitros contiene en promedio de 60 a 80 miligramos de cafeína, lo que equivale a una taza grande de café cargado.

Además, a menudo estas bebidas se mezclan con otras que contienen alcohol como vodka, ron, tequila o cerveza. Aunque muchas personas argumentan que estas combinaciones disminuyen los efectos de las bebidas alcohólicas, el daño al sistema nervioso es mayor. La mezcla de cafeína y alcohol puede crear deshidratación, desorientación y un incremento de la

exigencia cardíaca. Sin embargo, los consumidores no se percatan de ello pues estos síntomas son enmascarados por el efecto estimulante de la cafeína, que contrarresta el efecto sedante del alcohol y genera una sensación de bienestar y euforia. Por lo anterior, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris)

recomienda a los consumidores de bebidas energizantes no mezclarlas con bebidas alcohólicas; no tomar más de dos latas al día; las mujeres embarazadas o que estén dando pecho no deben consumir, tampoco los menores de edad.

**El alto consumo de refrescos entre los adolescentes contribuye a un aporte deficiente de calcio.**

### Cuerpo sano

Una dieta correcta debe ir acompañada de actividad física. Acumula 30 minutos de actividad física al día. Puedes iniciar con periodos de cinco o 10 minutos e incrementar poco a poco el tiempo. Procura que se acelere tu corazón y tu respiración se haga más rápida, pero que puedas hablar sin sofocarte y respirar por la nariz y no por la boca.

Debes mantener un peso saludable, ya que tanto el exceso como la falta favorecen el desarrollo de problemas de salud. Para calcular este peso sólo tienes que aplicar la siguiente fórmula:  $(23) \times (\text{estatura en metros})^2$ . Si a ese resultado le sumas o restas cinco, obtendrás el límite máximo y mínimo de tu peso.

Cuida que tu cintura mida menos que tu cadera, así disminuirás el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares.

Toda esta información de nada sirve si no la pones en práctica... así que ¡a comer bien y a moverte! 🐼

#### Para nuestros suscriptores

La presente edición va acompañada por una guía didáctica, en forma de separata, para abordar en el salón de clases el tema de este artículo.

Reyna Sámano es estudiante de la maestría en antropología social, Luz María de Regil es doctora en ciencias de la salud pública y Esther Casanueva es doctora en epidemiología clínica. Las tres autoras son nutriólogas certificadas por el Colegio Mexicano de Nutriólogos e investigadoras del Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes.



## Actividades de aprendizaje

### I. Activación de conocimientos previos

Contesta de forma individual las siguientes preguntas, las cuales tienen como propósito explorar tus conocimientos previos sobre el tema que se abordará en esta estrategia de lectura crítica:

1. ¿Has escuchado hablar sobre los alimentos que deben estar presentes en una dieta saludable? Si es así, redacta en un párrafo de cuatro o cinco renglones lo que sabes sobre el tema.
2. ¿Qué sabes sobre las enfermedades causadas por malos hábitos alimenticios?
3. Revisa el título, los subtítulos, los recuadros e imágenes presentes en el material de lectura y contesta: ¿cuál es la temática central que se expone en este artículo divulgativo?
4. Efectúa una lectura rápida de forma individual del texto. Como una primera aproximación, ¿cuál consideras que es la relación de este material de lectura con el estudio de la química?
5. Después de la lectura, identifica las palabras, conceptos o frases que no entiendas o te generan confusión; anótalas en el cuadro siguiente:

Exploración de palabras y frases que generan dudas en el texto	
Palabras o conceptos	Enunciado o frase en las que se encuentra inserta la palabra o concepto

## II. Análisis de contenidos

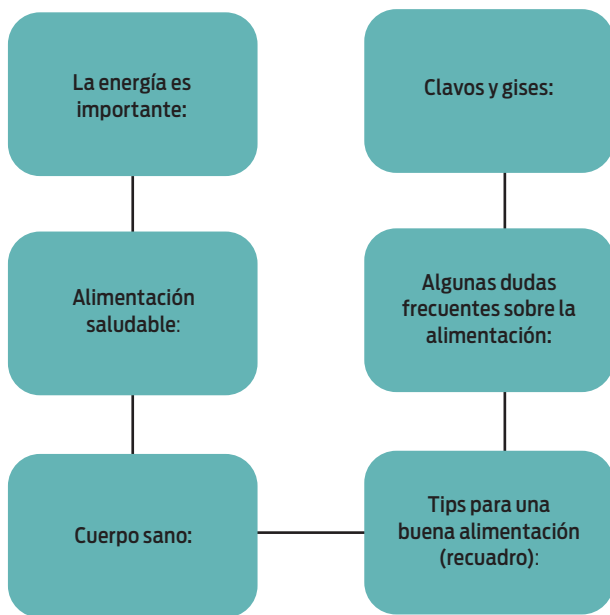
**Para el docente:** en esta sección los alumnos analizarán en un esquema didáctico basado en el trabajo colaborativo en pequeños grupos y bajo la guía del docente, los contenidos más relevantes presentes en el material de lectura seleccionado.

Los **supuestos** son formulaciones mentales comunes y tienen que ver con intuir o suponer lo que hay detrás de los hechos o sucesos cotidianos. Seguramente, la lectura del texto te permitió realizar algunos supuestos en torno al papel de una alimentación saludable. Para darles seguimiento, contesta las siguientes preguntas.

- Desde su perspectiva, ¿cuál es la importancia de la temática abordada en el texto divulgativo?
- Expliquen dos cosas que comprendan o dominen con seguridad que se mencionan en el artículo “¿Estás comiendo bien?”.

Otro aspecto esencial en todo proceso de análisis textual es detectar el **problema** o **idea central** presente en un material de lectura. Para llevar a cabo esta labor con el texto divulgativo revisado en clase efectúen los siguiente:

8. Lean nuevamente y con mayor detenimiento el artículo y redacten la idea central presente en cada apartado o subtítulo del texto divulgativo. Recopilen su información en el siguiente organizador gráfico.



9. Después de leer detenidamente la publicación divulgativa, ¿cuál es la idea central de este texto? Es otras palabras, ¿cuál es el tema principal del que se habla en el artículo? Guía tu respuesta redactándola con tus propias palabras. Puedes empezar así:

El texto “¿Estás comiendo bien?” habla/expone/evidencia/presenta... Lo anterior se sustenta en que el texto...

Todo texto es tan sensato, objetivo y veraz como la **información** en que está basado. Las siguientes preguntas tienen como finalidad identificar los datos, evidencias y respaldos que utilizan las autoras al presentar información sobre una alimentación saludable.

10. En la siguiente tabla se enlista la información relevante que se menciona en el texto divulgativo al comunicar aspectos sobre el establecimiento de una dieta saludable.

Información química (elementos y compuestos que tengan relación con la alimentación)	Estudios, encuestas e instituciones que sean mencionadas en el texto
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Glucosa y colesterol</i>. Sustancias cuyo exceso está asociado a la obesidad (ejemplo).</li> <li>• Hierro...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio realizado por la UAEM sobre enfermedades relacionadas con la alimentación en niños y adolescentes informa altos porcentajes de hipertensión, obesidad y colesterol alto (ejemplo).</li> <li>• <i>Encuesta Nacional de Adicciones...</i></li> </ul>

11. A partir del análisis realizado de la publicación revisada en clase, ¿consideran que existe coherencia entre los subtítulos, las imágenes que acompañan al texto con el contenido y la forma de presentar la información en el artículo divulgativo? Justifiquen su respuesta.

La formulación de **inferencias** es otra habilidad asociada con la comprensión lectora y el pensamiento crítico. Una forma de dar seguimiento a estos constructos cognitivos es mediante el reconocimiento del posicionamiento del autor respecto al tema abordado en un texto, la construcción de argumentos y la formulación de cuestionamientos. Las siguientes actividades tienen como finalidad incentivar la formulación de inferencias.

12. A partir de lo leído, ¿cuál es el posicionamiento de las autoras sobre el tema? Descríbelo brevemente con tus propias palabras. Puedes empezar así:

Considero que la posición de las autoras del artículo "¿Estás comiendo bien?" es... lo anterior lo sustentó en...

13. En la siguiente tabla enuncia un argumento a favor del posicionamiento de los autores sobre el tema y otro en contra. Es importante que el argumento esté basado en información objetiva y veraz, además de estar redacta-



do de forma clara y coherente. Para la redacción de los argumentos solicitados toma como guía el encabezado de cada columna de la siguiente tabla, así como la frase introductoria.

Argumento a favor del posicionamiento de los autores	Argumento en contra del posicionamiento de los autores
Considero que el posicionamiento de las autoras es válido/loable/novedoso/interesante/importante... porque	Considero que el posicionamiento de las autoras es inválido/ no se sustenta/controversial/poco relevante... porque

Otro aspecto clave en el análisis textual consiste en identificar el **propósito** que busca cumplir un texto, esto es, el motivo por el cual las autoras decidieron escribirlo y difundirlo. Considerando lo anterior, redacten un breve párrafo guiándose por la pregunta siguiente:

14. ¿Por qué creen que las autoras escribieron el artículo revisado en clase? ¿Cuál es la intención o propósito que busca generar en el público lector al que va dirigido? Pueden iniciar de la siguiente manera:

El propósito de este artículo de divulgación científica es... Lo anterior se sustenta en la siguiente información...

### III. Problematicación del texto divulgativo

**Para el docente:** en esta sección se abordarán aspectos conceptuales y contextuales que guardan relación con la temática estudiada en el texto divulgativo, esto con el propósito de robustecer su comprensión y proporcionar elementos que coadyuven a la adquisición de una posición informada<sup>1</sup>.

#### 3.1 Problematicación conceptual

**Actividad experimental:** “Identificación cualitativa de carbohidratos y proteínas en alimentos”.

#### Objetivo

- Los alumnos identificarán la presencia de azúcares reductores y almidón en algunas muestras de alimentos.
- Los estudiantes identificarán la presencia de proteínas en algunas muestras de alimentos.
- Los alumnos reconocerán el valor alimenticio de dos nutrimentos esenciales, los carbohidratos y las proteínas.

#### Introducción

La alimentación es un proceso que consiste en ingerir alimentos con el conocimiento previo de los ingredientes que

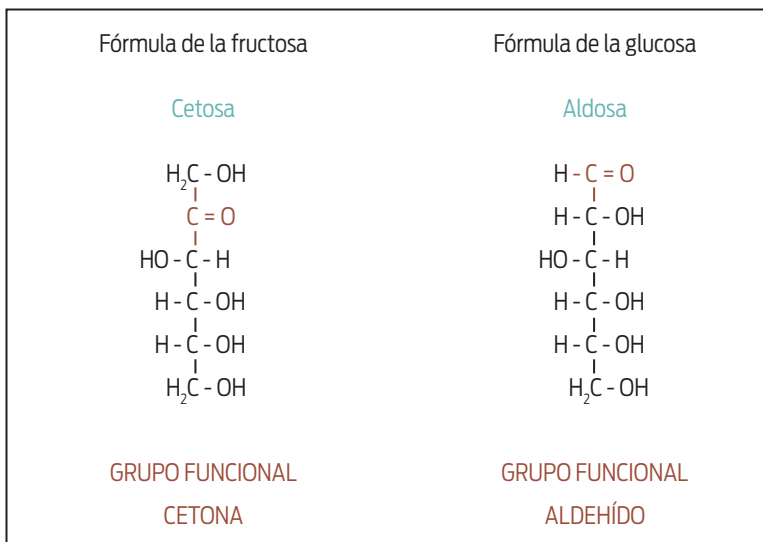
<sup>1</sup> Para implementar las actividades de esta sección, se recomienda el trabajo colaborativo. En la actividad experimental, se sugiere solicitar previamente un diagrama de flujo sobre el procedimiento que habrá de efectuarse en el laboratorio.

los constituyen y sus aportaciones tanto energéticas como metabólicas (CCH, 2019). Los alimentos son mezclas químicas cuya composición se basa principalmente en seis grupos de sustancias: los carbohidratos (azúcares), las proteínas, los lípidos (grasas), las vitaminas, las sales minerales y el agua. La ingestión de estos grupos de compuestos químicos permite el funcionamiento y la regulación fisiológica del organismo (Feique, 2012).

La presencia de biomoléculas en los alimentos es de suma importancia, ya que este tipo de sustancias orgánicas, además de estar en una proporción mayoritaria, posibilitan la realización de importantes funciones en el organismo como las que se describen a continuación:

- **Lípidos.** Son consumidos principalmente en formas de grasas, fosfolípidos y esteroides. Las grasas proporcionan reservas energéticas y forman tejidos adiposos que protegen a los organismos del exterior. Por su parte, los fosfolípidos y los esteroides son componentes importantes de las membranas celulares. Los lípidos son también la materia prima para la síntesis de diversas hormonas.
- **Carbohidratos.** Este tipo de moléculas son el combustible de nuestro cuerpo debido a que son las sustancias químicas más fáciles de digerir y absorber. Los carbohidratos circulan en los torrentes sanguíneos en forma de azúcares o como glucógeno, un compuesto químico que

almacena energía en el hígado y en los músculos. Entre los azúcares de mayor importancia se encuentran el almidón y la glucosa. El almidón se encuentra principalmente en tubérculos, tallos, semillas e incluso las frutas no maduras o verdes tienen cantidades importantes de este carbohidrato. Mientras que los azúcares reductores como la glucosa, fructosa, lactosa y maltosa se pueden encontrar en la mayoría de las frutas, cereales y productos lácteos. Su consumo es una importante fuente de energía, pero ingerir cantidades excesivas de estos azúcares puede provocar enfermedades como obesidad y diabetes.



**Imagen 26.** Fórmula de la fructuosa —posee el grupo funcional cetona— y de la glucosa —que posee el grupo funcional aldehído— (Portal CCH, 2019). Disponible en: <https://cutt.ly/mR5NjTp>

- **Proteínas.** Son los componentes principales de la estructura del cuerpo, poseen elevada masa molecular y están presentes en el organismo en las membranas celulares, en forma de tejidos, huesos, pelo y uñas. Por sus propiedades químicas desempeñan una diversidad de funciones en el cuerpo humano como catalizar en forma de enzimas la mayoría de los ciclos metabólicos, ser un constituyente importante de las hormonas —sustancias que transmiten mensajes químicos en todos los organismos— y regenerar tejidos. Se sabe que la síntesis de proteínas tiene lugar en todas las células del cuerpo humano, siendo el hígado el que administra los aminoácidos necesarios para su formación (Gutiérrez y Rodríguez, 2015).

En esta actividad experimental realizarás pruebas cualitativas para identificar la presencia de proteínas, carbohidratos como el almidón y azúcares reductores en algunos alimentos, utilizando el reactivo de Biuret, lugol y reactivo de Benedict respectivamente.

## Materiales y sustancias

Materiales	Sustancias
12 tubos de ensayo con gradilla.	Reactivo de Benedict.
2 pinzas para tubo de ensayo.	Lugol.
4 pipetas beral de 1 mL.	Reactivo de Biuret.
2 vidrios de reloj.	Alcohol etílico.
1 probeta de 10 mL.	Pequeñas muestras de 10 alimentos: 1) avena, 2) jamón, 3) consomé en polvo, 4) manzana, 5) queso, 6) papa, 7) refresco, 8) huevo, 9) leche, 10) pan bolillo.
2 vasos de precipitado de 50 mL.	
Baño María	
1 franela.	

## Procedimiento

### a) Prueba de Benedict: *identificación de azúcares reductores en alimentos.*

- I. Coloca una pequeña porción de cada alimento en un tubo de ensayo y adiciona 3 o 4 gotas de reactivo de Benedict. Calienta los tubos de ensayo suavemente mediante baño María.
- II. Espera unos minutos y observa la aparición de una tonalidad verde o naranja en los tubos, lo cual es el indicador de una prueba positiva.

- III. Registra tus observaciones en la tabla presente en la Sección de resultados.
- IV. Lava los tubos de ensayo y enjuágalos con alcohol etílico para la realización de las pruebas posteriores (consulta la sección de Manejo de residuos).

**b) Prueba de lugol:** *determinación de almidón en alimentos.*

- V. Coloca una pequeña porción cada alimento en un tubo de ensayo y adiciona 3 o 4 gotas de lugol.
- VI. Espera unos minutos y observa la aparición de una tonalidad negruzca o púrpura intensa en los tubos, lo cual es el indicador de una prueba positiva.
- VII. Registra tus observaciones en la tabla presente en la Sección de resultados.
- VIII. Lava los tubos de ensayo y enjuágalos con alcohol etílico para la realización de las pruebas posteriores (consulta la sección de Manejo de residuos).

**c) Prueba de Biuret:** *identificación de proteínas en alimentos:*

- IX. Coloca una pequeña porción cada alimento en un tubo de ensayo y adiciona 3 o 4 gotas de reactivo de Biuret.
- X. Espera unos minutos y observa la aparición de una tonalidad azul-violeta, ello es el indicador de una prueba positiva.
- XI. Registra tus observaciones en la tabla presente en la sección de resultados.



**Imagen 27.** Estudiantes de la ENCCH-Sur (2018) en el laboratorio químico escolar.

## Resultados

Después de efectuar las pruebas cualitativas de esta actividad experimental, registren sus resultados en la siguiente tabla. Marca con una X (equis) si la prueba en cuestión resultó negativa y con una  $\checkmark$  (palomita) si resultó positiva.

Alimento	Benedict	Lugol	Biuret	Observaciones
1. Avena.				
2. Jamón.				
3. Consomé.				
4. Manzana.				



5. Queso.				
6. Papa.				
7. Refresco.				
8. Huevo.				
9. Leche.				
10. Pan.				

### Manejo de residuos

- Investiga previamente las toxicidades de las sustancias utilizadas.
- Los residuos sólidos de alimentos puedes depositarlos directamente en el cesto de basura.
- Coloca todos los residuos de las pruebas con alimentos en estado líquido en los contenedores o frascos que te indique el profesor. No los tires directamente en la tarja porque tienen trazas de sales metálicas provenientes de los reactivos de Benedict, Biuret y lugol.

### Análisis de resultados

Con base en lo observado en la actividad experimental resuelve el siguiente cuestionario, el cual te servirá para reforzar aprendizajes clave en torno a los contenidos revisados en la actividad experimental como en el texto divulgativo.

15. Investiga la composición química de los tres reactivos utilizados para realizar pruebas cualitativas en esta actividad experimental.

Reactivo	Composición química
Benedict.	
Lugol.	
Biuret.	

16. Tomando en consideración los resultados experimentales obtenidos, menciona dos alimentos de los diez analizados que descartarías al establecer una dieta saludable. Justifica tu respuesta.
17. ¿Por qué consideran que es importante conocer la presencia de biomoléculas en los alimentos (carbohidratos, proteínas y lípidos)?
18. Investiga y describe brevemente dos enfermedades relacionadas con la falta o el exceso en el consumo de carbohidratos y proteínas.

### 3.2 Problematicación contextual

**Para el docente:** En esta sección, los alumnos realizarán algunas actividades basadas en el reconocimiento de elementos que favorecen el establecimiento de una dieta saludable. Los resultados encontrados serán presentados en un espacio de discusión conducido y supervisado por el docente.

## **Estándares alimenticios en el establecimiento de una dieta saludable**

Seguir una dieta saludable a lo largo de toda la vida es una cuestión altamente benéfica, ya que minimiza el riesgo de contraer enfermedades al fortalecer el sistema inmunológico, permite mantener una complexión física fuerte y sana, potencia el funcionamiento del sistema cognitivo y provee de niveles de energía suficientes para emprender nuestras labores cotidianas. Una dieta saludable es aquella en la que se encuentran presentes todos los nutrientes esenciales en las cantidades que permitan cubrir las necesidades del organismo, pero sin excesos que pudieran causar enfermedades. Además, los alimentos no deben contener microorganismos ni agentes físicos externos que afecten la salud de la persona, por lo que la higiene es una cuestión muy importante. Una buena dieta debe ser completa, suficiente, equilibrada, variada e inocua (Gutiérrez y Rodríguez, 2015).

Para el cumplimiento de lo anterior, instituciones como la Secretaría de Salud y dependencias asociadas recomiendan tomar como guía algunos estándares alimenticios entre los que destacan “el plato del bien comer” y “la jarra del buen beber”. Estas guías nutricionales toman en cuenta aspectos científicos relacionados con la alimentación y

aspectos contextuales vinculados con la historia, complejidad física y disponibilidad de alimentos de una determinada región geográfica.



**Imagen 28.** Representación gráfica del Plato del Bien Comer.  
Imagen tomada de Secretaría de Salud (2008).

El Plato del Bien Comer es una guía o estándar alimenticio que se apega a la Norma Oficial Mexicana (NOM) para la promoción y educación para la salud en materia alimentaria (Secretaría de Salud, 2020). Concretamente, es una representación gráfica para identificar con relativa facilidad aquellos alimentos que en proporciones adecuadas

suministran al organismo los macronutrientes y micronutrientes esenciales. En este estándar, los alimentos son presentados en tres grupos: 1) verduras y frutas; 2) cereales; 3) leguminosas y alimentos de origen animal. En la Imagen 28, se esquematiza al Plato del Bien Comer.

- *G1. Verduras y frutas.* Este tipo de alimentos son la fuente principal de vitaminas y minerales (micronutrientes). Suministran también una cantidad importante de carbohidratos. Se recomienda adquirir el hábito de consumir frutas y verduras periódicamente dando prioridad a aquellas que son de temporada.
- *G2. Cereales.* Los alimentos de este grupo deben ser los más abundantes en una dieta, pues son la fuente principal de carbohidratos (macronutrientes que proporcionan la energía suficiente para desempeñar las actividades cotidianas). En este apartado se encuentran cereales como el maíz, el trigo, el arroz, la avena, la cebada y tubérculos como la papa y la yuca.
- *G3. Leguminosas y alimentos de origen animal.* En este grupo se encuentran los alimentos que suministran proteínas y un buen porcentaje de lípidos. Ejemplos de leguminosas son el frijol, las lentejas, las habas, los garbanzos y la soya. Por su parte, alimentos de origen animal son las carnes de pollo, res, cerdo y pescado, así como las vísceras, el huevo y los productos lácteos.

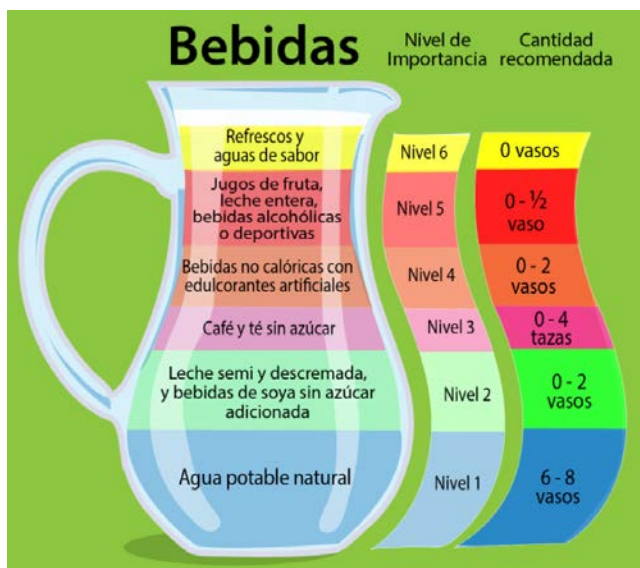
Es importante mencionar que, una alimentación correcta y saludable es aquella en la que se incluye en cada comida al menos un alimento de cada grupo en las porciones recomendadas, combinando y variando la preparación de platillos (Secretaría de Salud, 2008).

### **La Jarra del Buen Beber**

Otro nutrimento esencial es el agua, el cuerpo humano está conformado entre un 60 a un 70% de agua, por lo que es importante contar con elementos que nos orienten sobre cómo llevar una adecuada hidratación en una dieta. La denominada “Jarra del Buen Beber” (Imagen 29) es otro estándar alimenticio que permite cubrir este objetivo y funge como un complemento del Plato del Bien Comer.

La Jarra del Buen Beber jerarquiza en 6 niveles diferentes bebidas que pueden ser incorporadas durante la alimentación. En este estándar se recomienda priorizar el consumo de agua potable natural (entre 1.5 y 2 L diariamente) sobre otro tipo de líquidos. También, consumir de forma periódica pero moderada algunos líquidos que suministran macronutrientes esenciales como la leche y las bebidas de soya, minimizar el consumo de bebidas azucaradas que poseen una alta concentración de ingredientes químicos de origen sintético y evitar por comple-

to el consumo de refrescos, debido a que estos productos comerciales causan adicción y están vinculados con enfermedades como la obesidad, la diabetes y alteraciones a la presión arterial. Finalmente, es importante enfatizar que una alimentación correcta no necesariamente es costosa, sino que depende de una adecuada y minuciosa selección de los alimentos, de diversificar su preparación y aprovechar al máximo aquellos que son de temporada.



**Imagen 29.** Representación de la Jarra del Buen Beber (Secretaría de Salud, 2019). Disponible en: <https://n9.cl/sep5r>

## En busca de una dieta saludable

**Para el docente:** en la realización de las actividades presentes en esta sección, los estudiantes consultarán la galería fotográfica del fotoperiodista norteamericano Peter Menzel del año 2007, la cual lleva por título *Hungry Planet: What the World Eats* (*Planeta hambriento: lo que come el mundo*). Esto, con la finalidad de promover la indagación sobre elementos a considerar en el establecimiento de una dieta saludable.

Revisen la galería fotográfica *Hungry Planet: What the World Eats* (*Planeta hambriento: lo que come el mundo*), la cual fue publicada por el fotógrafo Peter Menzel en 2007. Las fotografías presentes en esta exposición también se pueden consultar en algunos espacios informativos como la revista *Time*:

*Hungry Planet: What The World Eats. What's on family dinner tables around the globe? Photographs by Peter Menzel from the book "Hungry Planet" (2013, sept. 20). Time.* Disponible en: <https://cutt.ly/H6T9BUd>

Este trabajo fotográfico se considera relevante en el campo de la nutrición porque presenta 30 fotografías de familias pertenecientes a 28 países del mundo (incluyendo México), en donde se muestran el tipo y la cantidad de alimentos que consumen semanalmente. Las fotografías son acompañadas de un perfil en el que se muestran datos de la familia y región, el presupuesto aproximado destinado a la adquisición



de la dieta semanal (en dólares) y la comida favorita o receta propia de cada familia en cuestión, lo que permite ahondar sobre diversos aspectos contextuales relacionados con la alimentación en el mundo.



**Imagen 30.** Superior-izquierda, familia Ayme de Ecuador; superior-derecha, familia Revis de EUA. Inferior- izquierda, familia Melansons de Canadá; inferior-derecha, familia Casales de México (Menzel y D’Aluisio, 2007).

Cada equipo de trabajo, seleccionará una de las fotografías presente en la exposición fotográfica de P. Menzel. Posteriormente la analizarán a detalle para identificar aspectos positivos y negativos en la dieta semanal presentada<sup>2</sup>. Los

<sup>2</sup> Las fotografías de la exposición de P. Menzel (2007) que se sugiere asignar para su análisis en esta estrategia didáctica son las de la familia Ayme de Tingo-Ecuador, Revis de Carolina del Norte-EUA, Casales de Cuernavaca-México y Melansons de Iqaluit-Canadá por representar al continente americano. Sin embargo, la selección puede ser distinta al responder a los objetivos de aprendizaje.

resultados obtenidos al revisar la fotografía serán redactados en un informe, cuya elaboración debe considerar los siguientes lineamientos:

- a) **Aspectos químicos presentes en la dieta familiar.** Identificación en la fotografía de la familia asignada, la presencia de los 6 nutrimentos esenciales (proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, sales minerales y agua). En el informe se debe ejemplificar qué alimentos cubren cada uno de estos nutrimentos esenciales o la ausencia de un nutrimento esencial.
- b) **Estándares alimenticios.** Hacer mención si la dieta de la familia analizada se apega tanto a los grupos de alimentos y bebidas como a las cantidades recomendadas en el Plato del Bien Comer y en la Jarra del Buen Beber (ofrecer una justificación al respecto).
- c) **Aspectos favorables de la dieta analizada.** Explicitar los elementos positivos o favorables sobre la dieta semanal analizada (aportaciones alimenticias, diversidad y equilibrio de alimentos, costo e implicación en la complejidad de los integrantes de la familia en cuestión, etcétera).
- d) **Aspectos desfavorables de la dieta analizada.** Explicitar los elementos negativos o desfavorables sobre la dieta semanal analizada (exceso o deficiencia en el consumo de alimentos específicos, costo e implicación en la complejidad física de los integrantes de la familia en cuestión, etcétera).

- e) **Aspectos de mejoría de la dieta analizada.** Mencionar que aspectos podrían mejorarse de la dieta analizada (ampliar o aminorar los tipos de alimentos presentados, modificar cantidades, presupuesto, entre otros) para que pueda contemplarse como una dieta loable y saludable.
- f) **Conclusión.** Con base en el análisis realizado en los puntos anteriores, asumir una posición al finalizar el informe en donde se recomiende o rechace la dieta semanal de la fotografía de la familia analizada y ofrecer algunas razones de dicha decisión.

Es importante indicar a los alumnos que, al elaborar sus informes, investiguen algunos aspectos contextuales relacionados con la región geográfica de la fotografía en cuestión, como es el caso del tipo de alimentos que predomina en la ciudad o entidad referida y datos socioeconómicos.

### Espacio de discusión

Una vez entregado el informe, cada equipo dará a conocer los datos más significativos presentes en un espacio de discusión conducido y autorregulado por el docente.

19. En la siguiente tabla, organicen y sintetizen la información que consideren más relevante que se ofreció en el espacio de discusión sobre las dietas de las familias analizadas de la exposición fotográfica *Hungry planet: what the world eats* (Menzel y D'Aluisio, 2007).

Familia/País	Aspectos favorables	Aspectos desfavorables	Sugerencias para mejorar la dieta analizada
a) Ayme/Ecuador.			
b) Revis/EUA.			
c) Casales/México.			
d) Melansons Canadá.			

20. Después del trabajo emprendido sobre el tema revisado en el texto divulgativo, redacten una breve conclusión (de no más de 10 renglones) sobre el valor que posee el estudio de esta temática en particular en su formación científica en el Colegio.

#### IV. Producto final: Elaboración de un póster-padlet

**Para el docente:** como producto final, los alumnos realizarán de forma individual, un póster padlet en torno a una propuesta de menú o comida de tres tiempos, la cual cumpla con las recomendaciones y los estándares alimenticios revisados en esta estrategia didáctica.

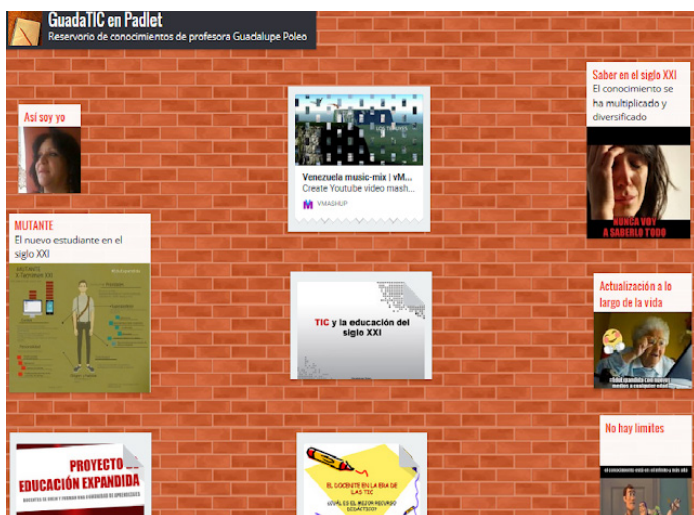
### ¿Qué es un muro padlet?

El *padlet*, también conocido como *diario mural*, *pizarra multimedia colaborativa* o *póster interactivo*, es una herramienta digital gratuita que permite la colaboración de diferentes personas en un muro virtual o pizarrón interactivo, creando un espacio de aprendizaje colaborativo y cooperativo. Esta aplicación es fácil e intuitiva, puede personalizarse al gusto y permite la integración de texto, imagen, hipervínculos, audio, video o animación de manera colaborativa. Este tipo de recurso digital posibilita la interacción profesor-estudiante, estudiante-estudiante.

Una gran ventaja del muro padlet es su accesibilidad: puedes acceder a través de cualquier navegador web y desde cualquier dispositivo: computadora fija o de escritorio, tableta o celular; incluso permite compartir el enlace en redes sociales, publicarlo en un sitio web o en cualquier entorno virtual. Otro aspecto favorable es que promueve y favorece el trabajo colaborativo en pares o en pequeños grupos y la retroalimentación por parte del docente. Esta herramienta de trabajo en línea se puede utilizar para generar:

- Proyectos colaborativos.
- Boletines de noticias.
- Clubes de lectura.

- Portafolios digitales.
- Opiniones sobre temas específicos.
- Organización de información.



**Imagen 31.** Ejemplo del aspecto que puede tomar un muro Padlet.  
Imagen tomada de: <https://cutt.ly/DFgbq6J>

Su uso es intuitivo y no requiere que los usuarios sean expertos en el manejo de herramientas digitales. Si deseas conocer más sobre cómo crear un muro padlet y sus funciones, puedes consultar los links de los siguientes tutoriales:

- Moreno, Yuzbelia. *Padlet: pizarra multimedia colaborativa*. Disponible en [http://rea.ula.ve:8080/xmlui/bitstream/handle/654321/157/guia\\_padlet\\_pizarra\\_multimedia\\_Ymoreno.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://rea.ula.ve:8080/xmlui/bitstream/handle/654321/157/guia_padlet_pizarra_multimedia_Ymoreno.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Para la elaboración del póster padlet, los alumnos deben investigar y proponer un menú de tres tiempos que incluya una bebida, en éste el plato fuerte debe ser un guisado tradicional mexicano. Es importante que el menú propuesto contenga los seis nutrimentos esenciales (proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, minerales y agua) y que se apegue a las recomendaciones de alimentos, bebidas y cantidades presentes en estándares alimenticios (Plato del Bien Comer y Jarra del Buen Beber). Se recomienda que los alumnos sigan las siguientes recomendaciones en su elaboración:

- En la parte central del muro-padlet los alumnos deben colocar su propuesta de un menú de tres tiempos, donde el plato fuerte sea un guisado tradicional mexicano. La propuesta de menú debe de ir acompañada de una imagen.
- En otro, se debe contextualizar el platillo fuerte del menú propuesto, esto es, a qué estado de la República Mexicana pertenece, su historia (si la tiene) y algunos datos relevantes sobre sus ingredientes.
- Se debe identificar esquemáticamente qué alimentos del menú propuesto aportan nutrimentos esenciales (proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, minerales y agua).
- Se recomienda destinar un recuadro para mencionar qué alimentos del menú propuesto pertenecen al grupo de verduras y frutas, cuáles al de cereales y aquellos

que forman parte de las leguminosas y productos de origen natural

- Finalmente, se debe indicar esquemáticamente si la bebida propuesta se apega a las recomendaciones presentes en la Jarra del Buen Beber.



## Lista de cotejo para evaluar el póster-padlet.

Categoría	Número	Criterio	Cumple		Observaciones
			Sí	No	
Estructura, contenido y estilo	1	Las aportaciones evidencian conocimiento del tema y una línea de trabajo común.			
	2	La propuesta es original y creativa; plasma bien el tema que se presenta.			
	3	Los recursos empleados (imágenes, texto, videos, audios, etcétera) fueron pertinentes y se correspondieron con lo solicitado.			
	4	La organización de la información cumple con todos los aspectos solicitados; se evidencia la aplicación de aprendizajes construidos sobre el tema.			
	5	Las ideas evidencian claridad y cohesión y se enlazan unas a otras de manera gradual.			
	6	La propuesta de platillo considera las particularidades o contexto de la región de origen, el acceso fácil a los ingredientes o alimentos propuestos.			
	7	En el póster-padlet se señalan qué alimentos del platillo propuesto poseen los nutrimentos esenciales (carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales.)			
	8	Se utilizan estándares alimenticios (Plato del Bien Comer y Jarra del Buen Beber) en la presentación del platillo propuesto.			
	9	Hay escasos errores de ortografía, puntuación y redacción.			
	10	En el póster-padlet se explicita la importancia del establecimiento de una dieta saludable en la adolescencia y durante toda la vida.			

## Referencias

- Brown, H. (2013). *Química la Ciencia Central*. México: Pearson.
- CEDEC-INTEF. (2021). *Rúbricas y otros documentos*. Ministerio de educación y formación profesional. Gobierno de España. Disponible en: <https://cedec.intef.es/banco-de-rubricas-y-otros-documentos/>
- Foro Permanente Química y Sociedad (Feique). (2012). *La química y la alimentación*. Madrid: Feique. Disponible en: <https://www.quimicaysociedad.org/wp-content/uploads/2018/05/archivo28.pdf>
- Gutiérrez, E., Rodríguez, O., y Carmona, C. (2015). *La Química en tus manos*, vol. I. México: ENP-UNAM.
- Menzel, P. & D'Aluisio, F. (2007). *Hungry Planet: What the World Eats*. Berkeley, CA: Ten Speed Press. Disponible en: <https://cutt.ly/wTqjSrA>
- Moreno, Y. (s.a.) *Padlet: Pizarra multimedia colaborativa*. Venezuela: Universidad de los Andes-Coordinación general de Estudios Interactivos a Distancia. Disponible en: <https://n9.cl/xi6q3>
- Portal Académico del CCH. (2019). *Macro y micronutrientos*. Material de apoyo del curso Química II. Disponible en: <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/quimica2/unidad2/queSonLosAlimentos/macroMicronutrientos>

- Sámano, R., De Regil, L. M. y Casanueva, E. “¿Estás comiendo bien?” *¿Cómo ves?*, Núm 110, Ciudad de México, enero 2008. Disponible en: <https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/110/estas-comiendo-bien>
- Secretaría de Salud (2008). *Guía de orientación alimentaria*. México: Secretaría de Salud.
- Secretaría de Salud (2020). “La adecuada hidratación del cuerpo ayuda a una buena salud”, *Blog-Secretaría de Salud*, México: Gobierno de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/articulos/la-adecuada-hidratacion-del-cuerpo-ayuda-a-una-buena-salud>
- Time (2013). *Hungry Planet: What The World Eats. What's on family dinner tables around the globe?* Photographs by Peter Menzel from the book "Hungry Planet" (2013, sept. 20). *Time-world*. Disponible en <https://world.time.com/2013/09/20/hungry-planet-what-the-world-eats/photo/mex03-0001-xxf1rw-2/>

## **III. Instrumentos para evaluar el desarrollo del pensamiento crítico mediante la lectura y análisis de textos divulgativos**

En este apartado se presentan tres instrumentos para reconocer y evaluar el desarrollo del pensamiento crítico en las estrategias de lectura crítica compiladas en este recurso didáctico. Como se ha mencionado al inicio de esta publicación, para promover el pensamiento crítico se tomó como referente la noción provista por los académicos R. Paul y L. Elder (2006) de la *Critical Thinking Community*. En esta visión, el pensamiento crítico es definido como el modo de pensar sobre cualquier tema, contenido o problema en el que un sujeto mejora la calidad de su pensamiento inicial.

### 3.1 Rúbrica para evaluar el pensamiento crítico

Para evaluar el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes al leer, analizar y problematizar artículos divulgativos, se elaboró una rúbrica, tomando como base los ocho elementos que figuran en la noción de pensamiento crítico de Paul y Elder (2007), así como en los criterios o estándares que recomiendan estos autores para su evaluación. Tanto los criterios como los estándares, presentes en esta visión de la criticidad, fueron descritos en el primer apartado de esta antología que lleva por título *elementos teóricos*.

Una *rúbrica* se define en el ámbito educativo como una guía de puntuación utilizada para dar seguimiento al aprovechamiento de los alumnos sobre aprendizajes, habilidades o actitudes determinadas. Se caracteriza por presentarse en forma de tabla, en la cual se desglosa una escala de evaluación o niveles de desempeño, con criterios específicos de rendimiento (Gatica-Lara, 2012). Generalmente, las rúbricas son instrumentos que posibilitan la evaluación de fines o metas educativas que se consideran complejas, subjetivas, evolutivas e imprecisas. Esto mediante el uso de criterios que cualifican progresivamente el desempeño. De esta manera, toda rúbrica está constituida por, al menos, tres elementos:

- **Criterios de evaluación.** Son los factores, rubros o elementos que determinan la calidad de un aprendizaje, habilidad o aptitud en cuestión.

- **Indicadores o definiciones de calidad.** Ofrecen una explicación detallada de lo que el estudiante, persona o grupo debe exhibir y/o realizar para demostrar un nivel o puntaje de rendimiento.
- **Escala de puntuación o niveles de rendimiento.** Informa, ya sea a través de niveles y/o una escala de puntaje, el grado de aprovechamiento alcanzado.

El uso de este tipo de instrumentos es conveniente para reconocer y evaluar el desarrollo del pensamiento crítico porque, como se ha mencionado, el pensar críticamente es una cualidad progresiva que se adquiere con la experiencia, la práctica y la retroalimentación continua. En consecuencia, es necesario enmarcar su valoración en el ámbito escolar desde una óptica flexible y cualitativa (Oliveras y Sanmartí, 2013).

Como se ha mencionado, en la rúbrica que se presenta en esta sección para evaluar el desarrollo del pensamiento crítico, los rubros de evaluación son los ocho elementos que configuran el acto de pensar, según la visión de Paul y Elder (2006); los indicadores están basados en los criterios o estándares que estos autores recomiendan para la valoración de dichos elementos. En tanto que los niveles de desempeño están ligados con una escala de puntaje que va del 1 al 4. De esta manera, la calificación de 1 denota un desempeño deficiente, 2 un rendimiento suficiente, 3 un aprovechamiento regular y 4 una ejecución óptima.

Es importante señalar que algunos elementos presentes en la rúbrica corresponden a habilidades subyacentes durante el proceso de análisis de los contenidos presentes en los textos divulgativos compilados, como es el caso de la identificación de la idea o ideas centrales, los supuestos, la explicitación de inferencias y lo concerniente a los propósitos o fines que buscan cubrir este tipo de publicaciones, mientras que otros requieren de una conceptualización transversal, esto es, de un seguimiento continuo y global del aprovechamiento en las diferentes etapas que contemplan las estrategias de lectura crítica propuestas en las estrategias compiladas en esta antología. Se consideran elementos o rubros transversales la identificación y uso de conceptos disciplinares clave, el manejo de información, la identificación de puntos de vista y lo concerniente a implicaciones CTS-A de los temas estudiados. La rúbrica elaborada se muestra a continuación.

## Rúbrica de evaluación del pensamiento crítico<sup>3</sup>

Aspectos	1. Deficiente	2. Bajo desempeño	3. Desempeño regular	4. Desempeño óptimo o excelente
<b>Pregunta o idea central</b>	Se cita información irrelevante en torno al tema central del texto divulgativo.	Identifican parcialmente el tema o idea central del texto divulgativo.	Identifican correctamente el tema o idea central del texto divulgativo	Identifican de forma clara, precisa y correcta el tema o idea central del texto divulgativo.
<b>Propósito</b>	No identifican el propósito que pretende cumplir el texto en el público lector.	Identifican de forma ambigua el propósito que pretende cumplir el texto en el público lector.	Identifican con claridad el propósito que pretende cumplir el texto en el público lector y explicitan virtudes y limitaciones de la publicación.	Identifican con claridad el propósito que pretende cumplir el texto en el público lector, así como la importancia de las ideas y valores asociados con la publicación.
<b>Supuestos</b>	Formulan conjeturas o suposiciones erróneas sobre la temática en cuestión, pues resultan inconsistentes con la información y el contexto revisado en su análisis.	Formulan conjeturas o suposiciones ambiguas sobre la temática en cuestión, ya que muestran poca validez con la información y el contexto revisado en su análisis.	Formulan conjeturas o suposiciones válidas sobre la temática en cuestión, las cuales guardan relación con la información y el contexto revisado en su análisis.	Formulan conjeturas o suposiciones correctas y válidas sobre la temática en cuestión, las cuales resultan pertinentes con la información y el contexto revisado en su análisis.

<sup>3</sup> Rúbrica basada en los indicadores de Paul y Elder (2007), tomada de Meinguer y Pérez (2021).



<b>Inferencias</b>	Citan, literalmente, frases del texto divulgativo, sin inferir la posición del autor. Sus argumentos o cuestionamientos sobre la temática estudiada resultan erróneos y/o irrelevantes.	Muestran limitaciones para inferir la posición del autor del texto divulgativo, así como para construir cuestionamientos o argumentos válidos sobre la temática estudiada.	Inferen la posición del autor del texto divulgativo, pero manifiestan deficiencias para construir cuestionamientos o argumentos válidos sobre la temática estudiada.	Inferen con claridad la posición del autor del texto divulgativo y muestran dominio para construir cuestionamientos o argumentos válidos sobre la temática estudiada.
<b>Conceptos</b>	Exhiben una comprensión errónea de la terminología científica y de los conceptos que guardan relación con el tema.	Exhiben una comprensión limitada de la terminología científica y de los conceptos que guardan relación con el tema.	Exhiben una comprensión suficiente de la terminología científica y de los conceptos que guardan relación con el tema.	Exhiben un dominio amplio de la terminología científica y los conceptos que guardan relación con el tema.
<b>Información</b>	Muestran dificultades para identificar datos, hechos y evidencias en el análisis de la temática presentada en el texto divulgativo.	Muestran habilidades limitadas para identificar datos, hechos y evidencias, así como para evaluar afirmaciones en el análisis de la temática presentada en el texto divulgativo.	Muestran habilidades suficientes para identificar los datos, hechos y evidencias, así como para evaluar afirmaciones en el análisis de la temática presentada en el texto divulgativo.	Muestran amplio dominio para identificar datos, hechos y evidencias, así como para evaluar afirmaciones en el análisis de la temática presentada en el texto divulgativo.

<b>Puntos de vista</b>	Reconocen un solo punto de vista (el del autor) respecto al tema expuesto en el texto y lo toman como cierto e incuestionable.	Reconocen con cierta ambigüedad la existencia de varios puntos de vista respecto al tema expuesto en el texto. No establecen con claridad acuerdos y desacuerdos en su contrastación.	Reconocen diferentes puntos de vista respecto al tema expuesto en el texto. Muestran limitaciones para establecer acuerdos y desacuerdos en su contrastación.	Reconocen diferentes puntos de vista respecto al tema expuesto en el texto. Muestran dominio para establecer acuerdos y desacuerdos en su contrastación.
<b>Implicaciones</b>	Manifiestan dificultades para identificar las implicaciones tecnológicas, sociales y ambientales que guardan relación con el tema.	Manifiestan una comprensión limitada de las implicaciones tecnológicas, sociales y ambientales que guardan relación con el tema.	Manifiestan una comprensión suficiente de las implicaciones tecnológicas, sociales y ambientales que guardan relación con el tema.	Manifiestan un amplio dominio en la comprensión de las implicaciones tecnológicas, sociales y ambientales que guardan relación con el tema.

Desde una óptica funcional, esta rúbrica puede resultar útil para:

1. Valorar el éxito en el desempeño de cada elemento del pensamiento crítico de forma individual o grupal.
2. Determinar la puntuación promedio por rubro o elemento. Para ello, se requiere promediar el puntaje obtenido por rubro entre los integrantes o equipos que componen una muestra o grupo de estudiantes.
3. Para conocer la puntuación global en el desarrollo del pensamiento crítico. Es necesario calcular la media de

los puntajes promedio obtenidos en los ocho elementos por el grupo o muestra de estudiantes.

Finalmente, se considera que esta rúbrica puede ser perfecta y fungir como una guía en futuros estudios o investigaciones que tengan como finalidad robustecer la evaluación del pensamiento crítico en la educación científica escolar.

### 3.2 Valoración del aprendizaje actitudinal

Una característica que es inherente al pensamiento crítico es que permite fomentar un accionar intelectual, que va desde la reflexión hasta la acción, ya que posee un importante componente disposicional. Como se mencionó en la parte introductoria de esta publicación, Paul y Elder (2006 y 2007) y Jarman y McLune (2011) señalan que el desarrollo de un núcleo de rasgos de carácter, relacionados con el proceder intelectual responsable, es el indicador más importante para sostener que un individuo ha cultivado la facultad de pensar críticamente. Entre las actitudes que estos autores asocian con la criticidad del pensamiento se encuentran la apertura de mente, la confianza en la razón, la afinidad por el diálogo, la cooperación, la tolerancia, la honestidad, la autonomía y la perseverancia intelectual. Todas estas cualidades disposicionales adquieren relevancia en la actualidad, porque capacitan para la participación informada en procesos de diálogo social y toma de decisio-

nes, objetivos que aparecen recurrentemente en el discurso educativo contemporáneo (Santisteban, 2013).

Para llevar a cabo una aproximación de la evaluación de las actitudes relacionadas con el pensamiento crítico en las actividades propuestas en este recurso didáctico, se sugiere tomar en consideración la propuesta de los académicos irlandeses Ruth Jarman y Billy McClune (2011), ya que incluyen algunos elementos disposicionales que están presentes en la noción de pensamiento crítico de Paul y Elder (2006). En su propuesta, la valoración del aprendizaje actitudinal puede situarse en tres niveles de desempeño: básico, medio y avanzado.

**Propuesta para valorar el aprendizaje actitudinal al  
incorporar y analizar textos divulgativos  
en la educación científica escolar  
(Jarman y McClune, 2011)**

**Aprendizajes actitudinales**

**Nivel básico (1)**

- Los estudiantes deben entusiasmarse e interesarse por descubrir más aspectos de la ciencia en los medios, y entender que estas fuentes pueden alertarlos sobre cuestiones importantes de relevancia social.

**Nivel intermedio (2)**

- Los estudiantes deben responder a los contenidos de la ciencia en los medios con una mentalidad abierta, escéptica (saludable o moderada) y una actitud reflexiva.
- Deben reconocer que la ciencia es una parte importante de la vida y la cultura.

**Nivel superior (3)**

- Los estudiantes son capaces de emitir juicios fundamentados sobre cuestiones sociocientíficas.
- Desarrollan la confianza y el compromiso suficiente para investigar y construir opiniones informadas sobre un tema disciplinar en cuestión (perseverancia intelectual).
- Los jóvenes son capaces de tomar decisiones racionales sobre aspectos sociocientíficos de interés (autonomía intelectual).

### 3.3 Evaluación de la argumentación en el ámbito escolar

La argumentación es una ruta idónea para identificar los presupuestos subyacentes en el razonamiento del alumnado, para evaluar su rigor y consistencia, así como promover la metacognición y la acción comunicativa (Cassany, 2010).

Razón por la cual se considera que esta aptitud intelectual guarda una fuerte relación con el pensamiento crítico (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2009). En las cinco estrategias de lectura crítica presentes en este recurso didáctico se solicita la elaboración de argumentos en los estudiantes. Por ello, es imprescindible contar con un instrumento para dar seguimiento a las habilidades relacionadas con la argumentación.

El instrumento propuesto es nuevamente una rúbrica, ya que la argumentación como el pensamiento crítico es una aptitud intelectual compleja, subjetiva y progresiva, que requiere de una valoración cualitativa. La rúbrica elaborada es una adaptación de Meinguer (2019). En ella, se contemplan los elementos esenciales que debe considerar un sujeto, al exponer de manera coherente y fundamentada una aseveración, argumento o conclusión. Además, permite identificar la asunción de una postura y la actitud hacia una temática en cuestión.

Del instrumento original se tomaron aquellos elementos que resultaron consistentes con las actividades de argumentación propuestas en las estrategias compiladas en la antología. De esta forma, la rúbrica utilizada quedó conformada por siete rubros que son evaluados con indicadores agrupados en cuatro niveles de desempeño.

Para la utilización de la rúbrica se requiere ubicar en cada elemento de análisis el indicador que mejor corresponde con el desempeño observado en un estudiante y, enseguida, aso-

ciar un valor numérico (de 1 a 4), el cual denota qué tanto exhibe dicha habilidad argumentativa. De acuerdo con este instrumento, una argumentación deficiente estará descrita por una calificación total o general menor a 7 puntos, un desempeño limitado por debajo de los 14 puntos, el ejercicio de una argumentación regular oscilará en el intervalo de 18 a 21 puntos y un rendimiento óptimo estará descrito con un puntaje de 28. La ventaja de utilizar este instrumento de evaluación es que permite efectuar un análisis por rubro, lo cual es muy conveniente para establecer tendencias muestrales y realizar valoraciones más precisas. La rúbrica para evaluar la argumentación escolar se muestra a continuación.

### Rúbrica de evaluación de habilidades argumentativas<sup>4</sup>

Aspectos a evaluar	1. Deficiente	2. Suficiente	3. Regular	4. Óptimo
<b>1. Vocabulario</b>	El uso que hace de las palabras es inapropiado y confuso.	El uso que hace de las palabras es reiterativo.	El uso que hace de las palabras es preciso.	El uso que hace del lenguaje es amplio y apropiado.
<b>2. Información disciplinar</b>	Hay ausencia de conceptos disciplinares clave sobre el tema.	Utiliza de manera limitada la información disciplinar en torno al tema.	Reconoce de manera correcta conceptos científicos clave, pero hace poco uso de ellos.	Utiliza la información disciplinar de manera apropiada y suficiente en la construcción de argumentos.
<b>3. Información contextual</b>	No reconoce la presencia de aspectos contextuales sobre el tema.	Su dominio contextual del tema es pobre y desarticulado.	Reconoce información contextual relevante, pero su utilización es limitada.	Hace uso de la información contextual de manera correcta y apropiada en la construcción de argumentos.
<b>4. Postura</b>	Ofrece comentarios generales.	Comenta las posturas y no asume ninguna.	Enuncia una postura de manera superficial (a favor o en contra).	Define claramente una postura y ofrece una justificación al defenderla.
<b>5. Coherencia</b>	Menciona ideas desconectadas y/o contradictorias.	Hay una conexión débil o ambigua en los argumentos.	Sus argumentos son consistentes, pero no congruentes.	Presenta consistencia y congruencia en su redacción.

<sup>4</sup> Instrumento de evaluación elaborado y reportado por Meinguer (2019).



<b>6. Justificación</b>	Su afirmación o rechazo se sustenta en lo que cree que es verdadero.	Su afirmación o rechazo se fundamenta en opiniones externas de orden común (creencias socioculturales).	Su afirmación o rechazo se sustenta en experiencia o juicios personales que generaliza.	Su afirmación o rechazo se sustenta en evidencia empírica y/o en fuentes documentales acreditadas.
<b>7. Contra-argumentación</b>	Ausencia de contra-argumentación o refutaciones.	Referencia de manera trivial aspectos controvertidos a la idea o posición que defiende.	Comenta algunos aspectos controvertidos y/o contrarios a su posición.	Replantea argumentos basándose en los puntos controvertidos y/o contrarios a su posición.

## IV. Referencias

- Alcíbar, M. (2015). “Comunicación pública de la ciencia y la tecnología: una aproximación crítica a su historia conceptual”. *Arbor. Ciencia, pensamiento y cultura*, 191 (773). Disponible en: <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/2045/2556>
- Alegría, M. (2005). *Cómo leer la ciencia para todos (Géneros discursivos)*. México: SEP-FCE-Conacyt.
- Alvarado, P. (2014). El desarrollo del pensamiento crítico: una necesidad en la formación de los estudiantes universitarios. *DIDAC (Nueva Época)*, 64, 14.
- Agosto Riera, S. E., Álvarez Angulo, T., Hilario Silva, P., Mateo Girona, M. T. y Uribe Álvarez, G. (2017). *Géneros discursivos y estrategias para redactar textos académicos en secundaria*. Barcelona: Octaedro.
- Blanco, A. (2004). “Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia”. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1(2), pp. 70-86. Cádiz. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92010202>
- Boisvert, J. (2004). *La formación del pensamiento crítico*. México: Fondo de Cultura Económica.

- Calvo, M. (2003). *Divulgación y periodismo científico: entre la claridad y la exactitud*. México: DGDC-UNAM.
- Campos Arenas, A. (2005). *Mapas conceptuales, mapas mentales y otras formas de representación del conocimiento*. Bogotá: Cooperativa editorial Magisterio.
- Casanova, M. A. (2016). *Manual de evaluación educativa*. Madrid: La muralla.
- Cassany, D. (1999). *Construir la escritura*. Barcelona: Paidós.
- (2010). Diez claves para enseñar a interpretar. *Leer para aprender. Leer en la era digital*. Madrid: Ministerio de Educación. Disponible en <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/ImageServlet?img=13939.pdf&D=OK>
- Castellò, M. (coord.) (2007). *Escribir y comunicarse en contextos científicos y académicos*. Barcelona, España: Graò.
- Code, L. (2011). Responsabilismo. *Normas, Virtudes y Valores Epistémicos*, 279-298, México: Instituto de Investigaciones Filosóficas-UNAM.
- Cubo de Severino, L. (coord.). (2014). *Los textos de la ciencia. Principales clases del discurso académico-científico*. Buenos Aires: Comunicarte.
- De Vega, M. (1990). *Introducción a la psicología cognitiva*. Madrid: Alianza editorial.
- Díaz Barriga F. y Hernández R. G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. México: McGraw-Hill.
- ENCCH. (2016). *Programas de estudio. Área de Ciencias Experimentales. Química I-II*. México: UNAM. Disponible

- en [https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/QUIMICA\\_I\\_II\\_.pdf](https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/QUIMICA_I_II_.pdf)
- (2012). El Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades. *Comisiones especiales para la Actualización de los programas de estudio de las materias* (Material de Lectura). Ciudad de México: UNAM. Disponible en: <http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/CEAPEM-sep2012.pdf>
- (2006). Orientación y Sentido del Área de Ciencias Experimentales. En *Orientación y Sentido de las áreas del Plan de Estudios Actualizado*. México: UNAM. Disponible en: <http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/actualizacion2012/Sentidoareas.pdf>
- Facione, P. (2015, enero). “Critical thinking: What it is and why it counts”. *Insight Assessment*, 1-23. Disponible en: [https://www.nyack.edu/files/CT\\_What\\_Why\\_2013.pdf](https://www.nyack.edu/files/CT_What_Why_2013.pdf)
- Gadea, I., Vilches, A. y Gil, D. (2009). “Posibles usos de la prensa en la educación científica y tecnológica”. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 23. 153-169. Disponible en: <https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/2409/1954>
- García Parejo, I. (coord.). (2011). *Escribir textos expositivos en el aula. Fundamentación teórica y secuencias didácticas para diferentes niveles*. Barcelona: Graò.
- Gatica-Lara, F. y Uribarren-Berrueta, T. (2013). “¿Cómo elaborar una rúbrica?” *Investigación en educación mé-*

- dica, 2(5). 61-65. Disponible en: <http://riem.facmed.unam.mx/index.php/riem/article/view/452/418>
- Halkia, K. y Mantzouridis, D. (2005). “Students views and attitudes towards the communication code used in press articles about science”. *International Journal of Science Education*, 27(12), 1395–1411.
- Herrera, A. (2008). “La situación de la enseñanza del pensamiento crítico. Pasado, presente y futuro de la enseñanza del pensamiento crítico en México”. *La razón comunicada V/ Ergo (Nueva época)*, 15-50. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/36599/2008215.pdf;jsessionid=ACF223425B77D67613CC3E958F2674CF?sequence=1>
- Kant, I. (2002). *Crítica de la razón pura*. Madrid: Tecnos.
- Jarman, R. y McClune, B. (2011). *El desarrollo del alfabetismo científico. El uso de los media en el aula*. Madrid: Ediciones Morata-Ministerio de Educación.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (coord.). (2009). *Enseñar ciencias*. Barcelona: Graò.
- Jiménez-Aleixandre, M. y Puig, B. (2012, enero). “Argumentation, evidence evaluation and critical thinking”. *Second International Handbook of Science Education*, pp. 1001-1015. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/278710724\\_Second\\_International\\_Handbook\\_of\\_Science\\_Education/link/55939db608ae5af2boeb8f78/download](https://www.researchgate.net/publication/278710724_Second_International_Handbook_of_Science_Education/link/55939db608ae5af2boeb8f78/download)

- Lomas, C. (1999). *Cómo enseñar a hacer cosas con las palabras*. Vol. 1. Barcelona: Paidós.
- Marbá, A., Márquez, C. y Sanmartí, N. (2009, enero). “¿Qué implica leer en clase de ciencias?” *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*. (59) pp. 102-111. Disponible en: <http://gent.uab.cat/conxitamarquez/sites/gent.uab.cat.conxitamarquez/files/que%20implica%20leer%20en%20clase%20de%20ciencias.pdf>
- Márquez, C. y Prat, A. (2005). “Leer en clase de ciencias”. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 23 (3), 431-440.
- Marín, M. (2015). *Escribir textos científicos y académicos*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- McClune, B. y Jarman, R. (2012). “Encouraging and Equipping Students to Engage Critically with Science in the News: What Can We Learn from the Literature?” *Studies in Science Education*, 48(1). 1-49. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03057267.2012.655036>
- Meinguer, J. y Pérez, M. C. (2021). “Desarrollo y evaluación de elementos de pensamiento crítico sobre la química verde en el bachillerato”. *Investigación en la Escuela*, 103, 106-124. Disponible en: <https://doi.org/10.12795/IE.2021.i103.08>
- Meinguer, J. (2019). “La comunicación de la nanotecnología a través del análisis crítico de textos informales. *Mundo Nano*”. *Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y*

- Nanotecnología*, 12 (22), 3-35. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2019.22.61953>
- (2018). “El valor del pensamiento crítico en la educación científica”. *Eutopía. Revista del Colegio de Ciencias y Humanidades para el bachillerato*, 11(29), 5-11. Disponible en <http://www.revistas.unam.mx/index.php/eutopia/article/view/68494/60488>
- (2017). *Estudio sobre la contribución de la comunicación de la ciencia al desarrollo del pensamiento crítico en la educación química preuniversitaria* (tesis de Doctorado). Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México. Disponible en <http://132.248.9.195/ptd2017/julio/0761280/Index.html>
- (2016). “La lectura crítica de las cuestiones sociocientíficas en los medios de comunicación”. *Eutopía*, 9(25), pp. 53-61. Disponible en: <https://cutt.ly/Um4qlpZ>
- Norris, S., Phillips, L. y Korpan, C. (2003). “University students interpretation of media reports of science and its relationship to background knowledge, interest, and reading difficulty”. *Public Understanding of Science*, 12(2), 123-145. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/09636625030122001>
- Oliveras, B. y Sanmartí, N. (2009, junio). “La lectura como medio para desarrollar el pensamiento crítico”. *Educación Química*. vol. 20(1), 233-245. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v20s1/v20s1a5.pdf>

- Oliveras, B., Márquez, C. y Sanmartí, N. (2013). “The Use of Newspaper Articles as a Tool to Develop Critical Thinking in Science Classes”. *International Journal of Science Education*. 35(6), 885-905. Disponible en: <https://bit.ly/39Rb3Uw>
- Orozco Abad, J. (coord.). (2010). *Escribe mejor para aprender bien en el bachillerato*. Ciudad de México: UNAM.
- Paul, R. y Elder, L. (2006). *The Miniature Guide to Critical Thinking-Concepts & Tools*. The Foundation for Critical Thinking. Disponible en: [https://www.criticalthinking.org/files/Concepts\\_Tools.pdf](https://www.criticalthinking.org/files/Concepts_Tools.pdf)
- (2007). *A Guide for Educators to Critical Thinking Competency Standards*. Foundation for Critical Thinking. Disponible en: <https://www.criticalthinking.org/store/products/critical-thinking-competency-standards-for-educators/227>
- Reynoso, E. (2002). “La cultura científica y la comunidad de divulgadores de la ciencia y la técnica”. Tonda, J., Sánchez, A. y Chávez, N. (coords.). *Antología de la divulgación de la ciencia en México*. Ciudad de México: DGDC-UNAM.
- Sánchez, A. (2010). *Introducción a la comunicación escrita de la ciencia*. México: Universidad Veracruzana.
- Santisteban, A. (2013). “La investigación sobre el desarrollo de la competencia social y ciudadana para una participación crítica”. En García, F. y De Alba N.



*Educar para la participación ciudadana en la enseñanza de las ciencias sociales.* (277-286) Sevilla: Díada Editora.

Serafini, T. (1994). *Cómo se escribe.* Barcelona: Paidós.

Rosado, J. A. (2016). *Cómo argumentar. Antología y práctica.* Ciudad de México: Praxis.

Unesco. (2006). *Media Education. A Kit for Teachers Students, Parents and Professionals.* Paris: Unesco. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000149278>

Wright, I. (2002). "Critical Thinking in the Schools: Why Doesn't Much Happen?" *Informal Logic. A Review of the Literature.* 22 (2), 137-154. Disponible en: [https://informallogic.ca/index.php/informal\\_logic/article/view/2579/2020](https://informallogic.ca/index.php/informal_logic/article/view/2579/2020)



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas  
RECTOR

Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda  
SECRETARIA GENERAL

Mtro. Hugo Alejandro Concha Cantú  
ABOGADO GENERAL

Mtro. Tomás Humberto Rubio Pérez  
SECRETARIO ADMINISTRATIVO

Dra. Diana Tamara Martínez Ruíz  
SECRETARIA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo  
SECRETARIO DE PREVENCIÓN, ATENCIÓN  
Y SEGURIDAD UNIVERSITARIA

Mtro. Néstor Martínez Cristo  
DIRECTOR GENERAL DE COMUNICACIÓN SOCIAL



ESCUELA NACIONAL COLEGIO  
DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

Dr. Benjamín Barajas Sánchez  
DIRECTOR GENERAL

Lic. Mayra Monsalvo Carmona  
SECRETARIA GENERAL

Lic. Rocío Carrillo Camargo  
SECRETARIA ADMINISTRATIVA

Lic. María Elena Juárez Sánchez  
SECRETARIA ACADÉMICA

QBP. Taurino Marroquín Cristóbal  
SECRETARIO DE SERVICIOS  
DE APOYO AL APRENDIZAJE

Mtra. Dulce María E. Santillán Reyes  
SECRETARIA DE PLANEACIÓN

Mtro. José Alfredo Núñez Toledo  
SECRETARIO ESTUDIANTIL

Mtra. Araceli Mejía Olguín  
SECRETARIA DE PROGRAMAS INSTITUCIONALES

Lic. Héctor Baca Espinoza  
SECRETARIO DE COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL

Ing. Armando Rodríguez Arguijo  
SECRETARIO DE INFORMÁTICA



UNAM | CCH

ANTOLOGÍA DE QUÍMICA I-II