



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**MAESTRIA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA  
SUPERIOR**

**“PROPUESTA DIDÁCTICA PARA MEJORAR EL PROCESO DE  
ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA EN EL  
BACHILLERATO EN TEMAS RELACIONADOS CON EL MEDIO  
AMBIENTE”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA  
EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA  
SUPERIOR, QUÍMICA**

**P R E S E N T A:**

**ADRIANA LÓPEZ FERNÁNDEZ**

**TUTORA: ANA MARÍA MARTÍNEZ VÁZQUEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**Jurado asignado:**

**Presidente:** Dr. José Antonio Chamizo Guerrero

**Vocal:** Mtra. Roxanna Pastor Fasquelle

**Vocal:** Dra. Ana María Martínez Vázquez

**Vocal:** Dr. Adolfo Eduardo Obaya Valdivia

**Secretario:** Dra. Alejandra García Franco

Directora de Tesis

Dra. Ana María Martínez Vázquez

Sustentante

Adriana López Fernández

El presente trabajo se realizó en el Colegio de Ciencias y Humanidades (Plantel Sur) y en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la dirección de la Dra. Ana María Martínez Vázquez, con un apoyo para la Superación del Personal Académico de la UNAM para realizar estudios de posgrado otorgado por la **DGAPA**.

## Agradecimientos:

A la Dra. Ana María Martínez Vázquez por su apoyo constante e invaluable durante la realización de la tesis

Dr. José Antonio Chamizo Guerrero y a la Dra. Alejandra García Franco por formar parte del comité tutorial.

Al comité tutorial por su valiosa ayuda durante el desarrollo de la tesis y al tiempo dedicado durante los seminarios.

Al jurado asignado por sus valiosos comentarios y aportaciones a la realización de este trabajo.

A las maestras Luz Mercedes Sánchez Hidalgo y Blanca Estela Zenteno Mendoza por el apoyo brindado durante la realización de mi Práctica docente. A la maestra Guadalupe Guzmán Flores por proporcionarme las facilidades para la aplicación del material didáctico diseñado para esta tesis.

A los maestros de la MADEMS por su compromiso con el programa y por apoyar a mejorar la educación.

A la beca otorgada por la **DGAPA**

## Dedicatorias

A mis hijos Gaby y Manuel

A Victor

## Resumen

**E**ste trabajo incluye en un marco constructivista, el diseño de una unidad didáctica que puede orientar al profesor en el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre los temas medioambientales. Para esto se identificaron las ideas previas que tienen los alumnos del colegio de Ciencias y Humanidades (Plantel Sur) sobre el tema del ozono. Una vez identificadas, se incorporaron de forma funcional a este modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, integrándose en una unidad didáctica cuyo objetivo es que comprendan la diferencia entre el ozono atmosférico y el ozono de la estratosfera, y reconozcan los factores que afectan la destrucción de la capa de ozono.

Durante la realización de la Unidad Didáctica se detectó la falta de interés de algunos estudiantes. La falta de conocimientos previos sobre temas generales de la asignatura como reacción química, nomenclatura y de algunas habilidades como la elaboración de un texto, el hacer e interpretar una gráfica, y la falta de comprensión de la información leída dificultó que los alumnos logaran una mejor asimilación de los conceptos que se pretenden enseñar con esta unidad didáctica.

No obstante lo anterior, los resultados nos muestran que en general, los estudiantes hicieron algunos avances individuales en la comprensión de los temas relacionados con el ozono troposférico y el ozono estratosférico. Además reconocen las causas y los efectos del adelgazamiento de la capa de ozono y del calentamiento global, esto es de acuerdo a los resultados de las actividades realizadas y a la evaluación que se realizaron de la secuencia didáctica. En general se puede concluir que con la unidad didáctica se logró un cambio algunas de las ideas previas de algunos estudiantes. La población estudiantil reconoce al ozono como un gas, lo ubica correctamente en la atmósfera, reconoce sus efectos dependiendo de su localización y sabe cómo se produce. Aunque hubo cambios significativos en el aprendizaje de los alumnos no debemos olvidar que el cambio conceptual se da de manera gradual a lo largo del tiempo, y por lo mismo en este trabajo no se puede evaluar. Lo que sí se documenta es el cambio en algunas de las ideas previas.

## Índice

<b>Introducción</b> .....	1
<b>Identificación, contextualización, análisis y explicación del problema objeto de estudio</b> .....	6
<b>Marco teórico</b> .....	9
Constructivismo.....	9
Cambio conceptual.....	10
Ideas previas.....	13
Propuesta metodológica.....	16
Instrumento de evaluación.....	18
<b>Desarrollo de la Unidad Didáctica</b> .....	21
Objetivos para el diseño de la estrategia didáctica.....	22
<b>Unidad didáctica</b> .....	26
Actividad 1. ¿Dónde está el ozono?.....	29
Actividad 2. ¿Qué es el ozono y cómo se forma?.....	33
Actividad 3. El ozono en la troposfera.....	37
Actividad 4. El ozono en la estratosfera.....	44
Actividad 5. El efecto invernadero y su relación con el ozono.....	49
Actividad 6. ¿Qué tanto sabes?.....	55
<b>Informe de la intervención y sus resultados</b> .....	57
Resultados de la Actividad 1. ¿Dónde está el ozono?.....	58
Resultados de la Actividad 2. ¿Qué es el ozono y cómo se forma?.....	61
Resultados de la Actividad 3. El ozono en la troposfera.....	69
Resultados de la Actividad 4. El ozono en la estratosfera.....	75
Resultados de la Actividad 5. El efecto invernadero y su relación con el ozono.....	78
Análisis del instrumento de evaluación.....	82
<b>Valoración de la propuesta en su conjunto</b> .....	93
<b>Recomendaciones para el profesor</b> .....	95
<b>Conclusiones</b> .....	99
<b>Perspectivas</b> .....	101
<b>Reflexión</b> .....	102



<b>ANEXO A</b> .....	104
<b>ANEXO B</b> .....	108
<b>Bibliografía</b> .....	135

## Introducción

Con el surgimiento de la revolución industrial en el último cuarto del siglo XVIII y principios del siglo XIX, se incrementó la contaminación del suelo, el aire y el agua, debido a la producción masiva de materiales tóxicos, residuos y desechos peligrosos. A través de los años, y en particular durante la década de 1970, los temas ambientales se convirtieron en una preocupación que alcanzó los objetivos educativos, debido a que la contaminación pasó de ser un problema local a ser uno global, como lo indica Mario Molina (Premio Nobel de Química 1995) cuando argumenta que “desde hace siglos la humanidad sabe que es posible contaminar los ríos, las ciudades y el aire de estas, pero sólo en años recientes, quizá durante las últimas dos décadas, con las alteraciones al ozono estratosférico, se ha dado cuenta de que podría contaminar todo el planeta y ha comenzado a tomar conciencia de que enfrenta un problema global” (Molina, 1996)<sup>1</sup>

Al igual que Mario Molina, otros investigadores y educadores piensan que la preservación del ambiente es una de las preocupaciones más importantes de nuestra sociedad. Por consiguiente, los temas ambientales constituyen uno de los objetivos prioritarios de la educación y por lo mismo, el estudio del agotamiento de la capa de ozono, el calentamiento global, el efecto invernadero y la lluvia ácida, forma parte del currículo (Borsese *et al*, 2005).<sup>2,3</sup> En particular en México, el tema del ozono se estudia en los niveles que se muestran en la siguiente tabla. En particular el tema del ozono cobró relevancia cuando en 1985 se descubrió el agujero de ozono sobre la Antártida.<sup>4</sup> A partir de entonces, el tema de la pérdida del ozono estratosférico se ha estudiado ampliamente, ya que con la disminución

---

1.- Molina, M. (1996). Los clorofluorcarbonos y el ozono estratosférico un problema global. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy*, 6(36), Recuperado de <http://www.cienciahoy.org.ar/hoy36/clorofl1.htm>

2.- Borsese, A. y Esteban, S. (2005). Química, educación ambiental y vida cotidiana: el ozono troposférico. *Enseñanza de las ciencias*, 23(2), 251–262.

3.- Hansen, P. J. K. (2010). Knowledge about the greenhouse effect and the effects of the ozone layer among Norwegian pupils finishing compulsory education in 1989, 1993, and 2005—What Now?. *International Journal of Science Education*, 32(3), 397–419.

4.- Farman, J. G., Gardner, B. G. y Shanklin, J. T. (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO<sub>x</sub>/NO<sub>x</sub> interaction. *Nature*, 315, 207-210.

de la concentración del ozono aumenta la cantidad de la radiación ultravioleta (UV) del Sol que alcanza la superficie de la Tierra, lo que daña a los humanos y a otros seres vivos. El haber descubierto que productos químicos antropogénicos como los clorofluorocarbonos (CFC) destruyen la capa de ozono, impulsó una acción rápida a nivel internacional para reducir su uso y su producción, lo que se tradujo en el protocolo de Montreal en 1987.<sup>5</sup>

Nivel escolar	Asignatura	Tema	Tiempo
<b>Primaria SEP</b> Sexto grado <sup>6</sup> 11-12 años de edad	Ciencias Naturales	Causas del calentamiento global: relación entre la contaminación del aire y el efecto invernadero; efectos del calentamiento global en el ambiente: cambio climático y riesgos en la salud.	No especificado
<b>Secundaria SEP<sup>7</sup></b> Primer grado de secundaria, entre 14 y 15 años de edad	Ciencias I (énfasis en Biología)	Respecto al ambiente, se analizan las consecuencias del incremento del efecto invernadero, en términos del calentamiento global y cambio climático.	No especificado
<b>Bachillerato SEP</b> (Química II) <sup>8</sup>		Contaminación del Aire y Lluvia ácida	5 horas

El tema del ozono tiene dos caras, mismas que dificultan su aprendizaje. Por un lado se sabe que el ozono *estratosférico* que se encuentra a partir de los 20 km de altura sobre la superficie terrestre, actúa de forma beneficiosa para la vida en la Tierra absorbiendo radiación UV proveniente del Sol y evitando así que llegue a la superficie de la Tierra.<sup>9</sup> Se sabe que el ozono se encuentra desde hace millones de años en un estado de equilibrio

5.-Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. (2006). Secretaría del ozono, programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recuperado de <http://ozone.unep.org/spanish/Publications/MP-Handbook-07-es.pdf>

6.-Programa de Estudio, Ciencias Naturales, Sexto grado de Primaria. (2009), SEP. Recuperado de <http://basica.sep.gob.mx/reformaintegral/sitio/pdf/primaria/plan/Prog6Primaria.pdf>

7.- Programa de Estudio, Ciencias I (énfasis en Biología). Tercer año de secundaria. (2009), SEP. Recuperado de <http://basica.sep.gob.mx/reformaintegral/sitio/pdf/secundaria/plan/CienciasSec11.pdf>

8.- Programa de estudio, Química II- Segundo semestre. SEP. (2010). Recuperado de [http://www.dgb.sep.gob.mx/informacion\\_academica/programasdeestudio/cfb\\_2osem/QUIMICA-II.pdf](http://www.dgb.sep.gob.mx/informacion_academica/programasdeestudio/cfb_2osem/QUIMICA-II.pdf)

9.- Sillman, S.. Overview: Tropospheric ozone, smog and ozone-NOx-VOC sensitivity. Recuperado de <http://www-personal.umich.edu/~sillman/ozone.htm>

dinámico, ya que este gas continuamente se produce y se destruye manteniendo constante su proporción en la atmósfera. En la estratosfera el ozono se forma cuando los fotones de alta energía rompen la molécula de oxígeno y producen átomos de oxígeno muy reactivos, que rápidamente producen ozono al unirse con moléculas de oxígeno. El ozono también reacciona con la luz ultravioleta formando moléculas y átomos de oxígeno. A través de un proceso catalítico se controla los niveles de oxígeno en la estratosfera que se ve alterado por la presencia de los CFC, lo que acaba destruyendo a la capa de ozono.<sup>10,11</sup>

Por otro lado existe el ozono situado en la troposfera, que es la capa de la atmósfera situada sobre la superficie de la Tierra, hasta una distancia de 18 Km aproximadamente. A este ozono se le denomina ozono troposférico. En la baja atmósfera, el *ozono* que se produce forma parte de lo que llamamos smog fotoquímico, y es perjudicial porque es un oxidante muy fuerte. La producción del ozono troposférico se debe principalmente a la quema de combustibles fósiles.

Debido a que el ozono es benéfico y perjudicial, dependiendo del lugar de la atmósfera en el que se sitúa, su estudio tiene diversas complicaciones. Las personas suelen pensar que se trata de dos tipos de sustancias distintas, y no terminan de entender como los CFC de los aerosoles son capaces de destruir la capa de ozono en las partes altas de la atmósfera pero no interaccionan con el ozono situado en las partes bajas de la misma, porque no es fácil entender que la reacción con los CFC sólo puede llevarse a cabo en presencia de luz UV.

En la literatura podemos encontrar algunas Unidades Didácticas para trabajar el tema del ozono. Por ejemplo “*Ozono y atmósfera. Una experiencia didáctica de estudio transversal de la contaminación atmosférica en la Enseñanza Secundaria Obligatoria*” tiene la finalidad de difundir la participación de la escuela para fomentar el respeto y la

---

10.- Bornman, J. F. (2006). Historical overview of ozone trends and future scenarios, *Environmental UV Radiation: Impact on Ecosystems and Human Health and Predictive Models*, 57, 1-3.

11.- Crutzen, P. J. y Oppenheimer, M. (2008). Learning about ozone depletion. *Climatic Change*, 89(2),143–154.

conservación del medio ambiente.<sup>12</sup> Otra Unidad Didáctica se titula “*La contaminación: vivir sin contaminar*” y está dirigida a estudiantes del segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria en Aragón (España). Consta de 19 fichas a lo largo de las cuales están incluidos los contenidos conceptuales.<sup>13</sup> También hallamos el itinerario didáctico “*Química, educación ambiental y vida cotidiana: el ozono troposférico*”, cuyo objetivo es dotar a los alumnos de los conocimientos científicos necesarios para comprender las cuestiones relacionadas con el medioambiente. También se busca que sean capaces de valorar la información que aportan los medios de comunicación. De esta manera se ha pretendido facilitar que los alumnos comprendan cómo se forma el ozono troposférico (y también cómo se destruye el ozono de la estratosfera) a través de reacciones en las que intervienen radicales libres.<sup>2</sup>

Otra Unidad Didáctica sobre el ozono, cuyo título es “*Agujeros en la comprensión del estudiante*” aborda los conceptos erróneos frecuentes respecto a la química medioambiental atmosférica. El objetivo de este estudio no sólo es una evaluación cualitativa de las ideas previas que tiene el estudiante de química general sobre el efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono, sino también hacer frente a los errores mediante la implementación de una serie de ejercicios que permitieran a los estudiantes obtener una mejor comprensión conceptual de estos fenómenos. Dado que tanto el calentamiento global y el agotamiento del ozono son sistemas complejos que por lo general están involucrados fenómenos químicos a largo plazo, no se prestan para realizar actividades experimentales en el laboratorio. Estos autores plantearon la hipótesis de que al permitir que los estudiantes exploren los temas del cambio climático y el agotamiento la capa de ozono a través del análisis de los datos utilizando computadora se podría desarrollar una mejor comprensión de los conceptos de los que se pueden generar de la enseñanza tradicional.

---

12.- Hernando Sanz F. J. (2000). Ozono y atmósfera (Una experiencia didáctica de estudio transversal de la contaminación atmosférica en la Enseñanza Secundaria Obligatoria), *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 20, 115-130.

13.- Benedí Gracia, I. (2001) *La contaminación: vivir sin contaminar: unidad didáctica*, 2o. ciclo de Educación Secundaria Obligatoria. Cuaderno del, Colectivo de Educación Ambiental. Editor Gobierno de Aragón, Departamento de Medio Ambiente.

En la Unidad Didáctica anterior, los primeros tres ejercicios se dirigen al ozono troposférico, a la capa de ozono y al efecto invernadero de forma individual, mientras que el cuarto ejercicio implica la integración de estos tres conceptos. Se espera que los estudiantes sean capaces de compartimentar los mecanismos implicados en cada problema y que después puedan examinar la forma en la que los diversos problemas son similares. Además los estudiantes pueden contrastar los distintos mecanismos químicos involucrados y los impactos ambientales.<sup>14</sup> Esta Unidad Didáctica es similar a la nuestra porque como se verá más adelante, nosotros trabajamos una actividad para el ozono estratosférico, otra actividad para el ozono troposférico y una actividad para el efecto invernadero y su relación con el ozono.

En este trabajo se propone una unidad didáctica para el estudio del ozono como sustancia y los efectos que produce. Primero se explica el problema del estudio del ozono dentro de un contexto internacional, para después presentar la propuesta metodológica. Se continúa con el reporte del cambio en las ideas previas de los estudiantes con los que se trabajó la unidad. Las actividades se presentan en dos versiones, una para el profesor que contiene las respuestas que consideramos adecuadas, y una para el estudiante que puede utilizarse por cualquier profesor en cualquier momento. Se presentan también algunas respuestas seleccionadas que se obtuvieron durante la aplicación de la unidad didáctica, para con ellas realizar el análisis del cambio en las ideas.

---

14.- Kerr, S. C. y Walz, K. A. (2007). "Holes" in student understanding: Addressing prevalent misconceptions regarding atmospheric environmental chemistry. *Journal of Chemical Education*, 84(10), 1693-1696.

## Identificación, contextualización, análisis y explicación del problema objeto de estudio.

Especialmente en el caso del tema del ozono existen algunos estudios muy interesantes reportados en la literatura que analizan e investigan las ideas previas y varios conceptos erróneos que la población tiene sobre el tema. Por ejemplo, Cordero (2001) describe que a pesar de que los términos “agotamiento de la capa de ozono” y “agujero de ozono” son reconocidos por la población australiana, no está claro que exista una comprensión real de estos fenómenos.<sup>15</sup> Los australianos piensan que el agujero en la capa de ozono se encuentra sobre Australia y no sobre la Antártida<sup>16</sup>. Daskolia (2006) indica que entre los maestros de preescolar en Grecia se encuentra la confusión profundamente arraigada entre el “agujero de ozono” y el “efecto invernadero”.

En general existe una fusión de las ideas sobre todos los problemas del medioambiente y un énfasis excesivo sobre las consecuencias nocivas del agotamiento de la capa ozono sobre la salud humana<sup>17</sup>. Kalipci (2009) describe que los estudiantes universitarios candidatos a profesores tienen muchos conceptos erróneos acerca del calentamiento global, el efecto invernadero y la capa de ozono<sup>18,19</sup>. Estas ideas previas acerca de la capa de ozono se han encontrado en estudios anteriores en niños de los niveles preescolares, primarios y secundarios. Está claro que estos estudiantes, cuando se conviertan en profesores, les

---

15.- Cordero, E. C. (2001). Misconceptions in Australian students' understanding, of ozone depletion. *Melbourne Studies in Education*, 41, 85-97. Recuperado de [http://www.met.sisu.edu/~cordero/research/Papers/MSIE\\_paper.pdf](http://www.met.sisu.edu/~cordero/research/Papers/MSIE_paper.pdf)

16.- Cordero, E. C. (2001). Is the ozone hole over your classroom?. *Australian Science Teachers' Journal*, 48 (1), 34-39

17.- Daskolia, M., Flogaitis, E. y Papageorgiou, E. (2006). kindergarten teachers' conceptual framework on the ozone layer depletion. Exploring the associative meanings of a global environmental issue. *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 168-178.

18.- Kalipci, E. y Yener, Y. (2009). The Opinions of teacher candidates about global warming. Greenhouse effect and ozone layer. *World Applied Sciences Journal*, 7(1), 67-75.

19.- Khalid, T. (2003). Pre-service high school teachers' perceptions of three environmental phenomena. *Environmental Education Research*, 9(1), 35-50.

enseñarán a sus alumnos estos conceptos erróneos y los pasarán así a la siguiente generación.<sup>20</sup>

En la mayoría de las investigaciones se observa que la población tiene una comprensión limitada del fenómeno y que existen ideas imprecisas entre las personas investigadas. Una de las ideas más equivocadas es la confusión entre el agotamiento de la capa de ozono y el efecto invernadero.<sup>21</sup> Concretamente, la mayoría cree que “el agujero” en la capa de ozono causa un mayor efecto invernadero al permitir que más radiación solar penetre en la atmósfera, provocando que aumente la temperatura de la Tierra. Además, existe una fusión de las relaciones causales entre los problemas del medioambiente en general.<sup>3</sup> Se cree que existe un vínculo entre las distintas formas de contaminación local o global, como el humo o la eliminación de desechos o residuos radiactivos, con el agotamiento del ozono y viceversa. También se cree que el agotamiento del ozono o la contaminación en general producen algunas enfermedades como ataques al corazón.<sup>25</sup>

De lo anterior se infiere que es necesario conectar la enseñanza científica con los problemas reales de la población. El aprender sobre temas ambientales es de suma importancia, porque una población bien informada podrá tomar mejores decisiones, lo que en este caso en particular es de vital relevancia para la supervivencia en la Tierra. Para el estudio de temas ambientales como el efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono se han

---

20.- Kaya, Osman N. (2009). The nature of relationships among the components of pedagogical content knowledge of preservice science teachers: 'ozone layer depletion' as an example. *International Journal of Science Education*, 31(7), 961–988.

21.- Andersson, B. y Wallin, A. (2000). Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO<sub>2</sub> emissions and the problem of ozone layer depletion. *Journal of research in science teaching*, 37(10) 1096-1111.

22.- Boyes, E. y Stanisstreet, M. (1997). Children's models of understanding of two major global environmental issues (ozone layer and greenhouse effect). *Research in Science & Technological Education*; 15 (1), 19-28.

23.- Dove, J. (1996). Student teacher understanding of the greenhouse effect, ozone layer depletion and acid rain. *Environmental Education Research*, 2(1), 89-100.

24.- Fisher, B. (1998). Australian students' appreciation of the greenhouse effect and the ozone hole. *Australian Science Teachers' Journal*, 44(3), 46-55.

25.- Boyes, E., Stanisstreet M. y Papantoniou V. S. (1999). The Ideas of greek high school students about the "Ozone layer". *Science Education*, 83(6), 724-737.



propuesto unidades didácticas con el fin de mejorar su comprensión (Rodríguez, 2009; Borsese *et al.* 2005).<sup>26,2</sup>

En este trabajo, el problema objeto de estudio es el tema del ozono, su producción y sus efectos. La estrategia didáctica que se presenta es una unidad didáctica dentro de un marco constructivista. La selección de objetivos se basa en las ideas previas que se seleccionan para realizar algún cambio en estas ideas. La estrategia didáctica se desarrolla con base en una corriente pedagógica determinada (en este caso el constructivismo)<sup>27,28</sup> y la estrategia de evaluación se trabaja en dos orientaciones: en la evaluación del trabajo de cada individuo y en el análisis del cambio en las ideas previas<sup>29,30,31</sup> (esto se hace a través del mismo instrumento de evaluación que se utiliza para detectar las ideas previas).

A continuación se explica el marco teórico del constructivismo y la forma en la que se detectan las ideas previas.

---

26.- Rodríguez Zavala, O. (2009). *El efecto invernadero: una propuesta didáctica para empezar a entenderlo*, Tesis para obtener el grado de Maestra en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS), Química, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

27.- Coll, C. (1996). Constructivismo y educación escolar: ni hablamos siempre de lo mismo ni lo hacemos siempre desde la misma perspectiva epistemológica. *Anuario de Psicología*, 69, 153-178.

28.- Gil, D. 1999. ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 503-512.

29 .- Bello, S. (2007). Cambio Conceptual, ¿Una o varias teorías?: reseñas del seminario sobre cambio conceptual, Facultad de Química, UNAM.

30.- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69.

31.- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A. y Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11(4), 381-419.

## Marco teórico

### Constructivismo

**E**n su origen el constructivismo es una teoría epistemológica orientada en analizar y resolver los problemas del conocimiento. Fue propuesta y desarrollada por el suizo Jean Piaget y sus numerosos seguidores. Sin embargo, no es una teoría que haya salido sólo de su trabajo. Las raíces del constructivismo se encuentran ya en filósofos del siglo XVIII, como el italiano Vico, según ha mostrado Von Glasersfeld (1995), y también pueden encontrarse en el constructivismo elementos tomados de Kant, Marx o Darwin, entre muchos otros (Delval, 2001).<sup>32</sup>

El constructivismo se basa en explicar cómo el sujeto construye su propio conocimiento, y es útil para los profesores cuando se utiliza como referente, es decir, como una forma de dar sentido a lo que ven, piensan y hacen los estudiantes. Según la posición constructivista, el conocimiento no es una copia fiel de la realidad, sino una construcción que hace el ser humano de ella. Los instrumentos que una persona utiliza para construir sus ideas son principalmente los esquemas que ya posee, es decir, lo que ya construyó previamente en su relación con el medio que le rodea (Carretero, 2006).<sup>33</sup>

El **Modelo Constructivista** está centrado en la persona, en las experiencias previas a partir de las cuales realiza nuevas construcciones mentales. En el campo de la educación, se suele equiparar al constructivismo con la psicología genética de Jean Piaget, a la que se identifica como la “teoría emblemática” constructivista. Dentro de esta teoría, el principal objetivo es conocer cómo se pasa de un estado de menor conocimiento a otro de mayor conocimiento. Estas ideas de Piaget son importantes, pero aún así, algunos autores han criticado al enfoque piagetiano por su aparente desinterés en el papel de la cultura y de los mecanismos de influencia social en el aprendizaje y el desarrollo humano.

---

32.- Delval, J. (2001) Hoy todos somos constructivistas, *Educere*, 5(15), 353-359, recuperado de, <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/356/35651520.pdf>

33.- Carretero M. (1996). Constructivismo y problemas educativos: una relación compleja. *Anuario de psicología*, (69) ,183-188.

Por otro lado, el objetivo de un enfoque sociocultural derivado de las ideas de Vigotsky "es explicar cómo se ubica la acción humana en ámbitos culturales, históricos e institucionales". La unidad de análisis de esta teoría es la acción humana mediada por herramientas como el lenguaje, y de ahí la importancia que se le otorga al análisis del discurso. Con este punto de vista, las tradiciones culturales y las prácticas sociales son las que regulan, transforman y dan expresión al conocimiento humano. En el terreno educativo, esto se ve reflejado en la importancia de la función del profesor y la reelevancia del trabajo cooperativo y de la enseñanza recíproca entre pares.

Dentro de las ideas del constructivismo, se rompe con las convenciones y se desarrolla una teoría del conocimiento en la cual éste ya no se refiere a una realidad objetiva, sino que se refiere exclusivamente al ordenamiento y la organización de un mundo constituido de nuestras experiencias (Von Glasersfeld, 1989). En resumen y como lo señala Piaget, "La inteligencia organiza el mundo organizándose a sí misma". Hoy día se acepta que para la construcción del conocimiento se utilizan las ideas previas de los alumnos, con base en las cuales se realiza un cambio conceptual.

### **Cambio conceptual**

Durante las últimas tres décadas, la investigación ha demostrado que los estudiantes cuando llegan a las clases de ciencias ya cuentan con algunas concepciones e ideas previas sobre los fenómenos y los conceptos que aprenderán. Estas ideas o concepciones no siempre están en armonía con las opiniones científicas y a veces incluso están en contraste fuertemente con ellas. Además estas concepciones e ideas se mantienen con firmeza y con frecuencia son resistentes al cambio. (Duit, 2003)<sup>34</sup>

La investigación sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en el aprendizaje de las ciencias desarrollada en la década de 1970 se basa principalmente en dos perspectivas teóricas. La primera perspectiva son las ideas de Ausubel "el factor más importante que

---

34.- Duit R. y Treagust D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.

influye en el aprendizaje individual es lo que el alumno ya sabe y por lo tanto hay que enseñar de acuerdo al alumno”. La segunda perspectiva teórica fue la idea de Piaget sobre su método de la entrevista clínica y la interacción entre la asimilación y la acomodación, este trabajo está fuertemente influenciado por las concepciones de los estudiantes investigados al centrarse en las explicaciones que ellos dan acerca de los fenómenos científicos. (Treagust, 2008).<sup>35</sup> Por otra parte las ideas Kuhnianas sobre el cambio de teorías en la historia de las ciencias y las ideas constructivistas radicales de personas como Von Glasersfeld (1989) también han integrado el marco teórico del cambio conceptual.<sup>35</sup>

Estos enfoques se centraron en una visión del conocimiento como una construcción, aunque de diferentes maneras, por ejemplo, el constructivismo radical se enfoca en la función del proceso de construcción por parte del individuo. Mientras que el constructivismo social y sus diferentes variantes (incluyendo las perspectivas culturales sociales) toman en cuenta el papel del entorno social de los procesos de construcción individuales. En resumen, las diversas formas de constructivismo se basan en investigaciones sobre el cambio conceptual, algunas se centran en los individuos y otras en los aspectos sociales de la enseñanza de la ciencia.

Se utiliza el término cambio conceptual para el aprendizaje en donde las estructuras conceptuales de los alumnos tienen que ser radicalmente reestructuradas con el fin de permitir la comprensión de los conocimientos previstos, es decir, la adquisición de los conceptos de la ciencia. El cambio conceptual se considera como un proceso equivalente al aprendizaje. El enfoque clásico del cambio conceptual fue introducido por Posner et al. (1982)<sup>36</sup> e implica que el profesor explicita las concepciones alternativas de los alumnos antes de que diseñe una estrategia de enseñanza. El nuevo conocimiento que se enseña no encaja con las concepciones de los alumnos y por lo tanto promueve insatisfacción. Después se introduce un nuevo marco sobre la base de la ciencia formal que pueda explicar

---

35.- Treagust, D. F. y Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education, *Cultural Studies of Science Education*, 3(2), 297-328

36.- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. y Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227

la anomalía. Sin embargo, el progreso conceptual de los estudiantes hacia el entendimiento y el aprendizaje de los conceptos y los principios científicos después de la instrucción es todavía limitado, la mayoría de las investigaciones muestran que las nuevas ideas sólo se utilizan en contextos particulares. Por lo general, lo mejor que se puede lograr es un cambio conceptual periférico en donde la idea inicial se fusiona con las partes de la nueva idea para formar una especie de concepto híbrido o un modelo sintético.<sup>35</sup>

Posner y otros (1982) establecen que el cambio conceptual está condicionado por cuatro situaciones o condiciones (que la nueva concepción sea satisfactoria, inteligible, plausible y fructífera) que deben ser satisfechas para que un nuevo y mejor concepto suplante a otro menos apropiado. Ligada a estas condiciones está la componente de ecología conceptual, que suministra el contexto en el cual ocurre el cambio conceptual.<sup>37</sup> Entre los principales factores que constituyen la ecología conceptual se encuentran los siguientes: anomalías (cuando una persona percibe que los argumentos que tiene, con base a sus conceptos previos, no son suficientes para explicar una situación o fenómeno); analogías y metáforas, (elementos y representaciones de apoyo que le permiten a los sujetos crear condiciones para la comprensión de un concepto); imágenes y prototipos (esquemas previamente construidos para dar cuenta de procesos o mecanismos explicatorios); y mecanismos de compromisos epistemológicos.<sup>29</sup>

De tal manera que el cambio conceptual ocurre porque existen las condiciones, porque hay una idea previa, que dentro de un entorno conceptual, funciona como medio de interpretación y explicación de cierta clase de problemas, procesos o fenómenos. Así las concepciones no son entidades aisladas, sino que están relacionadas de manera estrecha con otras concepciones. La idea constructivista del aprendizaje implica la consideración de dos cuestiones relacionadas: el significado del aprendizaje como cambio conceptual llevado a cabo por los propios estudiantes bajo la supervisión del docente, y la enseñanza como un proceso de encadenamiento de sucesivos cambios conceptuales a medida que el alumno progresa en su desarrollo intelectual y cognitivo (Laburu, 1996).

---

37.- Laburu, C. E. (1996). La crítica en la enseñanza de las ciencias: constructivismo y contradicción. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 93-101.

Por otra parte se asume que el cambio conceptual procede a través de modificaciones graduales del modelo mental que uno tiene acerca del mundo físico. Esto se logra a través de un proceso de enriquecimiento o de revisión. Este último es muy difícil de alcanzar y es muy probable que en el proceso se generen concepciones alternativas.

### **Ideas previas**

Un tema importante de la investigación de la enseñanza de las ciencias a lo largo de las últimas décadas ha sido el estudio de las concepciones de los alumnos o las interpretaciones de los fenómenos científicos. Los alumnos construyen ideas sobre el funcionamiento de la naturaleza mucho antes de llegar a una clase de ciencias. A este conocimiento con que el alumno interpreta y explica los hechos y fenómenos naturales, se le ha asignado una gran variedad de términos, tales como: concepciones alternativas, preconcepciones, concepciones erróneas, concepciones espontáneas, ciencia intuitiva, ideas previas, errores conceptuales, ciencia de los niños, creencias ingenuas, ideas erróneas, teorías culturales, modelos personales de la realidad, etcétera. (García 2006, Talanquer 2005, Mintzes y Novak, 1994).

El término “concepciones alternativas” ha sido generalmente aceptado y utilizado ampliamente en la literatura (Wandersee, Mintzes y Novak, 1994, Talanquer 2005, García 2006) para describir tanto los conceptos erróneos como los puntos de vista de la ciencia que están en desacuerdo con los conceptos aceptados en la actualidad por la comunidad científica. Con este término se toman en cuenta las ideas de los alumnos como concepciones personales que tienen significado y utilidad para interpretar cierta fenomenología y es preferentemente usado por los expertos en el área porque no implica una denominación en sentido negativo, esto es, considerarlas como un error de comprensión o un conocimiento incompleto, denotación que está implícita en el término "error conceptual" (misconception).

En general se denomina "idea previa" a la concepción que tienen los estudiantes antes de la intervención. Este término se refiere a una concepción que no ha sido transformada por la acción escolar y es fácilmente identificable por los profesores. Nosotros en esta tesis les denominamos ideas previas a las concepciones que constituyen la estructura cognitiva del alumno y serán las herramientas conceptuales que utilice para hacer evidente la nueva información que se incorpore en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A continuación se resumen las características principales de las ideas previas (Wandersee, 1994)<sup>38</sup>

1. Las ideas previas de los estudiantes se encuentran presentes de manera semejante en diversas edades, género y culturas.
2. Las ideas previas no se modifican por medio de la enseñanza tradicional de la ciencia.
3. Las ideas previas a menudo son explicaciones paralelas de los fenómenos naturales que ofrecieron las anteriores generaciones de científicos y filósofos.
4. Los orígenes de las ideas previas se encuentran en las experiencias de los sujetos con relación a fenómenos cotidianos, en la correspondencia de interpretación con sus pares y en la enseñanza que se ha recibido en la escuela.
5. Los profesores, frecuentemente, comparten las ideas previas de los alumnos
6. Las ideas previas interfieren con lo que se enseña en la escuela teniendo como resultado que el aprendizaje sea deficiente, con importante pérdida de coherencia.
7. Es posible modificar las ideas previas por medio de estrategias orientadas al cambio conceptual.

---

38.- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., y Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. En D. Gabel (Ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: Simon & Schuster Macmillan, 177-210.

Las características esenciales de la acción constructivista son básicamente cuatro (Flores R., 1993):<sup>39</sup>

1. Se apoya en la estructura conceptual de cada alumno, parte de las ideas previas que el alumno trae sobre el tema de la clase.
2. Prevé el cambio conceptual que se espera de la construcción activa del nuevo concepto y su repercusión en la estructura mental.
3. Confronta las ideas y preconceptos afines al tema de enseñanza, con el nuevo concepto científico que se enseña.
4. Aplica el nuevo concepto a situaciones concretas (y lo relaciona con otros conceptos de la estructura cognitiva) con el fin de ampliar su transferencia.

Las condiciones necesarias para potenciar la enseñanza constructivista son:

- Generar insatisfacción con las ideas previas (facilitando que los alumnos caigan en cuenta de su incorrección).
- Que la nueva concepción empiece a ser clara y distinta a la anterior.
- Que la nueva concepción muestre su aplicabilidad a situaciones reales.
- Que la nueva concepción genere nuevas preguntas.
- Que el estudiante observe, comprenda y critique las causas que originaron sus prejuicios y nociones erróneas.

---

39.- Flórez, R. (1993). *Hacia una pedagogía del conocimiento*. Santafé de Bogotá, Mc Graw Hill



## Propuesta metodológica

**E**ste trabajo se realizó con estudiantes de primer y segundo semestre de la asignatura de Química del Colegio de Ciencias y Humanidades (Plantel Sur) durante los ciclos escolares 2009, 2010 y 2011. En primer lugar se elaboró un instrumento de evaluación (cuestionario piloto) que nos permitió conocer las ideas previas de los estudiantes. El cuestionario se modificó y mejoró. Con base en las ideas previas se hizo una secuencia didáctica, que fue la que se trabajó con los estudiantes del bachillerato. El instrumento de evaluación se utilizó para detectar los cambios en las ideas previas, después de realizadas las actividades de la secuencia didáctica.

### ***Diseño del instrumento de Evaluación***

Para reconocer las ideas previas se elaboró un instrumento (cuestionario piloto) que se basó en uno reportado previamente (Borsese 2005)<sup>2</sup> cuya finalidad era determinar el nivel de conocimiento que tenían los alumnos sobre el ozono y su relación con el fenómeno de la contaminación. El cuestionario que se utilizó en este trabajo consta de doce preguntas que permiten deducir si los alumnos confunden o no el ozono estratosférico con el troposférico. Primero se aplicó a un grupo de diez profesores que eran estudiantes de la Maestría en Educación Media Superior MADEMS, UNAM. Con base en sus respuestas se hicieron las primeras modificaciones. Posteriormente se aplicó a un grupo de 20 alumnos, a los cuales se les proporcionaron las mismas preguntas pero sin opciones de respuesta (preguntas abiertas). Esto nos llevó a reconocer las diferentes opciones de respuesta y permitió hacer las correcciones pertinentes. Por ejemplo, se identificaron como principales respuestas que el ozono produce daños en la salud de las personas, protege a la tierra de los rayos UV, y contribuye al calentamiento global de la Tierra. Por esta razón se incluyeron estas opciones en el instrumento final. Finalmente, el cuestionario se utilizó con tres grupos durante el ciclo escolar 2009-2010. Los grupos fueron 44 estudiantes del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur (CCH); 41 alumnos y alumnas que cursaban el segundo semestre de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México; y 24 estudiantes que cursaban el último semestre de la licenciatura en Ingeniería en Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Estos resultados fueron publicados en la

revista Educación Química (Martínez *et al* 2010)<sup>40</sup> cuya copia se incorpora en el Anexo A. Cómo se observa en el artículo, el instrumento se consideró adecuado para el propósito de este trabajo, que es la identificación de las ideas previas sobre el tema del ozono que tienen los alumnos. De este cuestionario se desprenden las siguientes ideas previas, mismas que se utilizaron en la elaboración de la secuencia didáctica.

### Ideas Previas

Del cuestionario se concluye que algunos estudiantes:

- a) definen al ozono como una disolución;
- b) confunden los efectos en la salud que provoca el ozono que está en la troposfera con los que produce el ozono situado en la estratosfera;
- c) consideran que la disminución del ozono en la estratosfera es provocada por el humo de los autos y de las fábricas;
- d) no relacionan el aumento de la cantidad de ozono en la troposfera con el humo de los autos y de las fábricas;
- e) relacionan la disminución de la capa de ozono en la estratosfera con el calentamiento global.

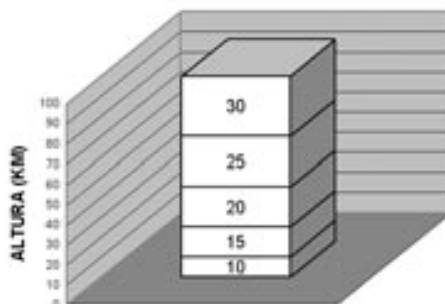
De la aplicación del cuestionario y del análisis de los resultados, se obtuvieron las ideas previas y los elementos para el diseño de la propuesta didáctica. Como se puede observar en el marco teórico de este trabajo, el constructivismo se apoya en la estructura conceptual de cada alumno, y parte de las ideas previas que un estudiante tiene sobre el tema, por lo que es imperante reconocerlas. Posteriormente se busca el cambio conceptual, el cual deberá provenir de la construcción activa del nuevo concepto y su repercusión en la estructura mental. Para esto es necesario que el alumno confronte lo que sabe con lo que aprende. El cambio conceptual se realizará si logra aplicar este conocimiento a otra situación en concreto, pero esto no se puede evaluar con este trabajo ya que es un cambio a largo plazo.

---

40.- Martínez A. et al. (2010). ¿Conceptos fundamentales o fundamentos para vivir mejor?. *Revista Educación Química*, 21(3), 198-201.

## Instrumento de evaluación

1. Como puedes observar en la figura siguiente, la atmósfera está dividida en diversas zonas o estratos. ¿En cuál de esas zonas está presente el ozono troposférico?



2. ¿Qué es el ozono?

- a) una radiación    b) un virus    c) una disolución    d) un gas    e) un sólido

3. ¿Qué acción contribuye a aumentar la cantidad de ozono en la troposfera?

- a) evitar utilizar ciertos aerosoles                      b) cerrar la llave del agua  
c) usar el automóvil    d) usar teléfonos celulares  
e) tirar las pilas en lugares abiertos

4. ¿Qué contaminantes se encuentran involucrados en la formación del ozono troposférico?

- a) óxidos de azufre                      b) óxidos de carbono                      c) dióxidos de carbono  
d) clorofluocarbonos                      e) óxidos de nitrógeno

5. El ozono troposférico se forma por la interacción de la radiación ultravioleta con:

- a) el dióxido de carbono                      b) los clorofluocarbonos                      c) los óxidos de nitrógeno  
d) los óxidos de carbono                      e) los óxidos de azufre

6. El aumento de ozono troposférico:

- a) produce daños en la salud de las personas  
b) protege a la tierra de los rayos ultravioleta  
c) disminuye la capa de ozono  
d) produce beneficios en la salud de las personas  
e) contribuye al calentamiento global de la tierra

**7 ¿El ozono es un problema o una ventaja?**

.....  
.....  
.....  
.....

**8. Se puede decir que la disminución del ozono estratosférico provoca:**

- a) un aumento del calentamiento global
- b) mayor protección de la radiación ultravioleta
- c) un aumento del efecto invernadero
- d) menor protección de la radiación ultravioleta
- e) mayor formación del ozono atmosférico

**9. Para evitar los problemas de salud causados por el ozono, ¿tu que puedes hacer?**

.....  
.....  
.....  
.....

**10. ¿Por qué se acumula el ozono en la troposfera?**

- a) porque es una molécula muy estable
- b) porque reacciona con otras sustancias que lo estabilizan
- c) porque es una molécula muy reductora
- d) porque reacciona con los rayos ultravioleta del Sol
- e) porque es una molécula muy oxidante

**11. ¿Qué acción contribuye a aumentar la cantidad de ozono en la estratosfera?**

- a) Evitar utilizar ciertos aerosoles.
- b) Cerrar la llave del agua
- c) Usar el automóvil.
- d) Usar teléfonos celulares
- e) Tirar las pilas en lugares abiertos



**12. La capa de ozono es:**

- a) Una membrana que protege al ozono atmosférico.
- b) Un estrato de ozono.
- c) Una especie de bolsa de la atmósfera en la cual el ozono se sitúa para conservarse.
- d) Una característica que permite reconocer al ozono.
- e) La parte externa del ozono.

Las consideraciones que se hicieron para cada una de las preguntas son las siguientes.

Pregunta 1. Con esta pregunta se reconoce lo que saben los estudiantes de la ubicación del ozono troposférico. Se espera que lo ubiquen entre 5 y 18 Km de altitud y que sepan que el ozono troposférico está próximo a la superficie terrestre, donde es nocivo para el ambiente y la salud del hombre. Para trabajar este concepto de ubicación del ozono troposférico se utiliza la actividad 1.

Pregunta 2. Con esta pregunta se realiza una indagación sobre lo que conocen los estudiantes de la naturaleza del ozono. Aunque ellos saben en su mayoría que se trata de un gas, algunos tienen la idea de que es una disolución. La composición del ozono se trabaja en la actividad 1.

Preguntas 3, 4 y 5. Con estas preguntas se analiza lo que saben los estudiantes sobre la producción del ozono troposférico. Se espera que reconozcan que ciertos gases emitidos a la atmósfera por el uso de vehículos ocasionan un aumento de ozono en la troposfera. Estos conceptos se trabajan en las actividades 2 y 3.

Preguntas 6, 7, 8 y 9.

Con estas preguntas se indaga sobre lo que saben de los efectos del ozono troposférico. Para la pregunta 6, la respuesta correcta es que produce daños en la salud de las personas. Si los estudiantes contestan las otras opciones es porque lo confunden con el ozono estratosférico o porque lo relacionan erróneamente con el calentamiento global. Para la pregunta 7 la respuesta correcta es que el ozono es tanto una ventaja como un problema, dependiendo de su ubicación en la atmósfera. Si los estudiantes contestan correctamente es porque reconocen que el ozono tiene dos efectos para la vida en el planeta. Con las respuestas a las preguntas 8 y 9 se corrobora lo anterior. Estos conceptos se trabajan en las actividades 2, 3 y 4.

Pregunta 10. Con esta pregunta se realiza una indagación sobre lo que saben los estudiantes acerca de la reactividad del ozono. Pueden reconocerlo como una molécula muy oxidante e inestable y es correcto; sin embargo, lo que hace que al nivel de la troposfera se acumule es que reacciona con los óxidos de nitrógeno que lo estabilizan haciendo que aumente su concentración. La opción sobre los rayos ultravioleta nos permite seguir reconociendo la posible confusión con el ozono estratosférico.

Preguntas 11 y 12. Estas dos preguntas se refieren a la capa de ozono. En este estudio estas preguntas y las anteriores servirán como un referente, ya que al no ser trabajadas no se espera ningún cambio conceptual, mientras que si se pretende observar este cambio en los temas asociados a las preguntas que se trabajan en alguna actividad.

### **Desarrollo de la Unidad Didáctica**

Esta Unidad Didáctica se diseñó para mejorar la comprensión del tema del ozono. Cada estrategia de enseñanza-aprendizaje se probó de manera aislada para ver su funcionalidad. Los cuestionarios, los dibujos, los mapas mentales o conceptuales, se utilizaron con 24 estudiantes que cursaban el primer semestre de Química I del CCH-Plantel Sur, lo cual nos permitió seleccionar posteriormente las estrategias a utilizar en el diseño de la secuencia. La unidad didáctica se trabajó con un grupo de 22 estudiantes que cursaban el segundo semestre de Química II del CCH-Plantel Sur, durante el ciclo escolar 2010-2011. Con base en los resultados de esta experiencia se modificó el orden de las actividades, y se corrigieron algunas indicaciones que se detectaron como poco específicas porque llevaban a la confusión de los estudiantes sobre lo que se esperaba de ellos. Finalmente esto nos permitió tener una nueva unidad, que se trabajó con otro grupo de 25 estudiantes de segundo semestre de la asignatura de Química del CCH-Plantel Sur, durante el ciclo escolar 2010-2011. Los resultados que se presentan a continuación en esta tesis corresponden a las respuestas de este último grupo de trabajo. Sólo con este grupo se analizó el cambio en las ideas, los otros grupos se utilizaron para mejorar la Unidad Didáctica.

El tema del ozono en el programa de Química I se estudia al final de la Unidad II. El programa considera que este tema debe verse en un total de cuatro horas, es decir en dos sesiones de dos horas. Considerando el contenido temático de la asignatura de Química I del CCH y algunas de las ideas previas previamente identificadas, la secuencia didáctica se estructuró en seis actividades, que se realizan en tres sesiones. Desde nuestro punto de vista, el abarcar un mayor número de horas de las que son consideradas en el programa de la asignatura se justifica, porque el tema del ozono constituye un problema ambiental importante en nuestros días y sobre todo para los habitantes de la Ciudad de México.

Para diseñar la Unidad Didáctica se utilizó la metodología de Sánchez y Varcárcel<sup>41,42</sup> (1993) la cual considera cinco componentes principales: el análisis científico, el análisis

---

41.- Sánchez, B. y Varcárcel, M. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, 11 (I), 33-44

didáctico, la selección de objetivos, la selección de la estrategia didáctica, y la selección de la estrategia de evaluación. De acuerdo con esta propuesta, los objetivos del análisis científico son la reflexión y la actualización científica del profesor, así como la estructuración de los contenidos.

El análisis didáctico debe centrarse en la capacidad cognitiva del alumno, por ser un factor que determina lo que es capaz de hacer y aprender el estudiante en cualquier situación. Esta capacidad se reconoce con las ideas previas, que son útiles no sólo para detectar los errores, sino también los aciertos, ya que ambos constituyen la estructura cognitiva del alumno y ambos serán las herramientas conceptuales que utilice para hacer evidente la nueva información que se incorpore en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Con base en esto, la elaboración de esta secuencia didáctica parte del conocimiento de algunas ideas previas que los estudiantes tienen sobre el tema del ozono.

De acuerdo a esta metodología la selección de los objetivos guía el proceso de enseñanza-aprendizaje, además nos marcan la dirección hacia donde queremos dirigirnos. Los objetivos para el diseño de la estrategia didáctica son que los estudiantes puedan.

- a) definir al ozono como una sustancia gaseosa;
- b) reconocer que el ozono para el ser humano es una sustancia tóxica cuando se encuentra en la troposfera, y una sustancia protectora cuando se sitúa en la estratosfera;
- c) identificar que la contaminación producida por los automóviles produce un aumento en la cantidad de ozono troposférico, pero no afecta la concentración del ozono en la estratosfera;
- d) distinguir que la disminución de la capa de ozono en la estratosfera no está relacionada con el calentamiento global.

En la selección de la estrategia didáctica de acuerdo con esta metodología se debe tomar en cuenta la estructuración de los contenidos, las ideas previas de los alumnos y los objetivos.

---

42.- García Franco, Alejandra y Garritz Ruiz, Andoni. 2006. Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias.*, 24(1), 111-124

Además para realizar la unidad didáctica es necesario considerar los planteamientos metodológicos para la enseñanza, diseñar la secuencia global, seleccionar actividades y elaborar los materiales de aprendizaje. Las estrategias de enseñanza tienen la intención de facilitar el aprendizaje significativo de los alumnos. Las estrategias seleccionadas han demostrado, en diversas investigaciones, su efectividad al ser introducidas como apoyo en la enseñanza ocurrida en la clase (Díaz-Barriga, 2002). En la Actividad 1 de esta unidad didáctica se cuenta con una lectura que contiene información básica del tema, seguida de la elaboración de un cuadro para organizar las ideas y de un dibujo para representarlas. Esto permite dar un contexto organizativo a la nueva información. La Actividad 2 tiene una lectura, seguida de la realización de un dibujo que nos permitirá crear o potenciar enlaces adecuados entre los conocimientos previos y la información nueva que el estudiante ha de aprender. También durante esta actividad se le pide que resuma las reacciones químicas de la formación del ozono a nivel de la troposfera, lo que permite que el estudiante modele con ecuaciones químicas lo que observa en el texto.

Durante la Actividad 3 se presenta una noticia real y un cuestionario. El alumno al contestar estas preguntas debe ser capaz de relacionar esta información con sus ideas previas. En esta actividad también se pide elaborar una gráfica, analizarla y obtener información a partir de ella. Con esto el alumno integra y relaciona la nueva información que ha de aprenderse, con los conocimientos previos pertinentes. Además realizará un mapa mental, lo que le permitirá organizar, agrupar y clasificar la información, con la intención de lograr una representación correcta de las ideas, explotando ya sea las relaciones posibles entre distintas partes de la información y/o las relaciones entre la información que se ha de aprender y las formas de organización esquemática internalizadas por el estudiante.

La Actividad 4 también cuenta con una lectura básica de los clorofluorocarbonos y el ozono estratosférico. En esta actividad los estudiantes escriben un texto sobre el adelgazamiento de la capa de ozono, con lo cual se favorece el desarrollo de habilidades como organizar información, describir fenómenos científicos y facilitar la comprensión del tema. En la Actividad 5 al igual que en otras actividades se les presenta al alumno una lectura con la información básica del tema, seguida de la elaboración de un dibujo sobre el efecto



invernadero lo que permite que el alumno haga un vínculo de sus ideas previas con la nueva información. Además contestan un cuestionario con una serie de preguntas que favorecerán el conflicto cognitivo. La última actividad es un cuestionario de diez preguntas de falso y verdadero, que permitirá reconocer el aprendizaje alcanzado por los alumnos. A continuación se presentan las actividades que se realizaron.

### **Actividad 1. ¿Dónde está el ozono?**

El propósito de la actividad es que los alumnos completen y organicen información sobre la atmósfera, lo que les ayudará a identificar cada una de sus capas. Posteriormente utilizan la información para realizar un dibujo a escala que permita explicar las capas de la atmósfera y situar en ésta al ozono. Es necesario que también reflexionen sobre las preguntas “¿dónde se encuentra el ozono?”, y “¿cuál es la función de la capa de ozono?”.

### **Actividad 2. ¿Qué es el ozono y cómo se forma**

Con esta actividad se busca que el alumno reconozca que el ozono es un gas, y conozca sus reacciones de formación. Además logrará distinguir entre los efectos y las funciones que tiene el ozono, dependiendo de su localización en la atmósfera.

### **Actividad 3. El ozono en la troposfera**

El propósito de esta actividad es que reconozcan la presencia del ozono en la troposfera y sus efectos contaminantes. También estudiarán las reacciones de formación del ozono y la participación de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). Por otra parte se busca que los alumnos identifiquen que el ozono se forma en la troposfera a partir de los contaminantes primarios como los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y también como resultado de la combustión de los hidrocarburos.

### **Actividad 4. El ozono en la estratosfera**

El propósito de esta actividad es que los alumnos puedan identificar que el ozono en la estratosfera evita que llegue la radiación ultravioleta a la superficie de la tierra, indaguen sobre el adelgazamiento de la capa de ozono, y que reconozcan que en las últimas décadas se ha disminuido la capa de ozono por la utilización de algunas sustancias químicas.

**Actividad 5. El efecto invernadero y su relación con el ozono.**

El propósito de esta actividad es que cada los estudiantes busquen información específica que les permita aclarar algunas ideas alternativas que existen de este tema, como la idea de que el “agujero” de la capa de ozono está relacionado con el calentamiento global.

**Actividad 6. ¿Qué tanto sabes?**

Esta actividad tiene como objetivo evaluar lo que sabe el estudiante después de realizar todas las actividades. Esto, junto con la aplicación del cuestionario inicial, nos permitirá detectar algún cambio en las ideas previas.

A continuación se presenta la Unidad Didáctica completa en la versión para el profesor, donde se encuentran los datos generales del programa de estudio, el contenido temático, los aprendizajes, las habilidades y las actitudes esperadas, así como las ideas previas y las orientaciones didácticas que pueden ayudar al profesor en el desarrollo de las actividades. Además se presentan en *itálicas* las respuestas esperadas, que puedan servir como una guía para el profesor. En el Anexo I se encuentra la versión para el estudiante sin respuestas, que el profesor puede utilizar directamente con los estudiantes.

## **Unidad didáctica**

### **Versión para el Profesor**

#### **Datos generales**

Plan de estudios: Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH UNAM)

Asignatura: Química I

Semestre: Primer semestre

#### **Programa**

Unidad II. Oxígeno, componente activo del aire.

#### **Contenido temático:**

El ozono, su formación en la atmósfera como resultado de la combustión de hidrocarburos. Su efecto sobre la salud. Formación natural de ozono. La capa protectora de ozono y su función en la preservación de la vida

#### **Aprendizajes esperados**

- 1) Diferenciar los efectos del ozono cuando se sitúa en distintas capas de la atmósfera, reconociendo que es la misma molécula.
- 2) Reconocer la importancia de la presencia del ozono en las capas altas de la atmósfera
- 3) Entender los efectos nocivos del ozono en las capas bajas de la atmósfera

#### **Habilidades y actitudes**

- 1) Incrementar la capacidad de indagación e interpretación, el razonamiento verbal y escrito.
- 2) Incrementar las habilidades en la búsqueda de la información, el análisis y la síntesis.
- 3) Reconocer el trabajo colectivo como enriquecedor de la experiencia individual.
- 4) Desarrollar una actitud crítica hacia el uso de la tecnología.

### **Conocimientos previos, los estudiantes,**

- piensan que la disminución de la capa ozono es provocada por el humo de los autos y de las fábricas;
- creen que el 'agujero' de la capa de ozono permite que llegue mayor radiación ultravioleta a la tierra, y esto produce un aumento del efecto invernadero, cuyo resultado es el calentamiento global;
- relacionan el adelgazamiento de la capa de ozono con el efecto invernadero;
- confunden el efecto del ozono en la troposfera con el que se ubica en la estratosfera.

### **Desarrollo**

Esta unidad didáctica consta de las siguientes seis actividades:

#### **Actividad 1. ¿Dónde está el ozono?**

El propósito de la actividad es que los alumnos completen y organicen información sobre la atmósfera, lo que les ayudará a identificar cada una de sus capas. Posteriormente utilizan la información para realizar un dibujo a escala que permita explicar las capas de la atmósfera y situar en ésta al ozono. Es necesario que también reflexionen sobre las preguntas “¿dónde se encuentra el ozono?”, y “¿cuál es la función de la capa de ozono?”;

#### **Actividad 2. ¿Qué es el ozono y cómo se forma?**

Con esta actividad se busca que el alumno reconozca que el ozono es un gas, y conozca sus reacciones de formación. Además logrará distinguir entre los efectos y las funciones que tiene el ozono, dependiendo de su localización en la atmósfera;

#### **Actividad 3. El ozono en la troposfera**

El propósito de esta actividad es que reconozcan la presencia del ozono en la troposfera y sus efectos contaminantes. También estudiarán las reacciones de formación del ozono y la participación de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). Por otra parte se busca que los alumnos identifiquen que el ozono se forma en la troposfera a partir de los contaminantes primarios

como los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y también como resultado de la combustión de los hidrocarburos;

**Actividad 4. El ozono en la estratosfera.**

El propósito de esta actividad es que los alumnos puedan identificar que el ozono en la estratosfera evita que llegue la radiación ultravioleta a la superficie de la tierra, indaguen sobre el adelgazamiento de la capa de ozono, y que reconozcan que en las últimas décadas se ha disminuido la capa de ozono por la utilización de algunas sustancias químicas;

**Actividad 5. El efecto invernadero y su relación con el ozono.**

El propósito de esta actividad es que cada equipo busque información específica que les permita aclarar algunas ideas alternativas que existen de este tema, como la idea de que el “agujero” de la capa de ozono está relacionado con el calentamiento global.

**Actividad 6. ¿Qué tanto sabes?** Esta actividad tiene como objetivo evaluar lo que sabe el estudiante después de realizar todas las actividades. Esto, junto con la aplicación del cuestionario inicial, nos permitirá detectar el cambio conceptual.

### **Actividad 1. ¿Dónde está el ozono?**

#### **Objetivos**

- Recordar la estructura, la composición, los efectos de la atmósfera terrestre, y su importancia para la vida en el planeta.
- Ubicar el ozono en la atmósfera.

#### **Materiales y recursos necesarios**

- Cuaderno de trabajo
- Lápiz o bolígrafo
- Bibliografía y textos con información sobre el ozono

#### **Tiempo de duración**

60 minutos

#### **Ideas previas**

Los alumnos definen al ozono como una disolución, y suelen confundir el ozono estratosférico con el troposférico.

#### **Orientaciones didácticas**

El profesor debe proporcionar el material impreso a los estudiantes.

Los estudiantes comenzarán esta sesión leyendo el texto que se proporciona (El filtro de ozono de la Tierra). El propósito de la actividad es que los alumnos organicen la información que está en el cuadro siguiente y la coloquen en un esquema que les ayude a identificar las capas de la atmósfera. Posteriormente utilizarán esta información para realizar un dibujo a escala, que permita explicar las capas de la atmósfera y situar en ésta al ozono. En el cuadro se contempla una pregunta sobre la capa de ozono cuya información no está contenida en la lectura, para que los estudiantes escriban lo que saben del tema. El trabajo se realizará de manera individual. Se propone una discusión grupal con el profesor para definir las ideas.

## Lectura 1. El filtro de ozono de la Tierra

### La atmósfera

La atmósfera es la capa gaseosa que rodea a la Tierra, tiene 1000 Km. de espesor, y su composición y su temperatura cambian dependiendo de la altitud. Se encuentra unida al planeta gracias a la acción de la fuerza de la gravedad. Resulta esencial para la vida, ya que impide el calentamiento y el enfriamiento excesivo de la superficie terrestre: durante el día absorbe parte de la energía calorífica que producen los rayos solares y por la noche impide el excesivo enfriamiento al retener el calor que el suelo irradia hacia el espacio. También protege de las radiaciones del Sol más nocivas para los seres vivos, los rayos ultravioleta. En ella se encuentran entre otras sustancias el CO<sub>2</sub>, necesario para la fotosíntesis, y el O<sub>2</sub>, necesario para la respiración. En sus capas inferiores se produce la circulación atmosférica y la mayor parte de los fenómenos meteorológicos que determinan el tiempo meteorológico y el clima. Desde el punto de vista de la temperatura se divide en las siguientes capas.

La troposfera es la capa más próxima a la superficie terrestre y tiene un espesor medio de 12,5 Km que varía entre 8 km (zonas polares) y 18 km (ecuador). Contiene la mayor parte del vapor de agua de la atmósfera y en ella se producen los fenómenos meteorológicos.

La estratosfera se extiende hasta los 50 Km. En su límite superior alcanza una temperatura de 0 °C. Apenas hay nubes y el aire es muy ligero. Aquí se forma el ozono (oxígeno triatómico) que absorbe una importante parte de las radiaciones ultravioletas del Sol, dañinas para los seres vivos.

La mesosfera se extiende hasta los 80 kilómetros y la temperatura desciende hasta los – 90 °C en su parte superior; la termosfera se encuentra entre los 90 y los 800 kilómetros de altura en ella la temperatura aumenta hasta alcanzar los 1,500 °C en el límite superior.

La atmósfera puede dividirse también según su composición. Así la homosfera abarca desde la superficie terrestre hasta los 80 Km. y se caracteriza por una relativa constancia en los porcentajes de los constituyentes del aire. La heterosfera, a partir de 80 Km., es de composición heterogénea. La ionosfera (entre 50 y 500 Km.) se caracteriza porque átomos y moléculas están ionizados. Por encima de ella está la exosfera, frontera entre la atmósfera y el espacio exterior.

La atmósfera de la Tierra no siempre ha sido como la conocemos ahora. Su composición ha cambiado a través de los años, aunque su composición actual ha variado poco desde hace 2,000 millones de años. Algo que modificó mucho la composición de la atmósfera fue la aparición de los seres vivos que realizan la fotosíntesis. Al inicio tuvo una capital importancia la aparición de los seres vivos fotosintetizadores que aportaron el oxígeno.

### Ejercicio 1. Composición de la atmósfera

Después de leer cuidadosamente la Lectura 1 “El filtro de ozono de la Tierra”, completa la información y posteriormente utilízala para realizar un dibujo a escala que te permita explicar las capas de la atmósfera y situar al ozono.

Tema	Descripción
Termosfera	<i>Significa literalmente “esfera caliente”. Es la capa exterior de la atmósfera</i>
Ionosfera (desde los 90 km, mide 350 Km)	<i>La mayor parte de la radiación más intensa es absorbida aquí. Se caracteriza por estar formada por iones</i>
Mesosfera	<i>Esta capa es la cuarta más alta en la atmósfera. Esta entre la ionosfera y la estratosfera. Aquí la temperatura desciende hasta los -90 °C</i>
Estratosfera (hasta los 50 Km)	<i>La estratosfera se extiende hasta los 50 Km. En su límite superior alcanza una temperatura de 0 °C. Apenas hay nubes y el aire es muy ligero. Aquí se forma el ozono.</i>
Capa de ozono (a 50 Km)	<i>Esta es la capa que se encuentra en la parte superior de la estratosfera y donde se absorbe la mayor cantidad de rayos UV. Demasiada radiación puede causar daños a los seres vivos, por lo cual esta capa es fundamental para proteger la vida en la Tierra.</i>
Troposfera (entre 8 y 18 Km)	<i>Contiene la mayor parte del vapor de agua, razón por la cual es allí donde ocurren la mayoría de los acontecimientos climáticos.</i>

Cuadro 1. La composición de la atmósfera



## Ejercicio 2. Dibujando la atmósfera

Utiliza la información para realizar un dibujo a escala que te permita explicar las capas de la atmósfera y situar en ésta al ozono.

1, Relaciona tu dibujo con la información contenida en el texto “El filtro de ozono de la Tierra” y añádale la información que te falte

Tema	Dibujo
Termosfera	
Ionosfera (desde los 90 km, mide 350 Km)	
Mesosfera	
Estratosfera	
Capa de ozono	
Troposfera	

Cuadro 2. El dibujo de la atmósfera

2. Explica qué es el ozono

El ozono es una sustancia gaseosa cuyas moléculas tienen tres átomos de oxígeno ( $O_3$ ) que se forma constantemente en la atmósfera por la acción de la radiación ultravioleta del Sol sobre las moléculas de oxígeno.

3. Explica ¿Cuáles son los efectos de la capa de ozono?

Disminuir la radiación UV del Sol

**Actividad 2. ¿Qué es el ozono y cómo se forma?****Objetivos**

- Conocer y explicar lo que es el ozono;
- Conocer el mecanismo de formación del ozono en la troposfera y en la estratosfera;
- Distinguir entre los efectos y las funciones que tiene el ozono dependiendo de su localización en la atmósfera;
- Reconocer que el ozono es una sustancia tóxica cuando se encuentra en la troposfera, y una sustancia protectora cuando se sitúa en la estratosfera.

**Materiales y recursos necesarios**

- Cuaderno de trabajo
- Lecturas
- Lápiz o bolígrafo
- Bibliografía y textos con información sobre el ozono

**Tiempo aproximado**

60 minutos

**Orientaciones didácticas**

El trabajo se realizará de manera individual. Los alumnos deben de contestar todas las actividades indicadas. Trabajarán con la lectura “El ozono en la troposfera y el ozono en la estratosfera” y una lista de ejercicios. Se sugiere que los estudiantes lean y respondan de manera individual para que después lo puedan discutir en equipo. Para finalizar se propone una discusión grupal con el profesor para definir las ideas

Los estudiantes identificarán qué es, cómo se produce y cómo se destruye el ozono y explicarán porqué es importante el ozono estratosférico. Con estas actividades se busca que el alumno conozca el mecanismo de formación del ozono en la troposfera y en la estratosfera. El alumno podrá distinguir entre los efectos que tiene el ozono dependiendo de su localización en la atmósfera.

## Lectura 2. El ozono en la troposfera y el ozono en la estratosfera

Cuando hablamos de ozono podemos encontrar titulares en los medios de comunicación relacionándolo con el agujero de la capa de ozono, con la contaminación y hasta con el cáncer de la piel; pero por qué merece una molécula sola tal cobertura en los medios de comunicación. ¿Por qué es importante el ozono y por qué están tan preocupados los científicos sobre su aumento cerca de la superficie de la tierra y su desaparición en la parte más alta de la atmósfera?

### El ozono en la estratosfera

El ozono se encuentra en la estratosfera formando la capa de ozono. La capa de ozono está localizada en una altitud aproximada de 15 a 30 kilómetros en la parte baja de la estratosfera. El ozono forma una capa más delgada en la estratosfera localizada en las zonas tropicales (alrededor del ecuador) y más densa hacia los polos.

El ozono es una sustancia gaseosa cuyas moléculas tienen tres átomos de oxígeno ( $O_3$ ) que se forma constantemente en la atmósfera por la acción de la radiación ultravioleta del Sol sobre las moléculas de oxígeno. La luz ultravioleta rompe las moléculas de oxígeno generando dos átomos de oxígeno libres. Un átomo de oxígeno libre es sumamente reactivo y cuando choca con otra molécula de oxígeno forma una molécula de ozono. Como el ozono es inestable, la luz ultravioleta lo rompe rápidamente y el proceso comienza otra vez.

En resumen, la energía del Sol rompe las moléculas de oxígeno ( $O_2$ ), las cuales se separan en dos átomos de oxígeno ( $O\cdot$ ); los átomos se combinan con moléculas de oxígeno para formar moléculas de ozono ( $O_3$ ). El ozono en la estratosfera es “el protector solar natural” ya que protege la vida de los efectos dañinos de los rayos ultravioletas del Sol. La luz ultravioleta (UV-B) es de gran energía, la cual disocia o rompe moléculas importantes para la vida, como las proteínas y el ADN.

### El ozono en la troposfera

El ozono también existe cerca de la superficie de la tierra en lo que se conoce como la troposfera (0 a 18 Km sobre la superficie de la tierra). En la estratosfera, el ozono absorbe la radiación ultravioleta (UV) del Sol (en longitudes de onda entre 240 y 320 nm), mientras que en la troposfera el ozono es un peligro para la salud y es uno de los componentes principales del smog fotoquímico. Este se llama así porque la luz del Sol desata una serie de reacciones que promueven la formación del ozono,  $O_3$ , un alótropo del oxígeno mucho más oxidante que el  $O_2$ , que produce irritación en todo el tracto respiratorio cuando aumenta su concentración en el aire.

### La formación del ozono troposférico

El dióxido de nitrógeno es un contaminante primario que en presencia de la luz solar participa en un ciclo fotoquímico. En primer lugar la radiación ultravioleta del Sol hace que el dióxido de nitrógeno se separe en monóxido de nitrógeno, NO, y en átomos de oxígeno. Después los átomos de oxígeno reaccionan con las moléculas de oxígeno ( $O_2$ ) presentes en la atmósfera para producir ozono ( $O_3$ ). Este ciclo se completa cuando el ozono reacciona con el óxido nítrico (NO) para dar dióxido de nitrógeno y oxígeno molecular ( $O_2$ ).

Dado que en el ciclo básico del dióxido de nitrógeno reacciona todo el ozono que se produce, no se debería aumentar el nivel de ozono presente en el smog fotoquímico. El

aumento del ozono se debe a la presencia de compuestos orgánicos volátiles (COV) que interrumpen el ciclo reaccionando para producir dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), sin utilizar el ozono. El ciclo queda desbalanceado y el monóxido de nitrógeno se vuelve a convertir en dióxido de nitrógeno. El resultado neto es una acumulación de ozono. Por otra parte el ozono se puede combinar con otros contaminantes para formar sustancias tóxicas como el peroxiacetilnitrilo (PAN).

### Ejercicio 3. El ozono en la estratosfera

A partir de la información de la lectura anterior, contesta las siguientes preguntas.

1. ¿Cómo te imaginas que la capa de ozono protege de la radiación ultravioleta? Haz un dibujo

2. Explica brevemente tu dibujo

---

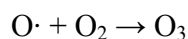
---

---

3. El ozono estratosférico se forma por la acción de la radiación ultravioleta procedente del Sol descomponiendo las moléculas de oxígeno (O<sub>2</sub>) para producir dos átomos de oxígeno, que se combinan con otras moléculas de oxígeno formando el ozono (O<sub>3</sub>) en un ciclo ilimitado. Escribe lo que comprendes del párrafo anterior.

El ozono en la estratosfera se forma cuando la luz del Sol rompe una molécula de oxígeno (O<sub>2</sub>) produciendo dos átomos de oxígeno atómico (O·), este átomo de oxígeno reacciona con una molécula de oxígeno formando de esta manera el ozono (O<sub>3</sub>).

4. Escribe las ecuaciones químicas de las dos reacciones de formación del O<sub>3</sub> en la estratosfera.



5. Escribe los efectos del ozono en la estratosfera

El ozono de la estratosfera nos protege de la luz ultravioleta del Sol

**Ejercicio 4. El ozono en la troposfera**

El siguiente cuadro resume las reacciones químicas de la formación del ozono a nivel de la troposfera. Completa la columna de la derecha con la ecuación química correspondiente.

Enunciado	Ecuación química
En la combustión, el nitrógeno del aire reacciona con el oxígeno para formar óxido nítrico.	$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$
El óxido nítrico (NO) reacciona con el oxígeno produciendo dióxido de nitrógeno.	$2 NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2 NO_{2(g)}$
El $NO_2$ se descompone fotoquímicamente por la radiación UV formando óxido nítrico y oxígeno atómico.	$NO_2 + \text{radiación ultravioleta} \rightarrow NO + O\cdot$
El oxígeno atómico reacciona con el oxígeno para dar una molécula de ozono.	$O\cdot + O_2 \rightarrow O_3$
El ozono reacciona con el óxido nítrico para producir dióxido de nitrógeno y oxígeno.	$O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$

Cuadro 3. Reacciones químicas de la formación del ozono a nivel de la troposfera.

2. ¿Cuál es el efecto en la salud del ozono en la troposfera?

Produce irritación en todo el tracto respiratorio cuando aumenta su concentración en el aire por ser una sustancia muy oxidante.

### **Actividad 3. El ozono en la troposfera**

#### **Objetivos**

- Reconocer que el ozono es una sustancia tóxica cuando se encuentra en la troposfera, y una sustancia protectora cuando se sitúa en la estratosfera;
- Identificar que la contaminación producida por los automóviles produce un aumento en la cantidad de ozono troposférico pero no afecta la concentración del ozono en la estratosfera;
- Distinguir entre los efectos que produce el ozono dependiendo de su localización en la atmósfera

#### **Materiales y recursos necesarios**

- Cuaderno de trabajo
- Lecturas
- Bibliografía y textos con información sobre el ozono

#### **Tiempo aproximado**

60 minutos

#### **Ideas previas, los estudiantes:**

- confunden la formación y los efectos del ozono que está en la troposfera con la formación y los efectos que tiene el ozono situado en la estratosfera;
- consideran que la disminución del ozono en la estratosfera es provocada por el humo de los autos y de las fábricas;
- creen que el 'agujero' de la capa de ozono permite que llegue mayor radiación ultravioleta a la tierra, y esto produce un aumento del efecto invernadero, cuyo resultado es el calentamiento global;
- relacionan el adelgazamiento de la capa de ozono con el efecto invernadero;

#### **Orientaciones didácticas**

Con las siguientes actividades se busca que el alumno reflexione sobre la naturaleza del ozono que se encuentra en la troposfera. A partir de una noticia con información sobre el carácter contaminante del ozono, el estudiante tendrá que deducir que el ozono produce diferentes efectos, dependiendo de su ubicación en la atmósfera. El estudiante realizará tres ejercicios; una lectura de comprensión, la construcción y el análisis de una gráfica y un mapa mental.

### Lectura 3. El ozono como contaminante



#### **El auto es “enemigo” en época de calor, alertan**

Sugieren dejar de usar el vehículo para bajar altos niveles de ozono<sup>43</sup>

Domingo 03 de abril de 2011 Rafael Montes | El Universal

En esta temporada de calor, deje de usar su automóvil. Ayudará a la ciudad, contribuirá a que no se genere tanto ozono en la atmósfera del Valle de México y, por consiguiente, a que se mejore la calidad del aire que usted y su familia respiran diariamente.

De marzo a junio, la “temporada de ozono”, la temperatura y los rayos del sol son más fuertes que el resto del año. El calor y la radiación multiplican los niveles de ozono, el contaminante más abundante en el DF, que se forma principalmente con los gases que emiten los automóviles particulares.

El químico Armando Retama, director de Monitoreo Atmosférico de la Secretaría de Medio Ambiente del DF, señala que ante esta situación y en esta temporada los ciudadanos deben asumir su responsabilidad con el problema ambiental de la ciudad.

43.- Montes Rafael. (2011). *El auto es “enemigo” en época de calor, alertan. El universal, recuperado de*

<http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/105682.html>

“Como ciudadanos somos responsables de lo que emiten nuestros coches”, afirma el ambientalista; entonces “pensemos que si en la ciudad de México circulan alrededor de cinco millones de vehículos y cada vehículo emite un gramo de contaminante, hay cinco toneladas de contaminantes” en el aire.

Pero el ejemplo es mínimo, dice Retama. “Tu vehículo no emite un gramo, emite varios cientos de gramos; entonces si multiplicas todo vas a encontrar una gran cantidad de toneladas de contaminantes flotando en la atmósfera y, una pequeña parte, la aportaste tú”.

#### **El incómodo ozono**

En primavera, las precontingencias ambientales por ozono en el Valle de México son comunes. En 2011 ha habido una. En 2010 fueron tres. Y es que los niveles de ese compuesto se disparan en estas fechas porque los automóviles lo hacen reaccionar.

Armando Retama explica que el ozono es una forma diferente del oxígeno. Es un contaminante “inquieto”.

Primero, hay que saber que los automóviles emiten contaminantes como hidrocarburos y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). El calor y los rayos del sol provocan que estas sustancias se descompongan y liberen átomos de oxígeno, átomos solitarios, a los que “no les gusta” estar solos. Entonces, se

mezclan fácilmente con cualquier sustancia que encuentren en el aire.

Si esos átomos solitarios se combinan con el oxígeno, disponible fácilmente en la atmósfera, lo convierten en ozono. El ozono es una forma diferente del oxígeno, es oxígeno con tres átomos. Pero el oxígeno sólo “está contento” cuando está formado por dos átomos; entonces buscará deshacerse del átomo extra. Si éste se libera, “puede entrar en contacto con nuestra piel y tratar de combinarse con nuestras células; si entra en contacto con nuestros ojos, va a tener una reacción; si entra a nuestros pulmones, también va a reaccionar”, explica el especialista.

### **Tazón de contaminantes**

La geografía del Valle de México complica la situación. El DF está ubicado en una cuenca, rodeada por altas montañas en el sur, oriente y poniente, que sirven como barrera natural. Se localiza a una altura donde se reciben

directamente los rayos del sol, y se ubica en medio del país, donde casi no hay vientos de los océanos. Es decir, el Distrito Federal y su zona conurbada están contruidos sobre un tazón.

La mayor contaminación proviene del norte de la ciudad, donde funciona la industria y circulan más automóviles. Los vientos arrastran la contaminación al sur, donde está la barrera de montañas. Debido a la alta insolación y a los largos periodos sin lluvias, sin vientos y sin nubes, entre marzo y mayo, las condiciones son favorables para elevar los niveles de ozono, explica el químico. Por ello, Retama recomienda reducir el uso del automóvil, pero también controlar las fugas de gas LP en casa o usar poco el calentador del agua. “A lo mejor la participación de una persona parece no ser importante, pero cuando la participación de esa persona se suma a la de otras, se crea una red de conciencia que podría tener un impacto directo para el mejoramiento de la calidad del aire”, concluye



## Ejercicio 5. El incomodo ozono

En la lectura 2 “El ozono en la troposfera y el ozono en la estratosfera” se dice que el ozono en la estratosfera es “el protector solar natural” ya evita que la radiación ultravioleta del Sol llegue a la superficie. Lee la noticia de periódico con cuidado (Lectura 3) y a partir ella, contesta las siguientes preguntas

1. La información que se reporta, en ambas lecturas ¿se contradice o se corrobora? ¿Cómo explicas los distintos efectos del ozono?

El ozono ( $O_3$ ) se puede encontrar en dos capas de la atmósfera: en la estratosfera y en la troposfera. En la estratosfera su función es la absorción de la luz ultravioleta del Sol, nos protege al actuar como filtro de las radiaciones solares. En la troposfera constituye un importante contaminante secundario formado a partir de las emisiones generadas de la combustión de los automóviles.

2. ¿La información en ambas lecturas se refiere a la misma molécula?

El ozono ( $O_3$ ) que se forma en la estratosfera y en la troposfera es la misma molécula. La diferencia es que en la estratosfera se encuentra formando la capa de ozono y en la troposfera es parte del aire que respiramos.

3. ¿Por qué se habla del ozono como contaminante?

Porque al ser parte de la atmósfera que respiramos, el ozono puede ocasionar daños a la salud y producir irritación del tracto respiratorio por su alta capacidad oxidante.

4. ¿Qué acción contribuye a aumentar la cantidad de ozono en la troposfera?

Utilizar el automóvil porque la lectura dice que los automóviles emiten contaminantes como hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. El calor y los rayos del sol provocan que estas sustancias se descompongan y liberen átomos de oxígeno que se mezclan fácilmente con cualquier sustancia que encuentren en el aire. Si esos átomos solitarios se combinan con el oxígeno, de la atmósfera, se produce ozono

5. ¿Qué relación puede existir, si es que la hay, entre los óxidos de nitrógeno y el ozono?

El dióxido de nitrógeno es un contaminante que en presencia de la luz UV del Sol se fotoliza en monóxido de nitrógeno (NO) y oxígeno atómico (O·), el cual reacciona con el oxígeno presente en el aire para formar ozono.

## Ejercicio 6. El ozono como contaminante

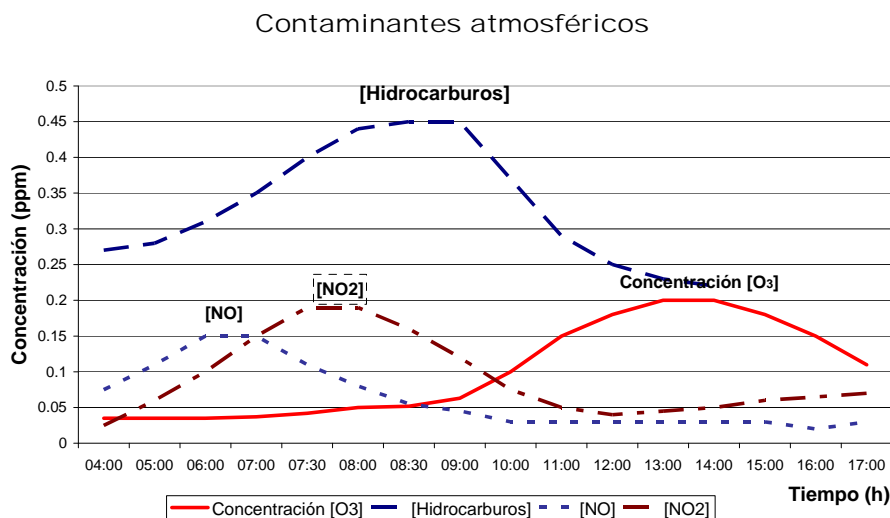
El propósito de esta actividad y de la anterior es que distingas la presencia del ozono en la troposfera y sus efectos contaminantes, las reacciones de formación del ozono y la participación de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) en su formación.

En una ciudad como la nuestra en la mañana, cuando empieza la actividad, los vehículos y las industrias arrojan humo al aire. Este humo contiene principalmente monóxido de nitrógeno e hidrocarburos. La luz del Sol hace que el monóxido de nitrógeno reaccione con los hidrocarburos y se transforme en dióxido de nitrógeno. A medida que avanza la mañana, la luz del Sol ocasiona que el monóxido de nitrógeno reaccione con el oxígeno para formar nuevamente ozono. Así, conforme transcurre el día, los niveles de ozono aumentan llegando a su máximo cuando la luz del día es más intensa y la temperatura más alta. En la siguiente tabla se muestran los datos de contaminantes de un día cualquiera de primavera en la Ciudad de México.

Hora	[O <sub>3</sub> ] ppm)	[Hidrocarburos] (ppm)	[NO] (ppm)	[NO <sub>2</sub> ] (ppm)	Temperatura °C
04:00	0.035	0.27	0.075	0.025	12
05:00	0.035	0.28	0.11	0.06	11
06:00	0.035	0.31	0.15	0.1	12
07:00	0.037	0.35	0.15	0.15	13
7:30	0.042	0.40	0.11	0.19	
08:00	0.050	0.44	0.08	0.19	15
08:30	0.050	0.45	0.055	0.16	
09:00	0.060	0.45	0.045	0.12	17
10:00	0.10	0.37	0.03	0.075	20
11:00	0.15	0.29	0.03	0.05	22
12:00	0.18	0.25	0.03	0.04	24
13:00	0.20	0.23	0.03	0.045	25
14:00	0.20	0.22	0.03	0.05	26
15:00	0.18			0.06	26
16:00	0.15			0.065	26
17:00	0.11				24
18:00	0.075				24

Tabla 1. Concentración de contaminantes

1. Con los datos de la tabla anterior, realiza una gráfica de concentración (ppm) de contaminantes vs tiempo (h).



*Nota para el profesor: la gráfica la pueden hacer de tarea o en el salón de clase para poder hacer el análisis durante la clase. El material del estudiante cuenta con la escala para facilitar al alumno la realización de la gráfica.*

2. ¿A qué hora es máxima la concentración de ozono? ¿Por qué ocurre a esa hora?

La máxima concentración de ozono se alcanzará cuando exista mayor radiación solar, esto se observa en la gráfica en el rango de las 12 a 16 horas. En el verano la concentración de ozono aumenta porque existe mayor temperatura.

3. ¿Cómo explicas el comportamiento de la concentración de ozono durante el transcurso del día?

El ozono es un contaminante secundario, es decir, un contaminante que no se emite directamente a la atmósfera, sino que se forma mediante reacciones fotoquímicas de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) los cuales sí son emitidos directamente a la atmósfera. Es por eso que al inicio del día existe una menor concentración de ozono. Sin embargo, conforme transcurre el día aumenta la concentración de los contaminantes que lo producen y con ello la concentración de ozono [O<sub>3</sub>]. La presencia de hidrocarburos evita que el ozono se destruya y por eso se acumulará durante las horas que existe mayor radiación solar. La radiación solar es fundamental para la producción de ozono.

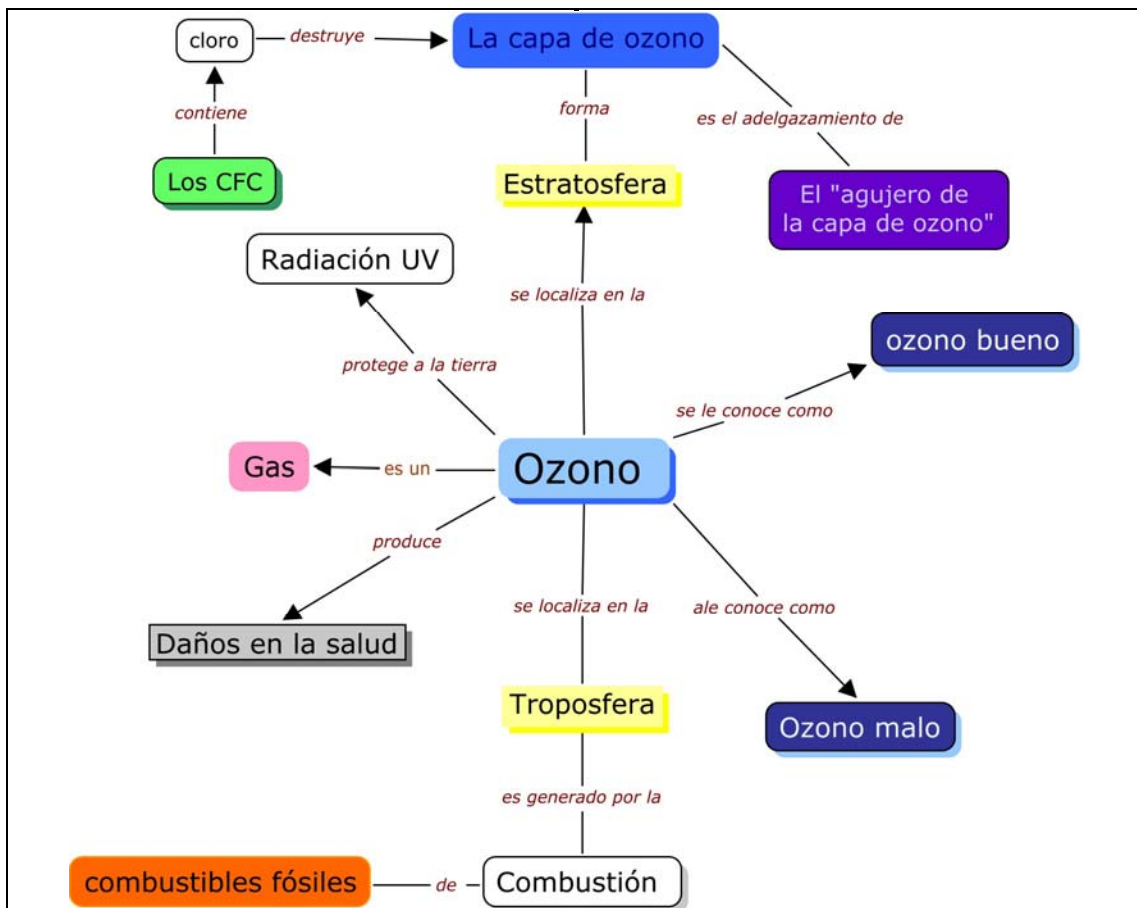
4. ¿Por qué aumenta primero la concentración de monóxido de nitrógeno?

En la ciudad, por la mañana, cuando comienzan las actividades, las fábricas y los automóviles arrojan a la atmósfera (troposfera) humo que contiene principalmente monóxidos de nitrógeno, y carbono, hidrocarburos. A partir del monóxido de nitrógeno se generará dióxido de nitrógeno y oxígeno atómico. Después el oxígeno atómico reaccionará con el oxígeno del aire para producir ozono.

### Ejercicio 7. Las dos caras del ozono

El propósito de esta actividad es que analices la información adquirida hasta el momento y puedas identificar que el ozono en la estratosfera se forma con la acción de la radiación UV y protege la vida en nuestro planeta. Por otra parte se busca identifiques que el ozono se forma en la troposfera a partir de los contaminantes primarios como los óxidos de nitrógeno (NOx) y se acumula como resultado de la combustión de hidrocarburos.

Para esta actividad tienes que explicar las diferencias en la formación y los efectos del ozono dependiendo del lugar en la atmósfera. Para sintetizar la información más importante puedes utilizar un mapa mental en el que incluyas los siguientes términos: ozono, sustancia gaseosa, estratosfera troposfera, contaminante, protector, combustión de comestibles fósiles, oxígeno, molécula de oxígeno, .radiación UV, problemas de salud.



Cuadro 4. Mapa mental de la función y formación del ozono en la troposfera y en la estratosfera

#### **Actividad 4. El ozono en la estratosfera**

##### **Objetivo**

- Reconoce que el ozono en la estratosfera produce un efecto protector para la vida en el planeta.

##### **Ideas previas, los estudiantes:**

- confunden los efectos en la salud que provoca el ozono que está en la troposfera con los que produce el ozono situado en la estratosfera;
- creen que el 'agujero' de la capa de ozono permite que llegue mayor radiación ultravioleta a la tierra, y esto produce un aumento del efecto invernadero, cuyo resultado es el calentamiento global;

##### **Materiales y recursos necesarios**

- Cuaderno de trabajo
- Lecturas
- Lápiz o bolígrafo
- Bibliografía y textos con información sobre el ozono.

##### **Tiempo**

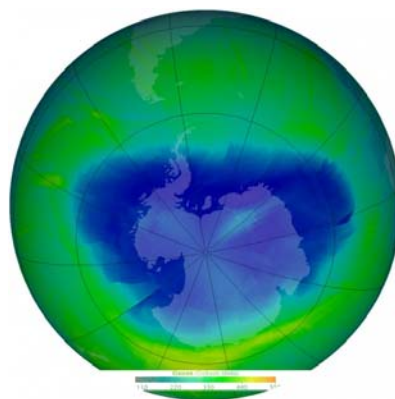
60 minutos

##### **Orientaciones didácticas**

La idea de que los estudiantes aprendan o generen nuevos conocimientos científicos a través de la redacción de un texto científico no es algo nuevo. Escribir en ciencia involucra diferentes habilidades como organizar información, describir fenómenos científicos y crear conocimiento. Hay quienes afirman que escribir sobre un tema ayuda a su comprensión. Aunque escribir en ciencia fomenta su aprendizaje, esto dependerá de otros factores involucrados en el salón de clase. Para apoyar la escritura se realizará un primer ejercicio en donde los alumnos deben de leer el fragmento de un pequeño texto y a partir de éste continuar con la historia, utilizando una serie de datos adicionales que se encontrarán al margen de la lectura y en un cuadro con información sobre la cronología de la capa de ozono. El propósito de la actividad es buscar que el alumno indague más sobre el adelgazamiento de la capa de ozono, que deje a un lado la idea de la existencia de un agujero, que sepa que la capa de ozono es más densa en unas regiones que en otras, y que reconozca que en las últimas décadas se ha disminuido la capa de ozono por la utilización de algunas sustancias químicas.

#### Lectura 4. Los clorofluorocarbonos y el ozono estratosférico

Imaginemos a un viajero del espacio que se acerque a nuestro planeta y empiece a estudiarlo. Si su visión fuera semejante a la de los humanos en la franja visible del espectro, notaría esas nubes. Con aparatos más refinados, podría darse cuenta de que una quinta parte de la atmósfera es oxígeno, lo que le indicaría que hay vida en la Tierra. Si se acercara más, vería muchas luces en ciertas partes de los continentes, es decir, vería ciudades y señales de civilización. Pero sí dispusiera de medios para percibir los rayos ultravioletas y además hubiese estado observando la Tierra por el lapso de un par de décadas, advertiría unos cambios muy curiosos, hasta espectaculares, sobre todo en la zona del polo sur. Notaría allí una alteración extraordinaria del color, debido a que los rayos ultravioletas, que normalmente no penetraban desde el espacio hasta la superficie terrestre, comenzaron a hacerlo (porque una capa protectora que filtraba esa radiación prácticamente desaparece de la atmósfera en esa zona, durante los meses de la primavera austral). Ante esta comprobación, nuestro hipotético viajero espacial no dejaría de preguntarse qué le podría estar pasando al planeta colocado ante sus ojos.



Para responder a ese interrogante conviene que nos remontemos un poco en el tiempo. Hacia los años cuarenta, las heladeras o refrigeradores domésticos empezaron a ser confiables y seguros. Antes de esa fecha, usaban compuestos tóxicos como refrigerantes - por ejemplo amoníaco o dióxido de azufre- lo que ocasionó un considerable número de accidentes. En la década de los treinta, un ingeniero llamado Thomas Midgley inventó unos compuestos químicos llamados clorofluorocarbonos (CFC), de gran estabilidad, para reemplazar a las mencionadas sustancias tóxicas. Los clorofluorocarbonos son compuestos no tóxicos y muy volátiles en condiciones cercanas a las del ambiente; es decir, son líquidos pero se evaporan con mucha facilidad. Tal transformación de fase, de líquido a vapor, los hace adecuados como refrigerantes y, a veces, como solventes. Su propiedad química más importante es su estabilidad. Si se los usa en una heladera, cuando esta concluya su vida útil, terminarán siendo emitidos a la atmósfera en su totalidad, pues no se habrán descompuesto. Por la extraordinaria estabilidad que se mencionó, el uso de estos compuestos se generalizó en las décadas de los 60 y los 70, al punto que, para comienzos de la segunda era posible medir su presencia en la atmósfera. Un científico inglés, James E. Lovelock, inventó un cromatógrafo de gran sensibilidad para hacer tales mediciones y advirtió que no sólo encontraba clorofluorocarbonos en el aire de Londres sino, también, en el que venía del Atlántico, igual que en el de cualquier otra zona del mundo. Sus concentraciones eran muy pequeñas del orden de partes por cada millón de millones. Pero, mediante un cálculo sencillo, se podía demostrar entonces que tales concentraciones eran las esperables si se suponía que toda la producción industrial de clorofluorocarbonos realizada hasta el momento estaba dispersa en la atmósfera del mundo. (Texto tomado del artículo Los clorofluorocarbonos y el ozono estratosférico. Un problema global)<sup>1</sup>

Analiza los datos de las siguientes tablas, y usa la información para elaborar el ejercicio siguiente.

Tabla 8.1 Datos adicionales
La capa delgada de ozono ocupa 21 millones de Km <sup>2</sup>
La capa de ozono se genera y destruye constantemente
De 1975 a la fecha, la reducción se ha acelerado
En las últimas décadas se destruye un 5% de la capa cada diez años.

Tabla 8.2 Cronología del ozono	
1500	Leonardo Da Vinci determina que el aire contiene un compuesto que permite la combustión
1785	Martinus Van Marum genera ozono en un laboratorio aplicando electricidad en el oxígeno
1839	Christian Friederich Schönbein descubre y le da nombre al “Ozono”
	Se inventa el Tetracloruro de Carbono que es una sustancia que sirve como solvente y como materia prima de los gases Clorofluorocarbonos o mejor conocidos como CFCs, esta sustancia daña la capa de ozono.
1860	JL Soret identifica al ozono como una forma inestable de oxígeno compuesto por tres átomos de oxígeno (O <sub>3</sub> )
1878	Marie-Alfred Cornu lanza la teoría de que hay un gas en la atmósfera que filtra la radiación UV
1880	Walter Noel Hartley identifica al ozono como el gas que filtra los rayos UV
Finales de 1800	Se da la primera muerte atribuida a alguna sustancia agotadora de la capa de ozono (bromuro de metilo)
1906	Erich Regener es el primero en estudiar la descomposición del ozono con luz ultravioleta
1908	L. Teisserenc de Bort nombra a la “Estratosfera”
1913	M. Charles Fabry y M. H Buisson usan las mediciones de rayos ultravioleta para probar que la mayor parte del ozono está en la estratosfera
1919	Las primeras dos muertes atribuidas al uso de tetracloruro de carbono utilizado como extinguidor de fuego
1924	Gordon M. B. DOBSON y D. H. Harrison inventan un prisma espectrofotómetro para monitorear la columna total de ozono atmosférico
1925	R O Griffith y A. M. McKeown descubren que el bromuro acelera en gran medida la descomposición del ozono
1965	Gordon Dobson publica su artículo donde indica el comportamiento anómalo del ozono antártico para el periodo 1956-1963
1970	Se detectan efectos dañinos por la radiación UV en plantas.

	Paul Crutzen lanza la hipótesis de que los óxidos de nitrógeno, posiblemente de los fertilizantes, podrían destruir la capa de ozono
1971	Paul Krutzen y Harold Johnston descubren un ciclo de destrucción de ozono debido a compuestos nitrogenados
1972	En Estocolmo se le da un rango prioritario al tema del Agotamiento del ozono estratosférico y se recomienda que la red global de 110 estaciones de monitoreo de la atmósfera de la Organización Meteorológica Internacional, incluya la medición de la capa de ozono. Nace el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
1973	Mario Molina y Sherwood Rowland desarrollan la hipótesis que los CFCs transfieren cloro en la estratosfera y dañan la capa de ozono
1974	Mario Molina y Sherwood Rowland estiman una destrucción de ozono del 7 al 13% en los niveles de producción de CFC de dicho año. Presentan su teoría ante la Sociedad Americana de Química
1987	El 16 de Septiembre Se firma el Protocolo de Montreal sobre las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono firmado por 24 naciones y la Comunidad Económica Europea. México
1988	Científicos Canadienses reportan la evidencia de un agujero de ozono sobre el Ártico
1989	Entrada en vigor del Protocolo de Montreal
1995	Mario Molina, Sherwood Rowland y Paul Crutzen reciben el Premio Nobel de Química por las “Contribuciones pioneras para explicar como se forma y se descompone el ozono” lo cual “contribuye a nuestra salvación de un problema ambiental global que puede tener consecuencias catastróficas”
2003	188 naciones pertenecen al Protocolo de Montreal

Cronología del ozono. Recuperado de <http://sissao.semarnat.gob.mx/sissao/archivos/cronologia.pdf>



### Ejercicio 8. Adelgazamiento de la capa de ozono

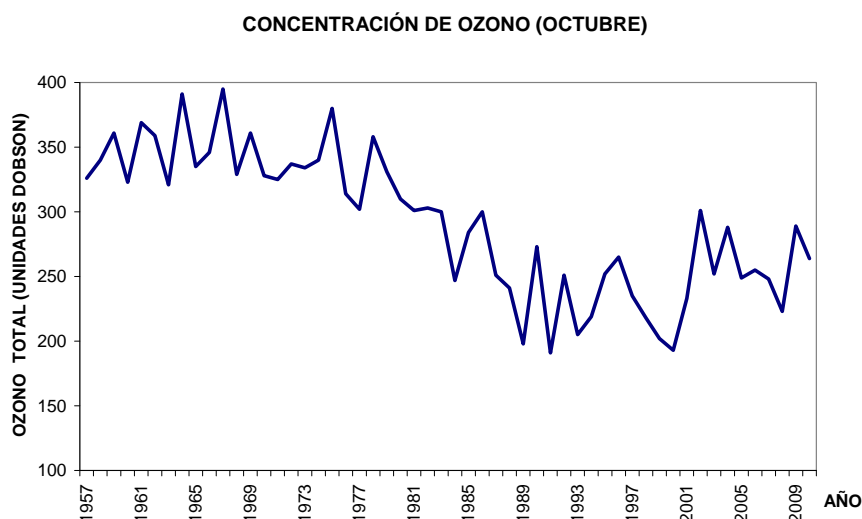
Lee cuidadosamente la Lectura 4 Los clorofluorocarbonos y el ozono estratosférico

1. Con los datos de la lectura y de las tablas, escribe una cuartilla donde expliques y relates con tus palabras que es el adelgazamiento de la capa de ozono. Tienes que usar toda la información.

Lo más importante que debe resaltar el estudiante es que se trata de la disminución de la concentración de ozono.

2. ¿Cómo explicas que el agotamiento de la capa de ozono sea un problema?

3. Observa con cuidado la siguiente gráfica. ¿Cómo explicas esta gráfica?



Gráfica 2. Concentración de ozono durante el periodo de 1956-2011

(Datos tomados de British Antarctic Survey en la estación Halley, Antártida, <http://www.antarctica.ac.uk/met/jds/ozone/index.html> )

Se observa que en 1957 las unidades de concentración de ozono eran aproximadamente 330 unidades y esta concentración se ve disminuida a lo largo de las últimas tres décadas, lo que nos indica que la concentración de ozono estratosférico ha disminuido.

4. ¿Cuáles son las principales sustancias asociadas al adelgazamiento de la capa de ozono?

Los Clorofluorocarbonos (CFC) presentes en los aerosoles

5. ¿Qué acción contribuye a aumentar la cantidad de ozono en la estratosfera?

Dejar de producir los CFC los cuales se utilizan en la fabricación de los aerosoles

### **Actividad 5. El efecto invernadero y su relación con el ozono**

#### **Objetivo**

- Entender que la disminución de la capa de ozono en la estratosfera no está relacionada con el calentamiento global.

#### **Ideas previas, los estudiantes:**

- relacionan el adelgazamiento de la capa de ozono con el efecto invernadero

#### **Materiales y recursos necesarios**

- Cuaderno de trabajo
- Lecturas
- Lápiz o bolígrafo
- Bibliografía y textos con información sobre el ozono.

#### **Tiempo**

60 minutos

#### **Orientaciones didácticas**

El propósito de esta actividad es que cada equipo busque información específica que permita aclarar algunas ideas alternativas, como la idea de que el “agujero” de la capa de ozono permite que llegue mayor radiación ultravioleta a la Tierra y esto produce un aumento del efecto invernadero. El efecto invernadero está relacionado directamente con la radiación infrarroja de la luz solar, y no con la radiación ultravioleta. En esta actividad realizan una lectura de comprensión, contestan un cuestionario para definir las ideas utilizando todos los conocimientos previos y la información de la lectura, y se propone que al final discutan las respuestas en grupo con el profesor.

## Lectura 5. El efecto invernadero

La cantidad de los gases de tipo invernadero como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el metano ( $\text{CH}_4$ ) crece en la atmósfera año tras año, lo que contribuye al aumento del efecto invernadero. La razón del aumento anual es porque se quema un gran número de combustibles fósiles y sus emisiones son liberadas por las industrias, las plantas eléctricas, los automóviles y los basureros a la atmósfera. Los países altamente industrializados producen grandes emisiones de dióxido de carbono por año y por persona, por ejemplo, EE.UU: 19,3 toneladas; Australia: 15,3 toneladas; Japón: 8,8 toneladas y Suecia: 5,9 toneladas. En los países en desarrollo las emisiones son mucho menores por ejemplo, Brasil produce 1,4 toneladas y la India 0,9 toneladas. Los investigadores y otros expertos creen que la tasa de emisión de esta contaminación debe ser aproximadamente de una tonelada por persona al año para prevenir que el efecto invernadero se salga de control. Aunque no hay consenso entre los expertos, sí coinciden en que ya es hora de hacer ajustes. El efecto invernadero se produce cuando los rayos infrarrojos del sol interactúan con estas moléculas contaminantes y las ponen a “vibrar”. Esa vibración hace que aumente la temperatura.

### El efecto invernadero

La atmósfera seca está compuesta casi enteramente de nitrógeno (en una relación de mezcla volumétrica de 78,1%) y oxígeno (20,9%), más una serie de oligogases como el argón (0,93%), el helio y gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (0,035%) y el ozono. Además, la atmósfera contiene vapor de agua en cantidades muy variables (alrededor del 1%) y aerosoles. Los gases de efecto invernadero o gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de *radiación infrarroja* emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes como se muestra en la figura.

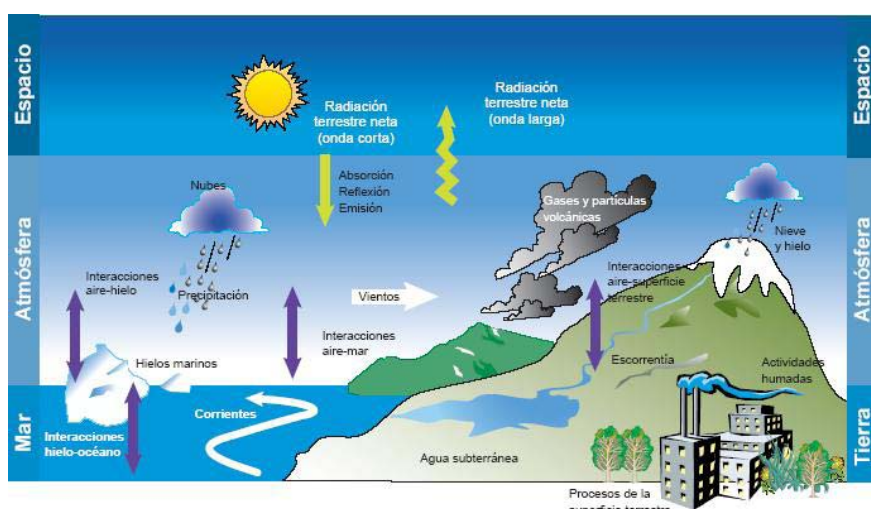


Figura 1. Componentes del sistema climático Fuente: <http://cambioclimaticoyuscausas.iespana.es/>

En la atmósfera de la Tierra, los principales gases de efecto invernadero (GEI) son el vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el ozono ( $\text{O}_3$ ). Hay además en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero (GEI) creados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos (compuestos que contienen cloro, bromo o flúor y carbono, estos compuestos pueden actuar como potentes gases de efecto invernadero en la atmósfera y son también una de las causas del agotamiento de la capa de ozono en la atmósfera) regulados por el Protocolo de Montreal. Además del  $\text{CO}_2$ , el  $\text{N}_2\text{O}$  y el  $\text{CH}_4$ , el Protocolo de Kyoto establece normas respecto al hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).

### Variaciones en la Composición Atmosférica

El cambio de composición de gases, especialmente los Gases de Efecto Invernadero (GEI), es uno de los más grandes mecanismos de fuerza internos. Cambios naturales en el contenido de dióxido de carbono atmosférico, ocurrieron durante las transiciones glaciales - interglaciales, como respuesta a mecanismos de fuerzas orbitales. En la actualidad, la humanidad es el factor más sustancial de cambio.

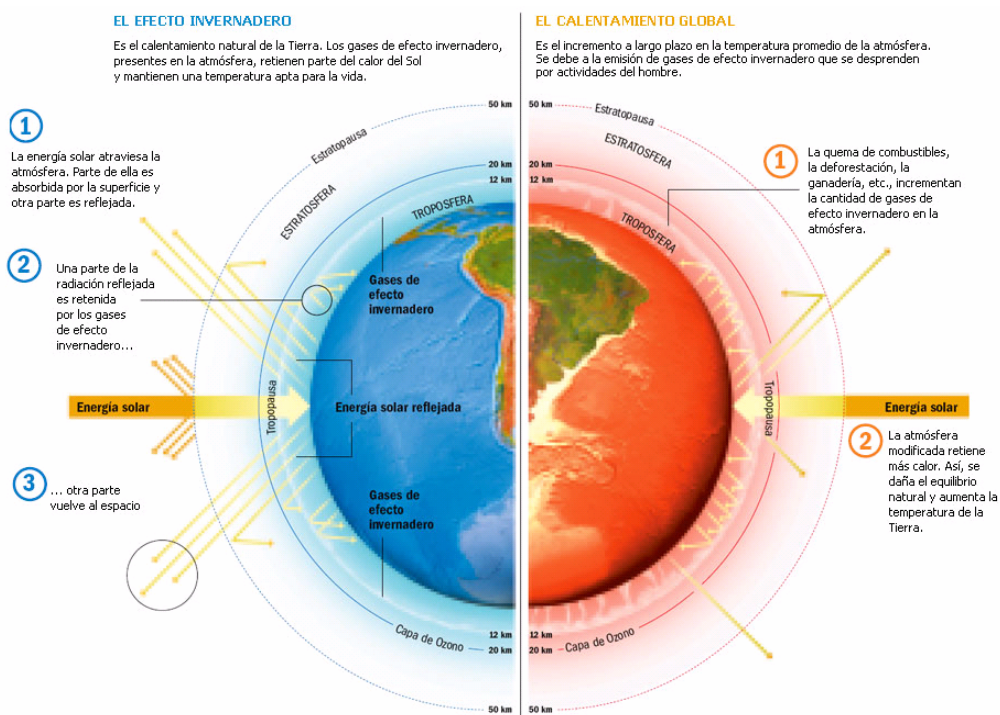
La humanidad está alterando la concentración de los GEI y los aerosoles, que influyen en el clima y a la vez, son influidos por éste. Los GEI reducen la pérdida neta de *radiación infrarroja* hacia el espacio y tienen poco impacto en la absorción de la radiación solar, lo que hace que la temperatura de la superficie sea más cálida y produce el denominado “efecto invernadero”. Los aerosoles revisten gran importancia por su impacto sobre la radiación solar y tienen casi siempre un efecto de enfriamiento. Ciertos GEI surgen naturalmente, pero están influenciados directa o indirectamente por las actividades humanas, mientras que otros son totalmente antropogénicos. Los principales gases que surgen naturalmente son: vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Los principales grupos de GEI completamente antropogénicos son: clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC) e hidroclorofluorocarbonos (HCFC) (a los que se denomina colectivamente halocarbonos), y las especies totalmente fluorinadas, como el hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ).

El vapor de agua es el mayor contribuyente al efecto invernadero natural y es el que está más directamente vinculado al clima y, por consiguiente, menos directamente controlado por la actividad humana. Esto es así porque la evaporación depende fuertemente de la temperatura de la superficie, y porque el vapor de agua atraviesa la atmósfera en ciclos muy rápidos, de una duración por término medio de uno cada ocho días. Por el contrario, las concentraciones de los demás GEI están sujetas a la influencia fuerte y directa de las emisiones asociadas con la quema de combustibles fósiles, algunas actividades forestales y la mayoría de las agrícolas, y la producción y el empleo de diversas sustancias químicas.

Excepto el ozono, todos los GEI directamente influenciados por las emisiones humanas están bien mezclados en la atmósfera, de forma que su concentración es casi la misma en cualquier parte y es independiente del lugar donde se produce. El ozono también difiere de los demás GEI porque no se emite directamente hacia la atmósfera, sino que es fabricado por reacciones fotoquímicas en las que participan otras sustancias, denominadas “precursores”, que sí se emiten directamente. En lo que respecta a los procesos de

eliminación, todos los GEI, excepto el dióxido de carbono, se eliminan en buena parte a través de reacciones químicas o fotoquímicas dentro de la atmósfera. De modo diferente, el dióxido de carbono efectúa ciclos continuos entre varios “reservorios” o depósitos de almacenamiento temporales (atmósfera, plantas terrestres, suelos, aguas y sedimentos de los océanos). Las fuentes de los GEI naturales y sus procesos de eliminación están influenciados por el clima.

Los aerosoles son partículas diminutas en suspensión en el aire, que influyen sobre el clima sobre todo porque reflejan hacia el espacio una parte de la radiación solar incidente (efecto directo), y regulan, hasta cierto punto, la cantidad y las propiedades ópticas de las nubes (efecto indirecto). Los aerosoles también absorben una cierta cantidad de radiación infrarroja. Se producen natural y artificialmente; entre los naturales se encuentran la sal marina, el polvo y las partículas volcánicas, mientras que los artificiales resultan de la quema de biomasa y combustibles fósiles, entre otras fuentes. Algunos aerosoles, como el polvo, se emiten directamente hacia la atmósfera. Pero la mayoría no se emiten directamente sino que, como el ozono troposférico, se fabrican a partir de la transformación química de los precursores. Todos los gases troposféricos tienen un tiempo de vida corto en la atmósfera debido a que la lluvia los elimina rápidamente. Por ello y porque la intensidad de las fuentes de emisión cambia considerablemente de una región a otra, la cantidad de aerosoles en la atmósfera varía mucho entre las regiones.



**Figura 2.** Los gases de efecto invernadero naturales y antropogénicos (GEI) reducen la pérdida neta de radiación infrarroja hacia el espacio y tienen poco impacto en la absorción de la radiación solar, lo que hace que la temperatura de la superficie sea más cálida y produce el denominado “efecto invernadero”, esto a su vez induce al calentamiento global (aumento de la temperatura superficial promedio a nivel global). Fuente: <http://cambioclimaticoyauscasas.iespana.es/>

### Calentamiento global

El calentamiento global se puede entender en forma simplificada como el incremento gradual de la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la emisión de ciertos gases de Efecto Invernadero - GEI) que impiden que los rayos del sol salgan de la tierra, bajo condiciones normales. (Una capa “más gruesa” de gases de efecto invernadero retiene más los rayos infrarrojos y hace elevar la temperatura).

Por otro lado, es un término utilizado habitualmente en dos sentidos: Es el fenómeno observado que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas. También es una teoría que predice, a partir de proyecciones basadas en simulaciones computacionales, un crecimiento futuro de las temperaturas. La opinión científica mayoritaria sobre el cambio del clima dice que “la mayor parte del calentamiento observado en los últimos 100 años, es atribuible a la actividad humana”. Las simulaciones parecen indicar que la principal causa del componente de calor inducido por los humanos se debería al aumento de dióxido de carbono. La temperatura del planeta ha venido elevándose desde finales del siglo XIX, cuando se puso fin a la etapa conocida como la pequeña edad de hielo. Calentamiento global y efecto invernadero no son sinónimos. El efecto invernadero acrecentado por la contaminación, puede ser, según las teorías, la causa del calentamiento global observado.

### Ejercicio 9. El efecto invernadero y su relación con el ozono

Organízate en equipos de cuatro personas y busca la información específica que le permita aclarar algunas ideas sobre el “agujero” de la capa de ozono permite que llegue mayor radiación ultravioleta a la Tierra. Lee con atención la siguiente lectura.

1. Con los datos de la lectura anterior, explica el efecto invernadero.

---

---

2. Haz un dibujo que ilustre tu explicación, y coméntalo.

Se espera que los alumnos identifiquen que el efecto invernadero es el calentamiento natural de la Tierra, debido a los gases de tipo invernadero que pueden surgir naturalmente como son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el ozono (O<sub>3</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Estos gases pueden ser modificados directa o indirectamente por las actividades humanas. Estos gases presentes en la atmósfera retienen parte de la energía calorífica del Sol y mantienen la temperatura apta para la vida.

3. El efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono están relacionados con la radiación solar.

a) Explica cómo se relacionan el efecto invernadero con la radiación solar.

Los gases de efecto invernadero reducen la pérdida neta de radiación infrarroja hacia el espacio y tienen poco impacto sobre la absorción de la radiación solar, lo que hace que la temperatura sea más cálida y produce el denominado “efecto invernadero”.

b) Explica cómo se relaciona el adelgazamiento de la capa de ozono con la radiación solar.

El efecto de la capa de ozono es la absorción de la radiación ultravioleta del Sol, al disminuir la concentración de ozono estratosférico debido a los clorofluorocarbonos, se pone en riesgo la vida en el planeta ya que la luz ultravioleta es de gran energía, por lo que disocia o rompe moléculas importantes para la vida, como las proteínas y el ADN.

4. ¿Para qué proceso se necesita más energía, para romper a las moléculas o para ponerlas a vibrar?

Para romper las moléculas

5. Deduce a partir de tu respuesta, ¿qué radiación tiene más energía, la ultravioleta o infrarroja?

La ultravioleta

6. ¿Por qué crees que la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> puede afectar a la sociedad?

Porque el dióxido de carbono es un contaminante que está directamente relacionado con el efecto invernadero, y su disminución contribuirá a desacelerar el calentamiento global.

7. Justifica el siguiente enunciado “Calentamiento global y efecto invernadero no son sinónimos”.

El calentamiento global se puede entender en forma simplificada como el incremento gradual de la temperatura en el planeta debido a que se está al final de una era glacial, lo que se ha acelerado por el aumento de la emisión de ciertos gases de tipo invernadero. El efecto invernadero es producido por moléculas gaseosas, que impiden la pérdida de energía calorífica hacia el exterior de la atmósfera. Por lo tanto el calentamiento global y el efecto invernadero no son sinónimos. El efecto invernadero incrementado por la contaminación puede ser la causa del calentamiento global.

8. Justifica el siguiente enunciado “El efecto invernadero no está relacionado con el agotamiento del ozono en la estratosfera”

El efecto invernadero está producido por los gases de efecto invernadero que reducen la pérdida neta de radiación infrarroja hacia el espacio. El agotamiento de la capa de ozono es la disminución de la concentración del ozono estratosférico debido a la producción de sustancias químicas como los clorofluorocarbonos, permitiendo un mayor paso de la radiación ultravioleta del Sol. Ambos conceptos son cosas que se explican de manera distinta, y están relacionados con diferentes tipos de radiación.

**Actividad 6. ¿Qué tanto sabes?****Objetivo**

- Evaluar los conocimientos de los estudiantes después de realizar todas las actividades.

**Ideas previas, los estudiantes:**

- al ser una evaluación, no se considera ninguna idea previa.

**Materiales y recursos necesarios**

- Lápiz o bolígrafo
- Cuestionario

**Tiempo** 10 minutos**Orientaciones didácticas**

Los alumnos contestarán un cuestionario de diez preguntas de Falso/Verdadero, que nos permitirá reconocer lo que saben sobre el tema del ozono, para que el maestro pueda evaluar lo que aprendieron los estudiantes sobre el tema.

**Ejercicio 10** Determina si cada una de las siguientes oraciones es Falsa (F) o Verdadera (V)

	Enunciado	Falso/verdadero
1.	No usar el automóvil ayuda a aumentar el ozono en la estratosfera	<b>F</b>
2.	No usar el automóvil ayuda a disminuir el ozono en la troposfera	<b>V</b>
3.	Evitar usar ciertos aerosoles ayuda a aumentar el ozono en la estratosfera	<b>V</b>
4.	El aumento del ozono troposférico produce daños en la salud	<b>V</b>
5.	El aumento del ozono en la estratosfera nos protege de los rayos UV	<b>V</b>
6.	La producción de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) en exceso, el uso de automóviles y la producción desmedida de basura causa la disminución de la capa de ozono	<b>F</b>
7.	La producción de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) en exceso, el uso de automóviles y la producción desmedida de basura causa el aumento de la capa de ozono	<b>F</b>
8.	El adelgazamiento de la capa de ozono sólo representa un problema para la salud cerca de la Antártida	<b>F</b>
9.	El ozono se acumula en la estratosfera por el efecto invernadero	<b>F</b>
10.	El 'agujero' de la capa de ozono permite que llegue mayor radiación ultravioleta a la Tierra y esto produce un aumento del efecto invernadero	<b>F</b>



**Análisis del cuestionario.**

Las preguntas 1, 2 3, 5 y 7 se refieren a la producción y destrucción del ozono y le indicarán al profesor si los estudiantes tienen clara la idea de que los contaminantes producen ozono en la troposfera, y los aerosoles destruyen la capa de ozono de la estratosfera. Además podrá reconocer las ideas sobre la presencia de la basura y CO<sub>2</sub> que poco tienen que ver con la disminución de la capa de ozono.

Las preguntas 4, 5 y 8 se refieren a los efectos del ozono troposférico y estratosférico, y nos darán indicios sobre las posibles confusiones que tienen los estudiantes entre estos dos tipos de ozono, que en realidad es la misma molécula pero que al situarse en distintos sitios dentro de la atmósfera genera diferentes problemas.

Las preguntas 9 y 10 se refieren a la confusión que existe entre el efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono. Con estas respuestas el profesor sabrá si los estudiantes tienen claro que el efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono no están relacionadas, porque el efecto invernadero se produce por la radiación infrarroja y la destrucción de la capa de ozono está relacionada con la radiación ultravioleta.

## Informe de la intervención y sus resultados

Podemos encontrar en la literatura diferentes estrategias didácticas para la enseñanza de temas medioambientales (Borseese, A., 2007, Rodríguez O., 2009 Varma y Linn, M., 2011)<sup>44</sup> porque en general la inclusión en el currículo de temas como el cambio climático, el calentamiento global, el efecto invernadero y el agotamiento de la capa de ozono proporciona a los estudiantes una oportunidad para obtener una comprensión de estos problemas que son socialmente importantes. Los estudiantes sin duda han escuchado acerca de estos temas en algún punto en el tiempo, en grados anteriores o a través de los medios de comunicación, que con frecuencia dan información inexacta generando confusión entre la población.

Esta unidad didáctica se diseñó para mejorar la comprensión del tema del ozono. Cada estrategia de enseñanza-aprendizaje se probó de manera aislada para ver su funcionalidad. Los cuestionarios, los dibujos, los mapas mentales o conceptuales, se utilizaron con 24 estudiantes que cursaban el primer semestre de Química I del CCH-Plantel Sur, lo cual nos permitió seleccionar posteriormente las estrategias a utilizar en el diseño de la secuencia. La unidad didáctica se trabajó con un grupo de 22 estudiantes que cursaban el segundo semestre de Química II del CCH-Plantel Sur, durante el ciclo escolar 2010-2011. Con base en los resultados de esta experiencia se modificó el orden de las actividades, y se corrigieron algunas indicaciones que se detectaron como poco específicas porque llevaban a la confusión de los estudiantes sobre lo que se esperaba de ellos. Finalmente esto nos permitió tener una nueva unidad, que se trabajó con otro grupo de 25 estudiantes de segundo semestre de la asignatura de Química del CCH-Plantel Sur, durante el ciclo escolar 2010-2011. Los resultados que se presentan a continuación en esta tesis corresponden a las respuestas de este último grupo de trabajo.

---

44.- Varma, K., Linn, M. (2011). Using Interactive technology to support students' understanding of the greenhouse effect and global warming, *Journal of Science Education and Technology*, 6, 321-330.

### Resultados de la Actividad 1. ¿Dónde está el ozono?

La actividad 1. ¿Dónde está el ozono?, tiene como objetivo que los alumnos completen y organicen la información sobre la atmósfera, lo que les ayudará a identificar cada una de sus capas. Esta información la utilizarán para realizar un dibujo a escala que permita explicar las capas de la atmósfera y situar en ésta al ozono. Lo que se busca con la actividad es que los alumnos puedan ubicar en dónde está la estratosfera y en dónde está la troposfera, ya que es importante que vaya relacionando el nombre del ozono troposférico y del ozono estratosférico con su ubicación en la atmósfera. En esta primera actividad también es necesario que reflexionen sobre las preguntas “¿Qué es el ozono?”, y “¿cuáles son los efectos de la capa de ozono?”. En esta actividad trabajaron 25 alumnos durante la elaboración del dibujo de la atmósfera, los alumnos se mostraron interesados en la realización de la actividad. Entre sus respuestas se distinguen dos categorías. En la primera categoría los alumnos ubican al ozono por encima de la estratosfera (63%), es decir los estudiantes ubican al ozono estratosférico como se observa en la figura 1. La segunda categoría los estudiantes ubican al ozono debajo de la estratosfera (33%) (Figura 1). El hecho de que los alumnos piensen en la capa de ozono y la sitúen arriba de la estratosfera o abajo, nos indica que los alumnos sólo piensan en el ozono de la estratosfera. Estos resultados coinciden con los reportados previamente en donde se ha encontrado que incluso los maestros cuando se les cuestiona en dónde se encuentra el ozono se refieren que en algún lado de la “atmosfera” (Daskolia 2006).<sup>17</sup>

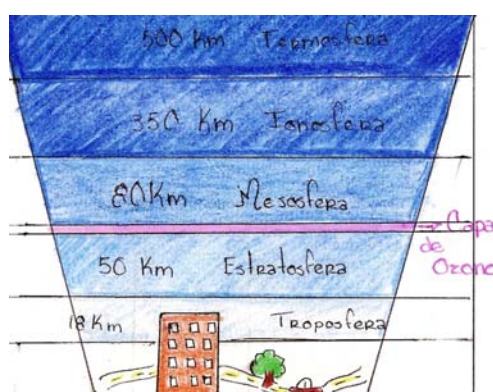


Figura 1. Categoría 1. El ozono se encuentra arriba de la estratosfera



Figura 2. Categoría 2. El ozono se encuentra debajo de la estratosfera

Dentro de este ejercicio también se les pide que expliquen ¿qué es el ozono?. Del total de 25 estudiantes el 16.6% de los alumnos no respondieron este ejercicio. Encontramos que el 33% de los estudiantes consideran al ozono como una capa que nos protege de la radiación UV. El 12.5 % de los alumnos describen al ozono como oxígeno triatómico cuya función es absorber la radiación UV, mientras que el 16.6 % piensan que el ozono es una sustancia gaseosa cuyas moléculas tienen tres átomos de oxígeno, que se forma en la atmósfera por la acción de la radiación. En esta categoría, a diferencia de las anteriores, mencionan como se forma y no hablan de su función como protector de la radiación UV proveniente del Sol. En tanto que el 16.6% se refieren a él como oxígeno triatómico y además que forma una capa en la estratosfera. La respuesta de un alumno no coincide con ninguna de las categorías anteriores ya que lo relaciona con el agujero de la capa de ozono, con la contaminación y con el cáncer de piel.

Christidou y Koulaidis dicen que utilizar metáforas puede funcionar como un mecanismo para el enriquecimiento, la modificación, o incluso la reestructuración radical de la base de conocimientos, facilitando la construcción de nuevos aprendizajes. La utilización de metáforas también juega un papel importante en la comprensión, y puede ser utilizado en la educación científica en el fin de ayudar a los alumnos la construcción de modelos adecuados de los diferentes fenómenos. Estos autores utilizan tres categorías para clasificar las metáforas, como objeto, como sustancia y como persona. La categoría general como “objeto” la dividen en cinco subcategorías: contenedor, superficie, superficie que absorbe o refleja, aire/atmosfera y agujero. Cuando se refieren a

sustancias, es cuando un estudiante dice “el ozono es como una sombrilla hecha de los gases que no podemos percibir, y los CFC son gases como un ácido que hace agujeros en el paraguas. En nuestros resultados se puede observar que los estudiantes utilizan algunas metáforas para expresar sus respuestas, ya que se refieren al ozono como un objeto o una sustancia.

<b>Categoría</b>	<b>Ejemplos</b>
Objeto	<i>Capa de gas ubicada en la estratosfera que nos protege de los rayos</i>
Sustancia	<i>Es la sustancia gaseosa cuyas moléculas tienen tres átomos de oxígeno que se forma en la atmósfera por la acción de la radiación Es una sustancia que esta compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los dos átomos que componen el gas de oxígeno</i>

Al usarlo como objeto el estudiante trabaja con analogías y metáforas, lo que nos dice que esta haciendo uso de estos elementos representacionales para crear las condiciones para la comprensión de un concepto.<sup>45</sup> Dentro de las respuestas para la pregunta ¿cuáles son los efectos de la capa de ozono?, podemos encontrar que de 25 estudiantes el 54% de las respuestas consideran que el efecto de la capa de ozono es protegernos de la radiación ultravioleta del Sol. El 16 % considera que la capa de ozono absorbe la radiación UV del Sol. Otro 16 % considera que el efecto de la capa de ozono es evitar que los rayos ultravioleta del Sol entren directamente, y que la capa de ozono actúa como un filtro. Estos resultados coinciden con los reportados en una investigación con alumnos griegos, en donde la mayoría de los estudiantes tiene una buena comprensión de dónde esta la capa de ozono.<sup>25</sup>

**Ejemplo de respuesta correcta:**

*Estudiante: Absorber una gran cantidad de las radiaciones ultravioletas del Sol que pueden llegar directamente y que puede ser dañinas para el ser humano.*

45.- Christidou V. y Koulaidis V. (1997). Children's use of metaphors in relation to their mental models: The case of the ozone layer and its depletion. *Research in Science Education*, 27(4), 541-552.

## Resultados de la Actividad 2. ¿Qué es el ozono y cómo se forma?

Con esta actividad se busca que el alumno reconozca que el ozono es un gas, y conozca las reacciones de formación en la estratosfera y en la troposfera. Esta actividad consta de dos ejercicios. En el ejercicio 3, los alumnos realizaron un dibujo de relacionado con la siguiente pregunta ¿Cómo se imaginan que la capa de ozono protege de la radiación ultravioleta? Para examinar los dibujos de los alumnos se utilizará un análisis o largo de tres dimensiones utilizado por Christidou V. et al 2009<sup>46</sup>, el que en resumen considera las siguientes características: a) analizar el tipo de representación que utilizan, es decir el grado en que los dibujos siguen las convenciones del lenguaje visual científico; b) observar la función de la representación, es decir, si sólo narra un caso, si analiza una entidad o sus partes constituyentes, o clasifica las diferentes entidades de acuerdo con criterios específicos; c) estudiar el grado de abstracción y elaboración (formal) del código visual. Esto se encuentra simplificado en la siguiente figura 3.

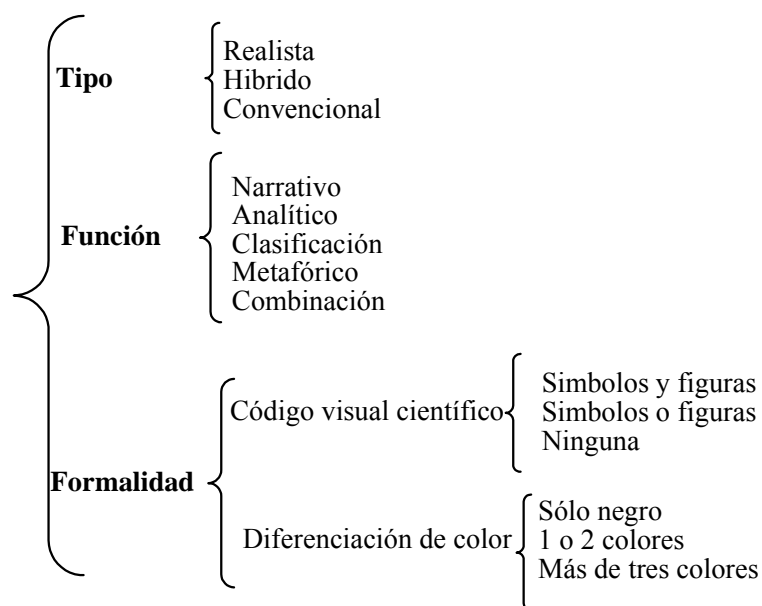


Figura 3: Los ejes del análisis de los dibujos de los alumnos

46.- Christidou V. y Hatzinikita V. y Dimitriou A. (2009). Children's drawings about environmental phenomena: The use of visual codes. *The International Journal of Science in Society*, 1(1), 107-117.

## El tipo de representación

En lo que respecta al tipo de representación, los dibujos pueden ser caracterizados como realistas, convencionales e híbridos. Los dibujos/ imágenes que representan la realidad de acuerdo a la percepción óptica humana se consideran *realistas*. Todas las imágenes visuales que representan la realidad de una manera codificada son consideradas como convencionales; por ejemplo los gráficos, mapas, diagramas de flujo y las estructuras moleculares. Estos se construyen de acuerdo a la convenciones tecnocientífica. En los dibujos híbridos pueden integrar tanto elementos realistas como convencionales (Dimopoulos, K. et al., 2003).

De acuerdo con esto, los dibujos los alumnos en su gran mayoría son convencionales (92%) (Figura 4) mientras que el 8% restante son híbridos (véase figura 5.). Los elementos que se representan en un dibujo convencional incluyen la radiación solar, la ubicación del ozono, el transporte de los gases contaminantes en la atmósfera, la capa de ozono y el agujero de la capa de ozono. Los elementos realistas que se observan en los dibujos son las representaciones de las cosas (los seres humanos, animales o plantas), objetos de la vida cotidiana (basura, carros) u otras del entorno natural o artificial (las montañas, las carreteras, las nubes o las industrias).



Figura 4. Representación convencional con función narrativa y analítica y baja formalidad (izquierda). Representación convencional con función narrativa y analítica y baja formalidad (derecha).

### La función de los dibujos

Las representaciones narrativas se utilizan generalmente en los textos científicos con el fin de ilustrar técnicas como procedimientos experimentales o procesos naturales, por ejemplo, el ciclo del nitrógeno en la naturaleza.<sup>47</sup> Los dibujos presentan principalmente una función narrativa (100%), es decir, los alumnos representan la evolución de los acontecimientos en el espacio y en el tiempo. Los eventos típicos que se muestran en los dibujos de los alumnos son la energía solar que llega a la Tierra y se irradia o se ve reflejada hacia la atmósfera y el espacio (Figura 4). En otros casos se observa que esa energía atraviesa la capa de ozono y los rayos solares entran a través de la atmosfera a la superficie terrestre. Estos resultados coinciden con los dibujos de los estudiantes griegos descritos por Christidou V. et al 2009 ver figura 6.



Figura 5. Representación híbrida con función narrativa y baja formalidad

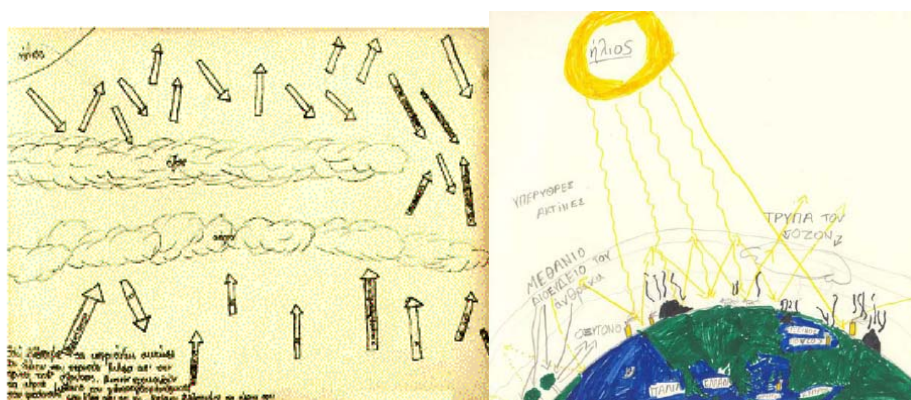


Figura 6. Representación híbrida con función narrativa, clasificacional baja formalidad (derecha) y alta formalidad (izquierda)

47.- Dimopoulos, K., Koulaidis, V. y Sklaveniti, S. (2003). Towards an analysis of visual images in school sciences textbooks and press articles about science and technology. *Research in Science Education* 33(2), 189-216.

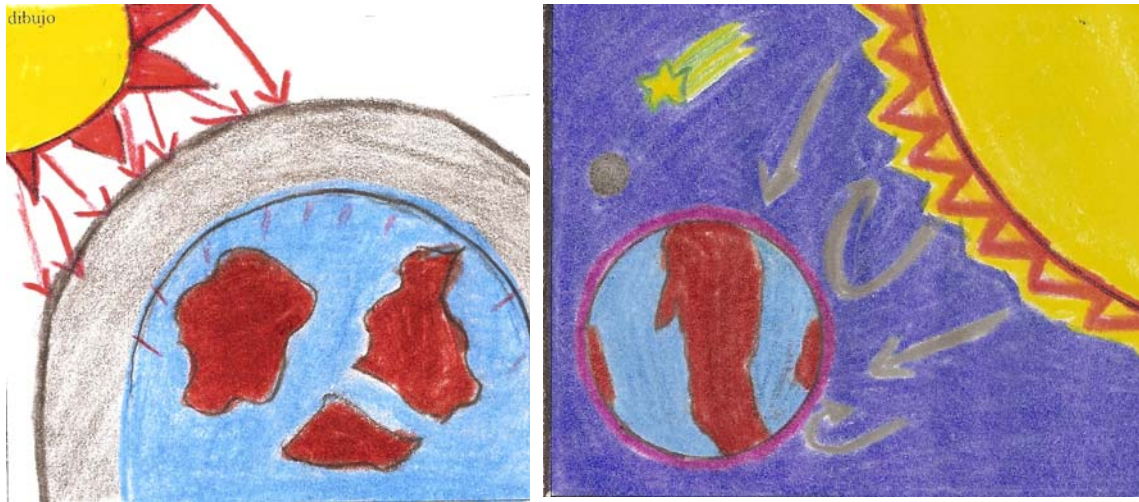


### **Formalidad**

La formalidad del código visual es el grado de su elaboración y la abstracción que se puede observar en un dibujo. La "gramática visual" empleada en los textos de la ciencia en general consiste en un código de alta formalidad, por ejemplo mediante el uso de los símbolos de las sustancias químicas, o el uso restringido del color en los diagramas. La formalidad se puede estimar por el nivel de abstracción. En los dibujos se puede determinar por los siguientes indicadores: a) introducir elementos como símbolos (letras o números), o formas geométricas; cuando en un dibujo se observan los símbolos y las formas geométricas se trata de un dibujo con un valor máximo de formalidad; b) utilizar diferentes colores para diferenciar conceptos, cuando son más de tres colores se tiende a reducir la formalidad, mientras que el uso restringido del color (por ejemplo el uso exclusivo de lápiz) plantea la formalidad de una ilustración.

En este caso y siguiendo esta clasificación, el 58% de los dibujos presentaron un bajo nivel de formalidad ya que usan más de dos colores y pocos símbolos, mientras que el 29% de los estudiantes realizaron su dibujo con un solo color aumentando con ello la formalidad. Un ejemplo de esto se presenta en la figura 6. De acuerdo al análisis de los dibujos parece ser que los estudiantes a nivel bachillerato están familiarizados con las reglas básicas de la "gramática visual", ya que utilizan adecuadamente los códigos y las convenciones del lenguaje de la ciencia con el fin de describir y explicar las ideas. Esto le ayudará a lograr el ambiente adecuado para poder construir el conocimiento, incluso cuando sus representaciones son insuficientes si se compara con la explicación científica de los fenómenos representados. Por otra parte, en los dibujos de los estudiantes se puede observar que existen modelos principales de la forma en que se imaginan que la capa de ozono protege de la radiación ultravioleta, como se puede ver a continuación.

**Modelo 1.** En esta categoría el ozono forma una capa encima de la Tierra. Esta capa detiene la radiación ultravioleta del Sol, impidiendo que los rayos solares entren directamente en la Tierra. Un ejemplo se muestra a continuación.



**Modelo 2.** El ozono forma una capa en la atmósfera alrededor de la Tierra. La capa de ozono refleja o dispersa los rayos ultravioleta procedentes del Sol, lo que les impide entrar en la tierra, como se observa a continuación.



**Modelo 3.** En esta tercera categoría, de la que un ejemplo se muestra a continuación, la capa de ozono permite pasar algunos rayos solares hacia la Tierra y actúa como una especie de filtro.



**Modelo 4.** Los agujeros en la capa de ozono permiten que los rayos del sol entren en la atmósfera, pero no pueden encontrar los "agujeros" para escapar y así andan circulando alrededor de la atmósfera, mientras que algunas radiaciones rebotan hacia el exterior, esto se observa la siguiente figura<sup>48,49</sup>



Este ejercicio es muy útil porque le ofrece al alumno la oportunidad de crear el modelo que tiene de la "capa de ozono" y puede utilizar en su representación símbolos, gráficos, letras o lo que el considere necesario. Aunque al principio trabaja de manera individual, al final tiene la posibilidad de compararlo en equipo, para probarlo y para dar las explicaciones científicas. De acuerdo a Vosniadou S. et al. (2001), si los estudiantes

48.- Christidou, V. y Koulaidis, V. (1996). Children's models of the ozone layer and depletion. *Research in Science Education*, 26(4), 421-436.

49.- Boyes E. y Stanisstreet M. (1994). The ideas of secondary school children concerning ozone layer damage, *Global Environmental Change*, 4(4), 311-324.

piensan en término de modelos, y la instrucción está basada en modelos, en lugar de sólo una instrucción lingüística y / o matemática, puede tener una mejor oportunidad de producir el cambio en las ideas previas. Uno de los problemas de la enseñanza tradicional es que se promueve rápidamente a los estudiantes a la memorización y a la aplicación reglas cuantitativas formales en la solución de problemas, sin enseñar a los estudiantes los modelos cualitativos que los propios científicos utilizan para apoyar su razonamiento.

Después de realizar los dibujos, los estudiantes escriben la respuesta a las preguntas. Cabe señalar que ambas, los dibujos y las respuestas las realizan después de leer la información. En este ejercicio también se les pidió a los estudiantes que escribieran lo que comprenden de un párrafo sobre la formación del ozono estratosférico. Se busca que los alumnos promuevan una organización más adecuada de la información que han de aprender, además se espera que el estudiante conozca que el ozono en la estratosfera se forma cuando la luz del Sol rompe una molécula de oxígeno ( $O_2$ ) produciendo dos átomos de oxígeno atómico ( $O\cdot$ ). Este átomo de oxígeno reacciona con una molécula de oxígeno formando de esta manera el ozono ( $O_3$ ). En las respuestas que dan los estudiantes podemos distinguir una primera categoría; el ozono se disocia y/o se descompone por la acción de los rayos solares/Sol, como se puede leer en el recuadro

**Estudiante:** *El ozono se forma por la reacción con los rayos solares que disocia al  $O_2$ , que al entrar en contacto con otros oxígenos se forma el  $O_3$ .*

En la segunda categoría los alumnos mencionan que el ozono se forma porque la radiación UV descompone una molécula de oxígeno y este se combina con otra molécula de oxígeno para formar ozono. Es una categoría diferente de la primera porque en lugar de rayos solares mencionan la radiación ultravioleta, como se puede leer en el recuadro.

**Estudiante:** *Las radiaciones ultravioletas del Sol forma el ozono en la estratosfera decomponiendo las moléculas de  $O_2$  y se producen dos átomos de  $O$  que al combinarse con otras moléculas de  $O$  forman ozono.*

La tercera categoría (ver recuadro) en su explicación los estudiantes además argumentan que se trata de un ciclo ilimitado.

**Estudiante:** *La radiación UV se para a los  $O_2$  en moléculas individuales  $O$ , pero estas son altamente reaccionables y cuando chocan con otros  $O_2$  forman el ozono que vuelve a ser descompuesto por la radiación y se vuelve a dar el ciclo.*

Para ver si los estudiantes logran representar las reacciones químicas por medio de una ecuación química, se les solicita a los estudiantes que escriban las ecuaciones químicas de las dos reacciones de formación del ozono ( $O_3$ ) en la estratosfera. Aquí tan sólo el 29% de las respuestas de los estudiantes fueron correctas. Durante los últimos años los medios de comunicación cuando hablan del ozono y del adelgazamiento de la capa de ozono casi siempre lo asocian al peligro. Esto aumenta la probabilidad de que las consecuencias perjudiciales que proyectan los medios sean más fáciles de recordar. Esto también explica por qué los niños tanto como los profesores parecen saber más acerca de la radiación UV y sus posibles riesgos para la salud humana que sobre la naturaleza de la capa de ozono y el mecanismo de formación del ozono estratosférico (Leighton y Bisanz, 2003)<sup>50</sup>.

Lo anterior se puede comprobar porque el 54% de los alumnos considera que el efecto del ozono en la estratosfera es proteger de la luz ultravioleta del Sol, y el 8% considera que el ozono absorbe la radiación UV del Sol. El 16% considera que el efecto del ozono en la estratosfera es el de formar la capa de ozono que nos protege de la radiación ultravioleta, como se observa en el recuadro.

**Estudiante:** *Es el protector natural protege la vida de los efectos dañinos de los rayos ultravioleta del Sol*

En el ejercicio 4 se espera que los alumnos conozcan el mecanismo de formación del ozono en la troposfera. El ejercicio consiste en a completar una tabla en donde se describen una a una las ecuaciones de formación de ozono en la troposfera. Los estudiantes tienen que llenarla con las ecuaciones químicas adecuadas, los resultados muestran que el 21% de los estudiantes realizó la respuesta correcta, la mayoría de los estudiantes hicieron las ecuaciones pero olvidaron balancearlas, tuvieron pequeños errores al no poner los estados de agregación entre otros casos (58%).

50.- Leighton, J. P. y Bisanz, G. L. (2003). Children's and adults' knowledge and models of reasoning about the ozone layer and its depletion. *International Journal of Science Educatio*, 25(1), 117–139.

### **Resultados de la Actividad 3. El ozono en la troposfera**

El propósito de esta actividad es que el estudiante distinga la presencia del ozono en la troposfera y sus efectos contaminantes, las reacciones de formación del ozono y la participación de los óxidos de nitrógeno (NOx) en su formación. El primer ejercicio de la actividad (ejercicio 5) se debe de contestar a partir de una noticia con información sobre el carácter contaminante del ozono. El estudiante tendrá que deducir que el ozono produce diferentes efectos, dependiendo de su ubicación en la atmósfera. En la troposfera constituye un importante contaminante secundario formado a partir de las emisiones generadas de la combustión de los automóviles.

En la primera pregunta del cuestionario se les solicita que explique los diferentes efectos del ozono. Entre las respuestas de los estudiantes se encuentra que el 12,5% mantiene su idea del ozono en la estratosfera, y su función como protector a pesar de que la lectura habla del efecto del contaminante del ozono en la troposfera. Aún así, un mayor número de estudiantes logró contrastar la información de la lectura con la nueva información (42%, ver recuadro para ejemplos).

**Estudiante:** *Es un protector solar natural, ya que protege la vida de los efectos de los rayos ultravioleta del Sol*

**Estudiante:** *Los efectos del ozono están estrechamente relacionados con la ubicación donde se encuentre mientras mas alto se localice será benefactor mientras más bajo se encuentre este será dañino*

El 17% de la población argumenta en su respuesta que el ozono es un contaminante. El 12.5% habla del efecto sobre la calidad del aire y olvidan en sus respuestas hacer énfasis en su efecto como protector de la radiación solar (ver recuadro)

**Estudiante:** *Según en la noticia nos dice que los automóviles son los principales creadores del ozono y que por ello al haber hidrocarburos y dióxido de nitrógeno, el ozono va siendo más dañino.*

**Estudiante:** *Afecta la calidad del aire, puede entrar en contacto con nuestra piel y trata de combinarse con nuestras células y entra en contacto con nuestros ojos va a tener una reacción.*

Un objetivo importante de este cuestionario es que los alumnos logren identificar que la información en ambas lecturas se refiere a la misma molécula. Se espera que ellos sepan que el ozono ( $O_3$ ) que se forma en la estratosfera y en la troposfera es la misma molécula. La diferencia es que en la estratosfera se encuentra formando la capa de ozono y en la troposfera es parte del aire que respiramos. De las respuestas de los estudiantes para la siguiente pregunta del cuestionario se observa que el 92% piensa que si se trata de la misma molécula. Algunos sólo contestan que sí, sin dar alguna información más. Otros estudiantes dan más información que nos deja ver que logran percibir lo que buscamos, y es que el ozono tiene diferente función dependiendo del lugar en donde se localice en la atmósfera, como se observa en el siguiente cuadro.

**Estudiante:** *En la primera nos dice que es una molécula buena porque detiene los rayos ultravioleta y en esta nos dice que es una molécula mala.*

**Estudiante:** *Si se trata de la misma molécula porque hablan de la molécula de ozono ( $O_3$ ) sólo que consecuencia son reacciones diferentes, dependiendo del lugar donde se encuentre (si está en la estratosfera es bueno, si esta en la troposfera es malo.)*

Las respuestas de los estudiantes a la pregunta del cuestionario ¿por qué se habla del ozono como contaminante? nos dejaron ver que a pesar de las lecturas sigue permaneciendo la idea de que el ozono esta ligado con el efecto invernadero (17%). Esta es una idea previa reportada que se mantiene en los estudiantes de diferentes edades y de diferentes poblaciones<sup>51, 52, 53</sup> Por otra parte, el 17% de los estudiantes consideran que el calor y la radiación multiplican los niveles de ozono. El 29% de las respuestas son más cercanas a la respuesta que esperamos, que se refiere a que los estudiantes sepan que el ozono que se encuentra a nivel de la troposfera puede ocasionar daños a la salud y producir irritación del tracto respiratorio por su alta capacidad oxidante.

51.- Jakobsson A., Mäkitalo Å., y Säljö R. (2009). Conceptions of knowledge in research on students' understanding of the greenhouse effect: methodological positions and their consequences for representations of knowing. *Science education*, 93(6), 978–995.

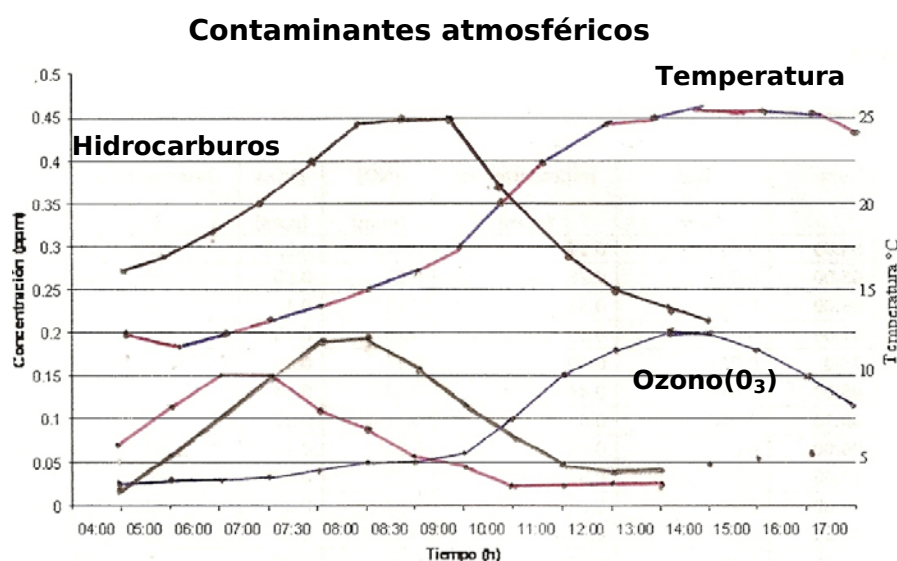
52.- Mason, L., y Santi, M. (1998). Discussing the greenhouse effect: children's collaborative discourse reasoning and conceptual change. *Environmental Education Research*, 4(1), 67-81.

53.- Morgan, M. D., y Moran, J. M. (1995). Understanding the greenhouse effect and the ozone shield: an index of scientific literacy among university students. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 76(7), 1185-90.

Para la pregunta ¿qué relación puede existir, si es que la hay, entre los óxidos de nitrógeno y el ozono?, encontramos que el 50% de los estudiantes relaciona la presencia del dióxido de nitrógeno con la formación del ozono. Se espera en su respuesta que el alumno identifique el dióxido de nitrógeno como un contaminante que en presencia de la luz UV del Sol se fotoliza en monóxido de nitrógeno (NO) y oxígeno atómico (O·), el cual reacciona con el oxígeno presente en el aire para formar ozono. En el recuadro se pone un ejemplo.

**Estudiante:** Con el calor y los rayos del Sol descomponen los óxidos de nitrógeno y al combinarse estos con el oxígeno crean el ozono.

El ejercicio 6 fue diseñado para ayudar a los estudiantes a distinguir entre los efectos nocivos del ozono cerca de la superficie de la Tierra (troposférico) y los beneficios proporcionados por la capa de ozono presente (estratosfera). La idea del ejercicio es que los estudiantes logren obtener información de la gráfica. Para ello se plantean una serie de preguntas. En este ejercicio los estudiantes generan una gráfica de la concentración del ozono (O<sub>3</sub>) y de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) en función del tiempo, usando los datos proporcionados. Los resultados muestran que a los alumnos les cuesta realizar una gráfica, confunden los datos que van a graficar y la escala. Aún así, la mayoría de los alumnos realizó correctamente la gráfica (79%), como se ve en la siguiente figura.





Después de realizar la gráfica, los estudiantes tenían que contestar ¿a qué hora es máxima la concentración de ozono? y argumentar por qué ocurre a esa hora. Los resultados muestran que al menos el 54% de los estudiantes percibe que la máxima concentración de ozono se alcanzará cuando exista mayor radiación solar. Esto se observa en la gráfica en el rango de las 13 a 14 horas. Algunos ejemplos se muestran en el recuadro.

**Estudiante 1:** *El ozono alcanza su máxima concentración a las 13:00-14:00 horas debido a que aumenta la radiación UV y los contaminantes para que obtengamos al ozono como producto*

**Estudiante 2:** *A la una de la tarde y a las dos de la tarde, esto ocurre porque a estas horas es cuando los rayos del Sol están en su punto más alto y permiten que las reacciones de formación de ozono se lleven a cabo con mayor facilidad, esto aunado con la temperatura que se incrementa también*

En la siguiente pregunta ¿cómo explicas el comportamiento de la concentración de ozono durante el transcurso del día?, sólo algunos estudiantes (13%) logran identificar que el ozono es un contaminante que no se emite directamente a la atmósfera, sino que se forma mediante reacciones fotoquímicas de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los cuales son emitidos directamente a la atmósfera y es por eso que al inicio del día existe una menor concentración de ozono. Sin embargo, conforme transcurre el día aumenta la concentración de los contaminantes que lo producen y con ello la concentración de ozono [O<sub>3</sub>] (ver ejemplo en el recuadro).

**Estudiante 2:** *Gracias al humo que arrojan las fábricas y automóviles que contiene monóxido de nitrógeno e hidrocarburos, reaccionan con la Luz del Sol y esta reacción hace que se transforme en dióxido de nitrógeno. A medida que sigue la mañana la luz del Sol ocasiona que el monóxido de nitrógeno reaccione con el oxígeno para formar nuevamente el ozono.*

Por otra parte algunos alumnos también relacionaron el aumento de la concentración del ozono con las actividades que se realizan durante el día; combustión de los automóviles, fábricas y las actividades humanas (38%). Otros estudiantes sólo relacionaron el comportamiento del ozono con el aumento de la temperatura y la radiación solar (38%) (ver ejemplos en los siguientes recuadros).

**Estudiante 1:** Como puedo apreciar claramente en la gráfica el ozono aumenta a medida que transcurre el día esto se debe a que conforme avanza el día, la ciudad comienza sus actividades por lo que se realiza mayor combustión por el día gracias a los automóviles, nosotros los humanos, etc.

**Estudiante 2:** Pues el comportamiento del ozono puede variar ya que este es por el uso de los automóviles particulares en el D.F. ya que estos producen cientos de gramos de monóxido de carbono.

**Estudiante 3:** Conforme va avanzando el día el ozono va aumentando pues conforme haya más calor, las sustancias reaccionan más rápidamente. Supongo que también influyen mucho los rayos ultravioleta que hacen que reaccionan más rápido.

En el último ejercicio de esta actividad (ejercicio 7) los alumnos realizaron un mapa mental. Se busca que esta estrategia les permita dar mayor contexto organizativo a la nueva información. De acuerdo a Díaz-Barriga (2002) el hecho de que el estudiante proporcione una adecuada organización a la información que se ha de aprender, mejora su significatividad lógica y en consecuencia, hace más probable el aprendizaje significativo de los alumnos<sup>54</sup>. La ventaja de la utilización de un mapa mental es que éste concuerda con un modelo de educación:

- a) centrado en el alumno y no en el profesor;
- b) atiende al desarrollo de destrezas y no se conforma sólo con la repetición memorística de la información por parte del alumno.<sup>55</sup>

En este ejercicio la mayoría de los estudiantes logró identificar que el ozono en la estratosfera se forma por la acción de la radiación ultravioleta sobre las moléculas de oxígeno, y el ozono troposférico se forma cuando el dióxido de nitrógeno (contaminante primario) en presencia de la luz UV del Sol se fotoliza en monóxido de nitrógeno (NO) y oxígeno atómico (O·), el cual reacciona con el oxígeno presente en el aire para formar ozono. Además pudieron diferenciar su efecto dependiendo de su ubicación en la atmósfera. A continuación se presenta un ejemplo de mapa mental de uno de los estudiantes.

---

54.- Díaz-Barriga Arceo, Frida y Gerardo Hernández Rojas (2002) Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista, McGraw-Hill, 2a ed., México,

55 Ontoria A., Ballesteros A., Cuevas, C., Giraldo L., Martín y I., Malina A. (2006). Mapas conceptuales, Ed. Arcea.

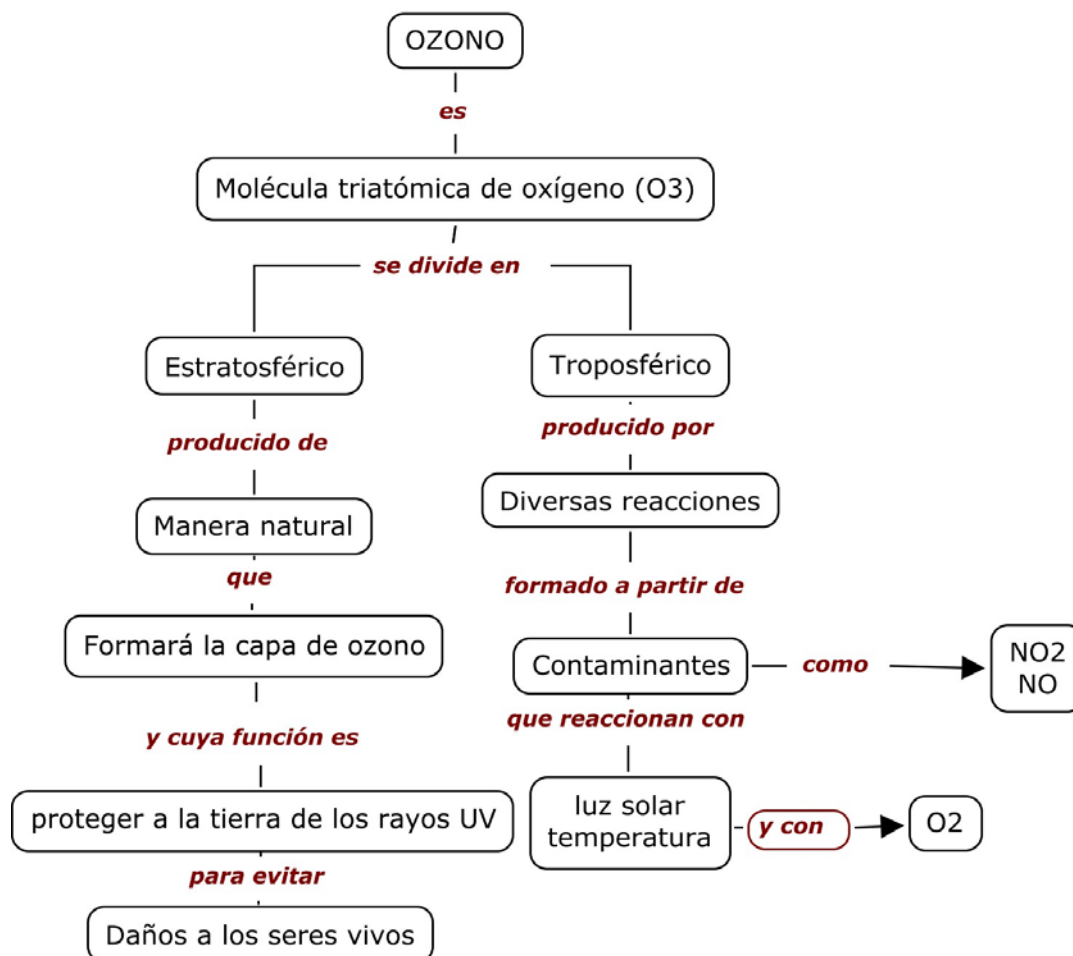


Figura 8. Ejemplo de la respuesta de un alumno al ejercicio 7.

#### **Resultados de la Actividad 4. El ozono en la estratosfera**

El propósito de la actividad es buscar que el alumno indague más sobre el adelgazamiento de la capa de ozono, que deje a un lado la idea de la existencia de un agujero, que sepa que la capa de ozono es más densa en unas regiones que en otras, y que reconozca que en las últimas décadas se ha disminuido la capa de ozono por la utilización de algunas sustancias químicas. En los resultados obtenidos en este ejercicio (ejercicio 8) se puede observar que el 50% asocia el adelgazamiento de la capa de ozono a la contaminación. A continuación se muestra un ejemplo del ejercicio realizado por un estudiante.

**Estudiante:**

*Conforme han pasado los años observamos como la capa de ozono se ha formado y ha protegido la vida del planeta. Pero también gracias a los muchos inventos del hombre ha hecho que con los químicos y la basura se vaya adelgazando la capa de ozono y así los rayos UV dañan más la salud de las personas.*

*El adelgazamiento de la capa de ozono se debe principalmente a la presencia de contaminantes que perjudican la capa de ozono, dañándola y quitándoles sus propiedades protectoras. Desde hace muchos años los científicos descubrieron la presencia de oxígeno en la atmósfera y poco después la existencia del ozono, que se creía era una forma inestable del oxígeno. Al descubrir y nombrar a la estratosfera comienzan estudios, a partir de mediciones de rayos UV para comprobar la existencia de O<sub>3</sub> en la estratosfera.*

*Se detectan los compuestos que contaminan el ozono, como los óxidos de nitrógeno, fertilizantes que podrían contribuir con la destrucción o adelgazamiento de la capa de ozono, otro compuesto contaminante fueron los que contenían nitrógeno. Principalmente el adelgazamiento de la capa de ozono y la causa por lo que se está derritiendo los polos, es que el ozono se encuentra concentrado en el ecuador y los compuestos que destruyen la capa de ozono como el NO, NO<sub>2</sub> e hidrocarburos.*

El 12.5% si mencionan a los clorofluorocarbonos (CFC's) como las sustancias químicas responsables del adelgazamiento de la capa de ozono

**Estudiante.** *El adelgazamiento de la capa de ozono es un efecto que esta sufriendo la Tierra que sobre todo se ve más o se resalta en los polos y este cambio se da siempre ya mayor medida en la estación primavera austral. Esta capa delgada ocupa 21 millones de Km<sup>2</sup> y su reducción aumento de los años 1975 en adelante y actualmente se destruye un 5% cada diez años. Se quiere eliminar la CFC y para el 2050 pretenden cerrar el agujero que se provocará a causa del desgaste del ozono.*

**Estudiante:** *Es la serie de cambios que sufre esta capa, esto gracias a la alta contaminación y consumo de CFC's (clorofluorocarbonos) que son los principales compuestos encargados de deteriorar la capa de ozono. Es prácticamente el debilitamiento que sufre esta capa por la utilización de tantos contaminantes generados por el hombre que facilitan la vida.*

Un 12.5% asocia el adelgazamiento de la capa de ozono con el calentamiento global. Estos resultados coinciden con lo reportado en la literatura y nos dice que estos conceptos erróneos son específicos entre la población.<sup>56, 57</sup>

**Estudiante:**

*La capa de ozono es una capa conformado por oxígeno triatómico esta capa se produce de una reacción entre el oxígeno diatómico y el oxido de nitrógeno, estos dos gases producen el ozono y el ozono se encuentra en la troposfera y en la estratosfera pero otros contaminantes adelgaza y la destruye y esto ocasiona un sobrecalentamiento en la Tierra pues los rayos ultravioleta penetran la capa y dañan a los seres vivientes en la Tierra. Si la capa de ozono desapareciera el mundo sería inhóspito habría un calor muy intenso, tan intenso que no permitiría la existencia de vida, los polos se derretirían y habría inundaciones en diferentes partes del planeta.*

En cuanto a las respuestas a la pregunta ¿Cómo explicas que el agotamiento de la capa de ozono sea un problema?, los resultados muestran que el 62.5 % lo asocia a una menor protección de la radiación UV y con ello problemas de salud y sobre todo de la piel.

56.- Österlind, K. (2005). Concept formation in environmental education: 14-year olds' work on the intensified greenhouse effect and the depletion of the ozone layer. *International Journal of Science Education*, 27(8), 891–908.

57. - Koulaidis, V., y Christidou, V. 1999. Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Science education*, 83(5), 559-576.

**Estudiante:** Porque entonces nosotros nos llegarían los rayos ultravioleta directamente provocándonos así enfermedades en la piel.

**Estudiante:** Claro que el agotamiento de la capa de ozono es un problema porque es el encargado de protegernos de los rayos ultravioleta, los cuales son sumamente dañinos para nuestra salud y nos pueden causar múltiples e importantes enfermedades.

Un 17 % lo asocia a una disminución de la protección de la luz ultravioleta pero además lo relaciona con el cambio climático.

**Estudiante:** Es un problema porque permite mayor radiación solar, que es un daño para todos los seres vivos del planeta, también porque se generan cambios ambientales y cambios de ecosistemas.

**Estudiante:** Es un problema porque la capa de ozono nos protege de muchas cosas, una de ellas es que los rayos del Sol lleguen directamente y no nos hagan daño ni provoque el calentamiento global

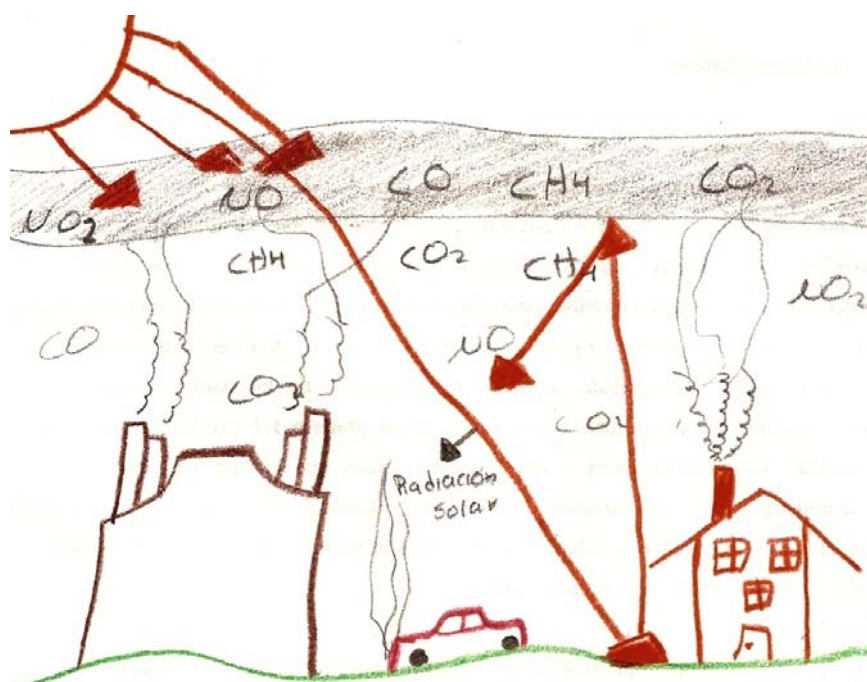
Dentro de este ejercicio, los estudiantes deben de analizar una gráfica de la concentración de ozono en función del tiempo. Este ejercicio muestra que en 1957 las unidades de concentración de ozono eran aproximadamente 330 unidades y esta concentración se ve disminuida a lo largo de las últimas tres décadas, lo que nos indica que la concentración de ozono estratosférico ha disminuido. En este ejercicio el 67% de los estudiantes fueron capaces de visualizar que la concentración de ozono ha disminuido.

**Estudiante:** La reducción de la capa de ozono en tan sólo 30 años ha reducido desde 350 de concentración hasta un 100.

### Resultados de la Actividad 5. El efecto invernadero y su relación con el ozono

Finalmente los resultados que se obtuvieron para el ejercicio 9, nos muestran que a pesar de haber realizado la Unidad didáctica, los estudiantes siguen manteniendo algunas ideas erróneas sobre el efecto invernadero, el calentamiento global, y el cambio climático. Por ejemplo hay confusión entre lo que significa efecto invernadero, así como el tipo de radiación involucrada en este.

Los estudiantes creen que el calentamiento global es causado por gases invernadero (por ejemplo, el dióxido de carbono, el metano y los óxidos de nitrógeno (NOx) y la contaminación del aire en general. Los alumnos creen que el dióxido de carbono o los gases de efecto invernadero forman una capa en la atmósfera que atrapa y refleja la luz del sol como se observa en la siguiente figura.



**Estudiante:** La cantidad de contaminantes es excesiva es la que producimos todos los humanos como las industrias, carros, casas, aerosoles etc. Los rayos del Sol rebotan en la Tierra y la contaminación lo que incrementa la temperatura.

Algunos estudiantes creen que el calentamiento y el cambio climático son causados por un aumento de la radiación solar como se observa en las siguientes figuras.



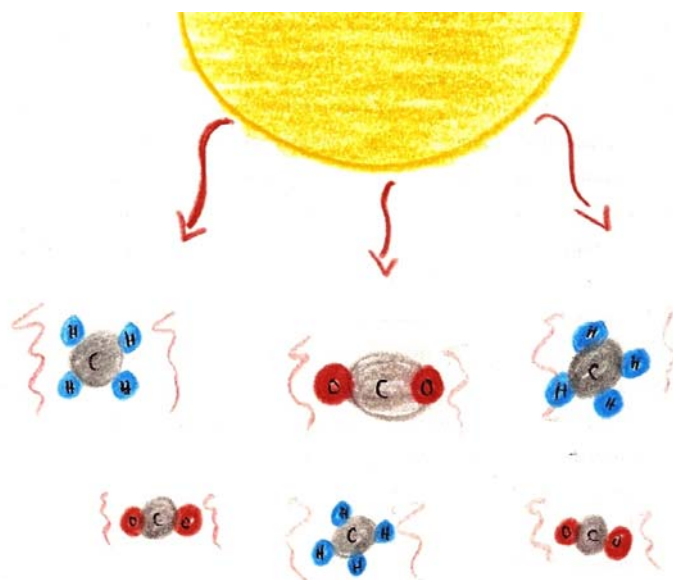
**Estudiante:** La radiación solar pasa a través de la atmósfera libre de obstáculos, la energía es absorbida por la tierra y provoca el calentamiento global que trae muchas consecuencias esto ocurre por todo el contaminante que arrojan los coches, fábricas, los incendios forestales etc.



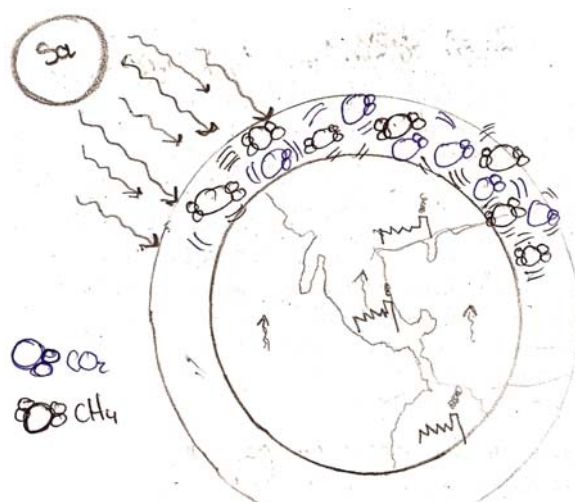
**Estudiante.** En el dibujo se ve la planta de luz unos autos en una autopista, unas fábricas ¿Qué tienen en común? Producen contaminantes que al atravesarlos, los rayos del Sol son descompuestos y producen o contribuyen al calentamiento global (al igual que la acumulación de basura en el lago).



Cabe destacar que la mayoría de los estudiantes consideran al dióxido de carbono como un gas de efecto invernadero y también toman en cuenta otros gases como el metano y los óxidos de nitrógeno como gases de efecto invernadero.



**Estudiante:** El dióxido de carbono y el metano crecen en la atmósfera y con los rayos ultravioleta interactúan con estas moléculas y las ponen a vibrar y esta vibración hace que aumente la temperatura.



**Estudiante:** Las industrias liberan cientos de toneladas de contaminantes entre ellos el dióxido de carbono y metano, los cuales acumulados en la atmósfera y gracias a los rayos UV comienzan a vibrar y esto produce la temperatura de la Tierra

Otro punto muy evidente entre los resultados es que algunos de los estudiantes son capaces de dibujar moléculas en sus dibujos. Por otra parte en los resultados se observa la evidencia de que los estudiantes tienen ideas muy arraigadas, como el asociar el “agujero de la capa de ozono” con el calentamiento global”. Lo anterior coincide con una investigación realizada con estudiantes universitarios en Inglaterra.<sup>58</sup> En general los resultados son parecidos a los descritos Kılınç et al., (2008), los estudiantes consideran a la basura en los ríos, en las calles, el agujero del ozono y la radiactividad como posible causa del calentamiento global.<sup>59</sup> Otras posibles causas del calentamiento global que se encuentran en nuestros resultados son la contaminación ambiental, la destrucción del medio ambiente por los seres humanos, las emisiones de los automóviles, la contaminación del aire, los incendios forestales, y los aerosoles y son parecidos a los descritos por Papadimitriou V., (2004)<sup>60</sup>



**Estudiante:** lo morado que sería el ozono se esta rompiendo debido a los contaminantes liberados por los autos, fábricas etc.

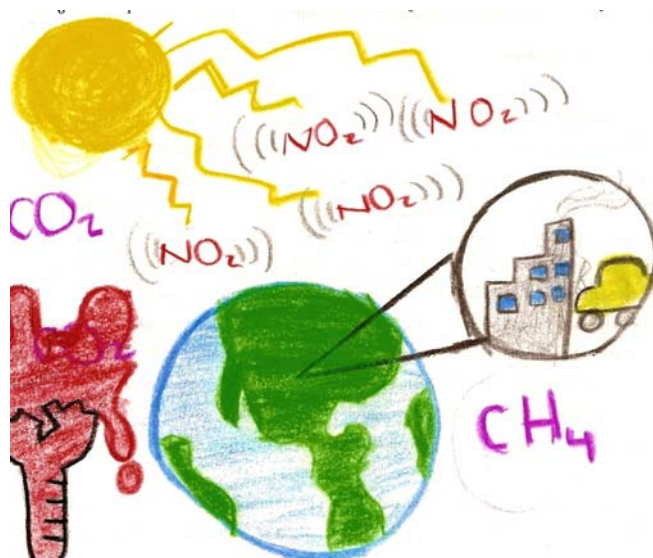
58.- Boyes, E. y Stanisstreet, M. (1992). Students' perceptions of global warming. *International Journal of Environment Studies*, 42(4), 287-300.

59.- Kılınç A., Boyes E. y Stanisstreet, M. (2008). Turkish students' ideas about global warming. *International Journal of Environmental & Science Education*, 3(2), 89 – 98

60.- Papadimitriou V. (2004). Prospective primary teachers' understanding of climate, change, greenhouse effect, and ozone layer depletion, *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 299-307

### **Análisis del instrumento de evaluación**

**V**osniadou y Brewer (1992) encontraron que los niños tienen una gran variedad de modelos mentales de la palabra física Tierra (es decir, la forma de la Tierra, el día / ciclo de la noche) que se basan en sus experiencias cotidianas. Una vez que adquieren nueva información, modifican sus ideas para hacerlas más válidas científicamente.<sup>61</sup> En su trabajo, Vosniadou y Brewer identificaron que los niños en sus modelos mentales intentan reconciliar los nuevos conocimientos, que la tierra es una esfera, a sus conocimientos preexistentes, que la tierra es plana. Lo mismo se observa en la siguiente figura. El estudiante tiene una idea previa del efecto invernadero, el cual acomoda a la nueva información, habla de rayos infrarrojos lo cual es científicamente cierto, pero confunde o hace un modelo enriquecido al creer que a partir del  $\text{NO}_2$  se genera el dióxido de carbono y el metano, y probablemente esta confundido con la producción de ozono troposférico.

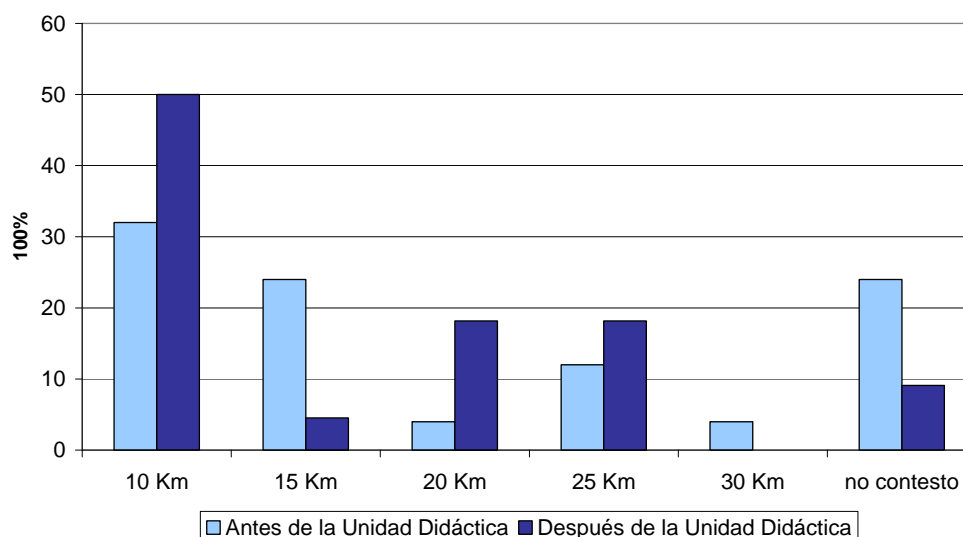


**Estudiante:** En la Tierra las fábricas, los automóviles etc., liberan  $\text{NO}_2$ , al entrar en contacto con los rayos infrarrojos del Sol, las pone a vibrar, se produce  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  que son gases de tipo invernadero, cuando vibran hace que la temperatura aumente.

61.- Vosniadou S, Brewer W. (1992). Mental models of the Earth. *Cogn Psychol* 24(4), 535–585

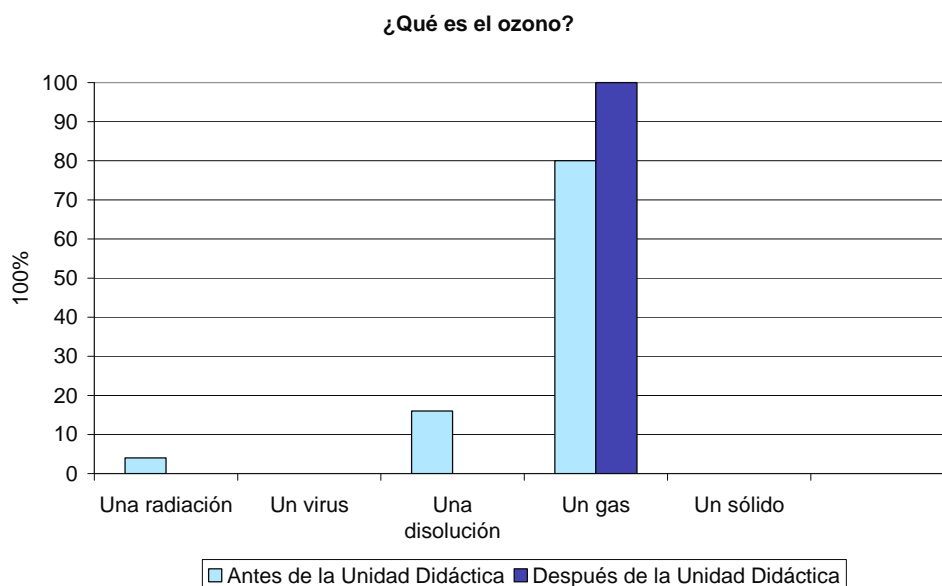
Para evaluar cualitativamente la prevalencia de las ideas previas entre los estudiantes de primer semestre de Química I, se realizó una pre-evaluación antes de implementar la Unidad Didáctica. Después de aplicar la Unidad Didáctica se aplicó el mismo cuestionario para ver el cambio en las ideas previas. La primera pregunta es para saber si los estudiantes conocen que el ozono se encuentra en la zonas atmosféricas entre 20-30 Km. de altura (estratosfera) y 5-18Km. (troposfera). En sus respuestas se espera que sepan que el ozono está presente en la atmósfera a gran altura (estratosfera) constituyendo la capa protectora, y próximo a la superficie terrestre (troposfera) donde, por el contrario, es nocivo para la salud del hombre. Como se observa en la siguiente gráfica (Gráfica 1), antes de hacer la secuencia didáctica, el 32% de los estudiantes sabían que el ozono troposférico se localiza en los primeros 10 km de la atmósfera. Después de la aplicación de la secuencia didáctica y de haber realizado los ejercicios 1 y 2, en donde se les solicita que identifiquen las capas de la atmósfera y ubiquen en ella al ozono, los resultados del cuestionario nos muestran que el 50% de los estudiantes conocen que el ozono troposférico se encuentra entre los primeros 10 Km. Se observa también que los estudiantes ya no lo sitúan en las capas altas de la atmósfera (30 km).

¿En dónde se encuentra el ozono troposférico?



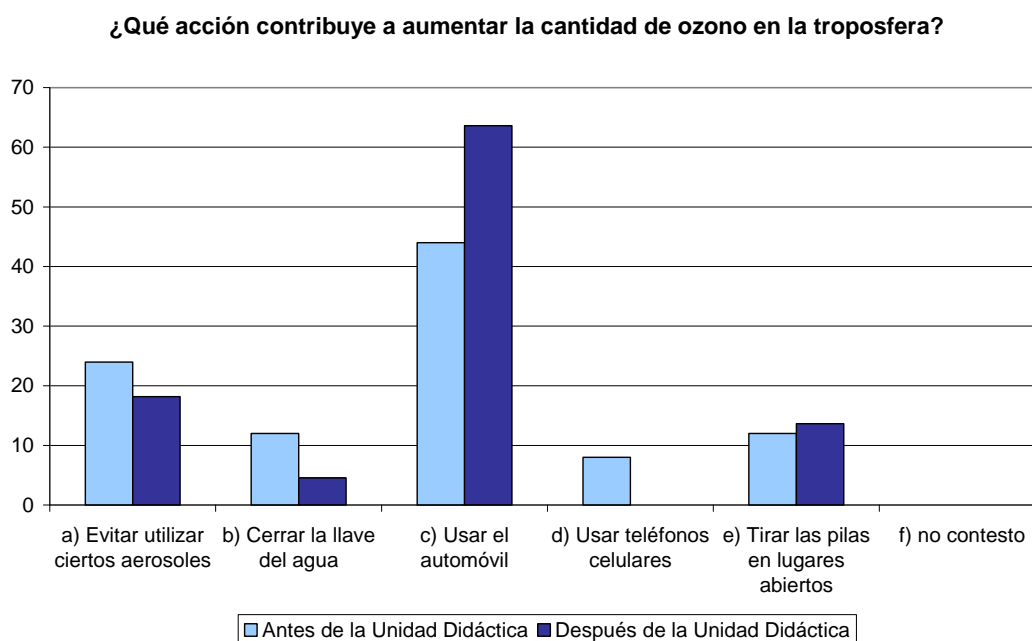
Gráfica 1. Porcentaje de respuestas de la pregunta 1 del cuestionario antes y después de la aplicación de la Unidad didáctica

La segunda pregunta nos permite saber si los alumnos conocían algo de la naturaleza del ozono. Al inicio el 80% de los alumnos sabían que el ozono es un gas, el 16 % consideraba al ozono una disolución y un 4% consideraban al ozono como una radiación. Después de realizar las actividades aquí propuestas, el 100% de los estudiantes sabe que el ozono es un gas, como se observa en la siguiente gráfica (Gráfica 2)



Gráfica 2. Porcentaje de respuestas de la pregunta 2 del cuestionario antes y después de la aplicación de la Unidad didáctica

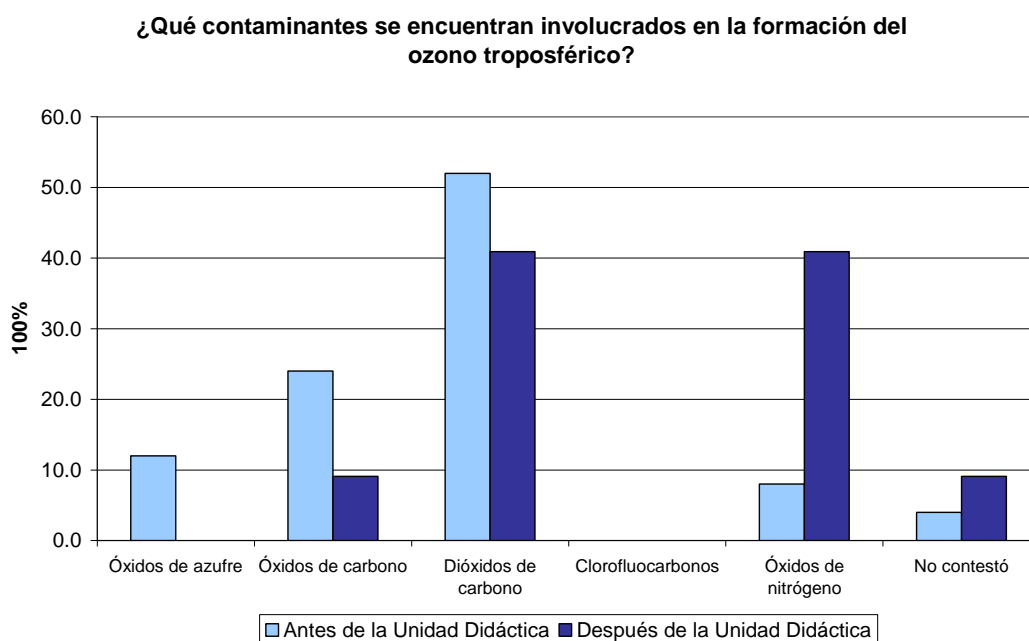
Las preguntas 3, 4 y 5 nos permiten indagar lo que saben los estudiantes sobre la producción del ozono troposférico. Se espera que reconozcan que ciertos gases emitidos a la atmósfera por el uso de vehículos ocasionan un aumento de ozono en la troposfera. Como se observa en la siguiente gráfica (Gráfica 3) la población estudiantil cambió su forma de ver las cosas sobre todo en lo del uso del automóvil, ya que al inicio el 45% percibía que usar el automóvil aumenta el ozono en la troposfera y al final el 64% de los estudiantes consideran esta opción como correcta. Cabe señalar que los alumnos después de realizar, eliminan el uso del teléfono celular como una opción y también disminuye el porcentaje de estudiantes que consideran que el desperdiciar agua tiene alguna relación con el ozono.



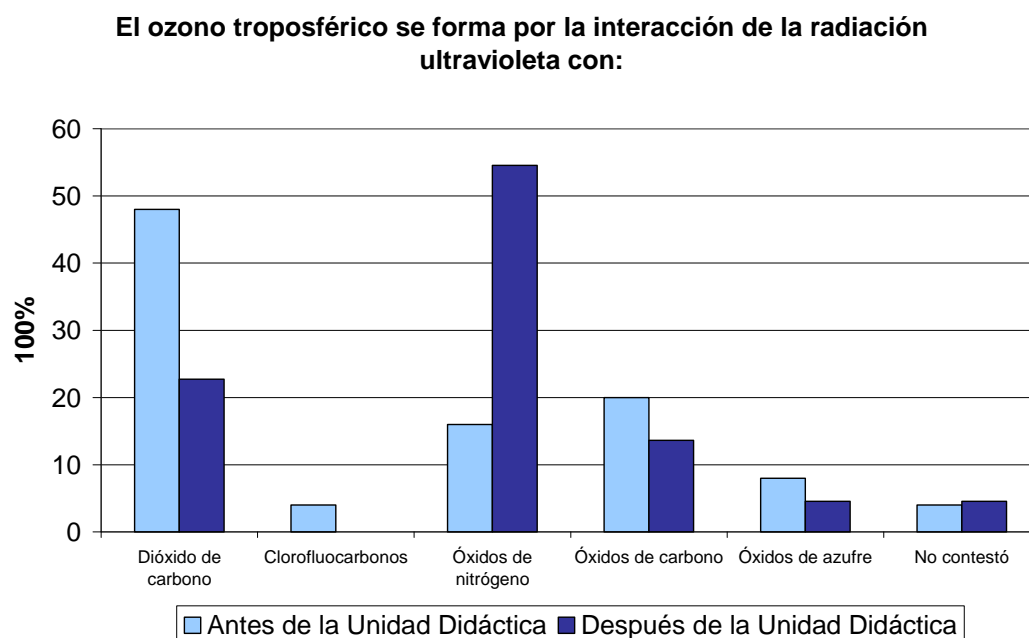
Gráfica 3. Porcentaje de respuestas de la pregunta 3 del cuestionario antes y después de la aplicación de la Unidad didáctica

Con la pregunta 4, además se busca reconocer lo que los estudiantes saben del ozono como un contaminante secundario, es decir, un contaminante que no se emite directamente a la atmósfera, sino que se forma mediante reacciones fotoquímicas de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) los cuales sí son emitidos directamente a la atmósfera. Al inicio como se observa en la gráfica 4, el 52% consideraba a los óxidos de carbono como los principales contaminantes involucrados en la formación del ozono troposférico. Al final de la Unidad didáctica, el 41% de los estudiantes saben que son los óxidos de nitrógeno los que participan en la formación del ozono en la troposfera y la idea de los óxidos de carbono como responsables baja al 40%.

En la pregunta cinco, al igual que en la anterior, el 48% de los estudiantes pensaban al inicio que el ozono troposférico se formaba por la interacción de la radiación ultravioleta con el dióxido de carbono. Al término de las actividades, el porcentaje de los estudiantes que reconocen a los óxidos de nitrógeno como responsables de la formación del ozono troposférico pasó de un 16% a un 55% como se observa en la gráfica 5.

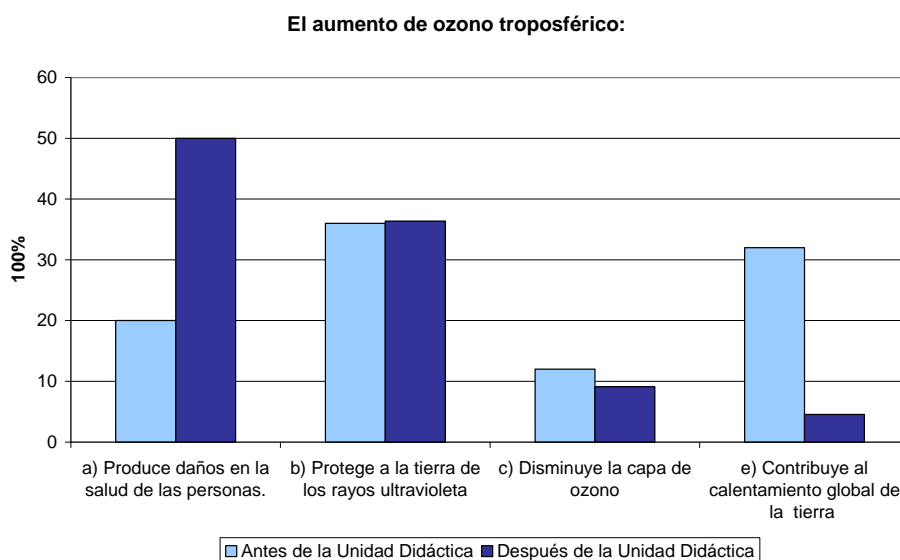


Gráfica 4. Porcentaje de respuestas de la pregunta 4 del cuestionario antes y después de la aplicación de la Unidad didáctica



Gráfica 5. Porcentaje de respuestas de la pregunta 5 del cuestionario antes y después de la aplicación de la Unidad didáctica

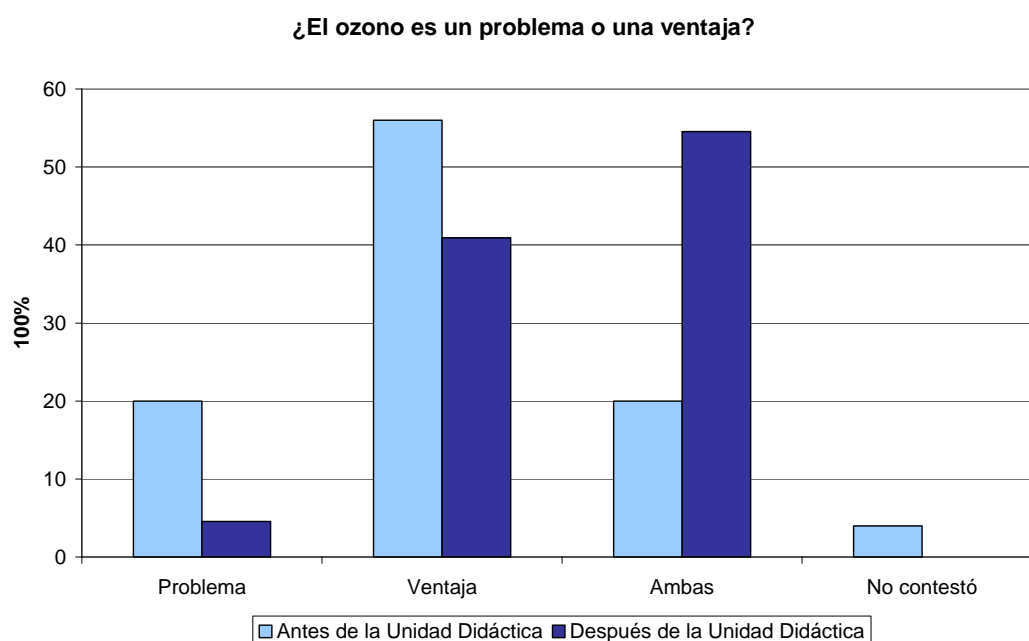
Las preguntas 6, 7, 8 y 9 se elaboraron para indagar lo que saben los estudiantes de los efectos del ozono troposférico. La pregunta seis se refiere a los efectos del ozono troposférico y estratosférico, y nos dará indicios sobre las posibles confusiones que tienen los estudiantes entre estos dos tipos de ozono. Para la pregunta 6, la respuesta correcta es que produce daños en la salud de las personas. Si los estudiantes contestan las otras opciones es porque lo confunden con el ozono estratosférico o porque lo relacionan erróneamente con el calentamiento global. En la gráfica siguiente se observa que al inicio de la secuencia, el 36% de los alumnos consideraron que el aumento del ozono troposférico protege a la tierra de los rayos ultravioleta y el 32 % de los alumnos consideró que contribuye al calentamiento global. Sólo el 20% de los alumnos eligió la respuesta correcta (el ozono troposférico produce daños en la salud de las personas). Al final y después de realizar las actividades, el 50% de los estudiantes saben que el ozono troposférico produce daños en las salud de las personas. Hay estudiantes que mantuvieron su idea de que el aumento del ozono troposférico protege de los rayos solares. Estos alumnos confunden el ozono troposférico con el ozono estratosférico. Algo realmente significativo es que al final solamente el 6% de los alumnos considera que el aumento del ozono contribuye al calentamiento global.



Gráfica 6. Porcentaje de respuestas de la pregunta 6 del cuestionario antes y después de la aplicación de la Unidad didáctica



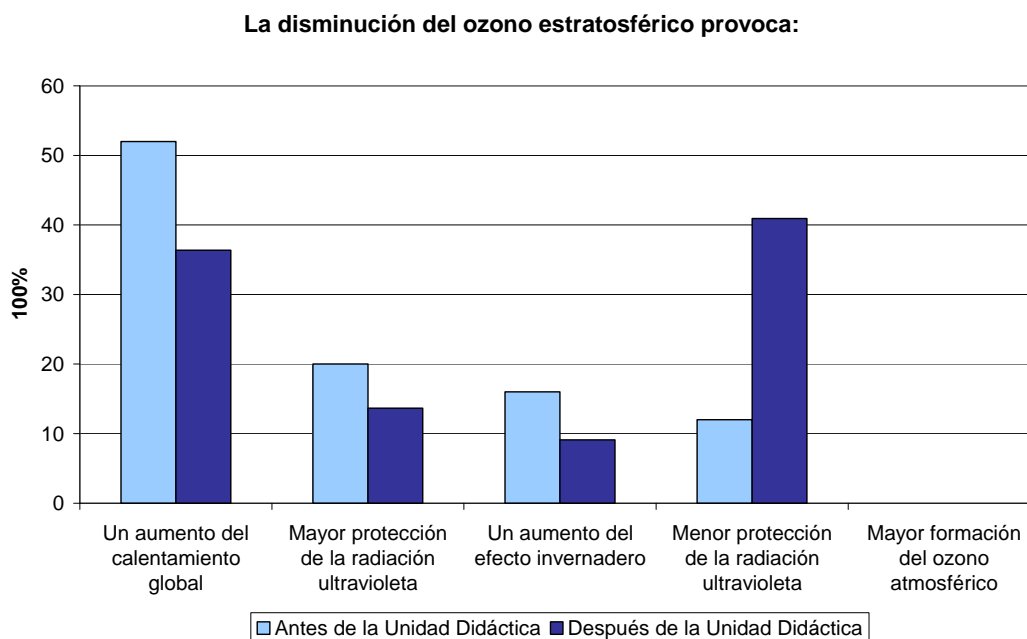
Para la pregunta 7 la respuesta correcta es que el ozono es tanto una ventaja como un problema, dependiendo de su ubicación en la atmósfera. Si los estudiantes contestan correctamente es porque reconocen que el ozono tiene dos efectos para la vida en el planeta. Las respuestas a la pregunta 7 nos indican que 55% de los estudiantes al inicio sólo consideran al ozono estratosférico, por ejemplo justifican su respuesta argumentando que la capa de ozono nos protege de los rayos ultravioleta provenientes del sol. Aquellos estudiantes que lo asocian con un problema (20%) no se refieren al ozono troposférico, sino a la disminución de la capa de ozono haciendo referencia al efecto dañino que algunas radiaciones del sol tienen sobre la salud humana. Después de realizar las actividades, el 55% de los alumnos sabe que el ozono puede ser una ventaja o un problema, dependiendo de su ubicación en la atmósfera.



Gráfica 7. Porcentaje de respuestas de la pregunta 7 del cuestionario antes y después de la aplicación de la Unidad didáctica

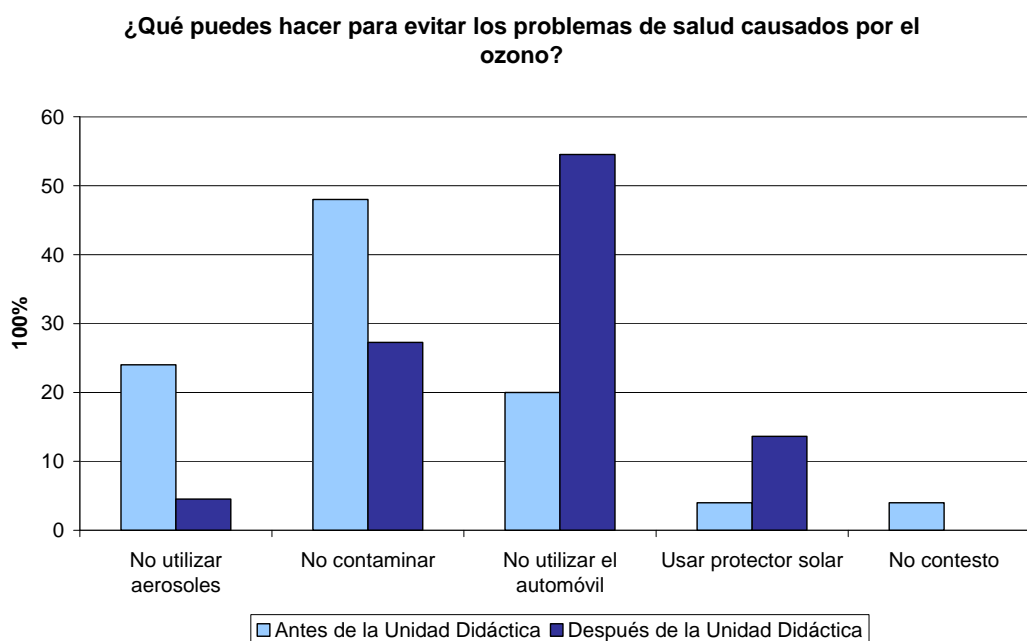
El análisis de las respuestas a la pregunta 8 nos indica que al inicio el 12% de los estudiantes conocen que la disminución de los niveles de ozono de la estratosfera permite que los rayos ultravioleta (UV) provenientes del Sol alcancen la superficie de la Tierra, provocando una menor protección de la radiación ultravioleta. Aún así, el 52% de los estudiantes lo asocian con el calentamiento global y el 16% con el efecto invernadero. Al

finalizar las actividades, el 41% de los estudiantes saben que la disminución del ozono estratosférico genera una menor protección de la radiación UV. Se observa también que baja considerablemente el número de alumnos que lo relacionan con el calentamiento global (38%) y con el efecto invernadero (9%).



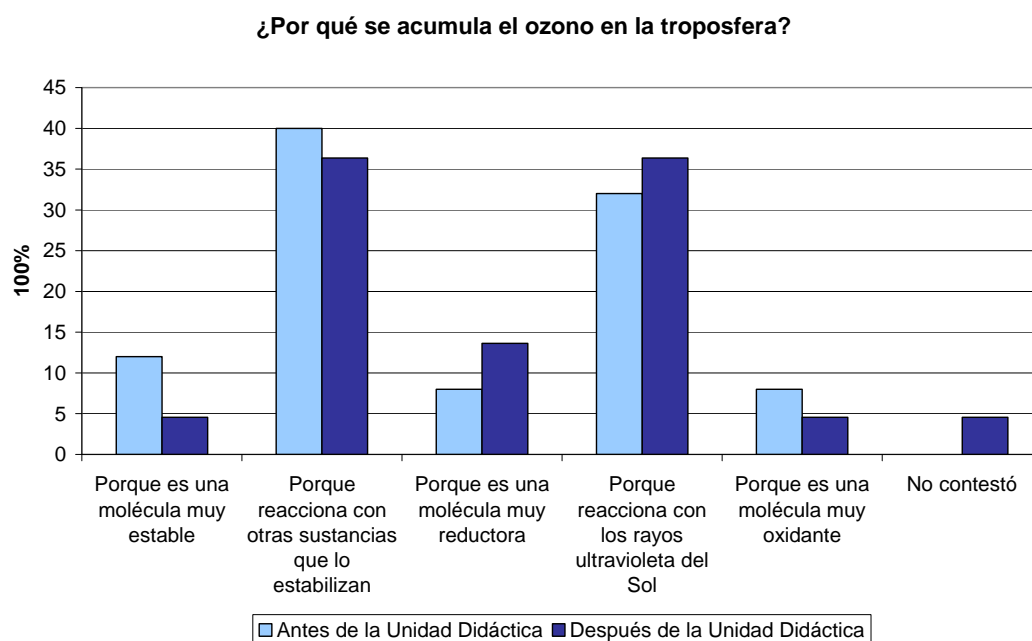
Gráfica 8. Porcentaje de respuestas de la pregunta 8 del cuestionario antes y después de la aplicación de la Unidad didáctica.

La pregunta 9 del cuestionario es una pregunta abierta, en la cual los estudiantes sugirieron no utilizar aerosoles, no contaminar, no utilizar el automóvil y usar protector solar para evitar los problemas de salud causados por el ozono, pero no especifican si se refieren al ozono troposférico o estratosférico. Después de realizar las actividades las respuestas se centran más aún en el ozono troposférico, ya que el 53% de los estudiantes reconocen que no usar el automóvil disminuye los efectos nocivos en la salud. También disminuye la opción del uso de los aerosoles, que en realidad está relacionado con la destrucción de la capa, pero aumento la opción de usar protector solar, lo que también se relaciona con la destrucción de la capa de ozono de manera incorrecta.



Gráfica 9. Porcentaje de respuestas de la pregunta 9 del cuestionario antes y después de la aplicación de la Unidad didáctica.

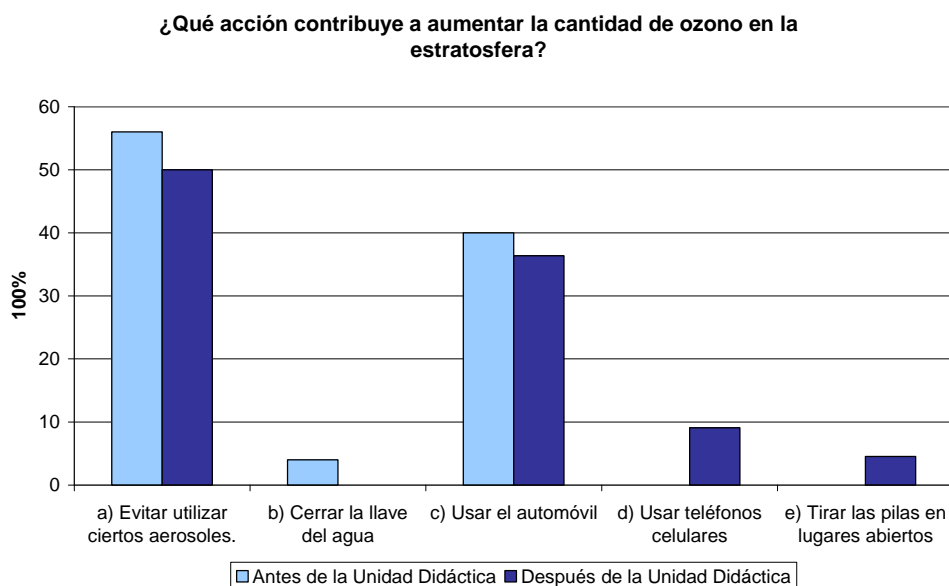
Con la pregunta 10 se realiza una indagación sobre lo que saben los estudiantes acerca de la reactividad del ozono. Pueden reconocerlo como una molécula muy oxidante e inestable y es correcto; sin embargo, lo que hace que al nivel de la troposfera se acumule es que reacciona con los óxidos de nitrógeno que lo estabilizan haciendo que aumente su concentración. La opción sobre los rayos ultravioleta nos permite seguir reconociendo la posible confusión con el ozono estratosférico. Esta idea no se trabaja en ninguna de las actividades, porque solamente se trabaja la producción de ozono pero no su acumulación, por lo que no se espera un cambio importante en las ideas. Es útil para reconocer lo que saben los estudiantes, y para después elaborar alguna actividad. Como era de esperarse no se obtuvo ningún cambio en las ideas previas, porque no se trabajó este concepto en ninguna de las actividades.



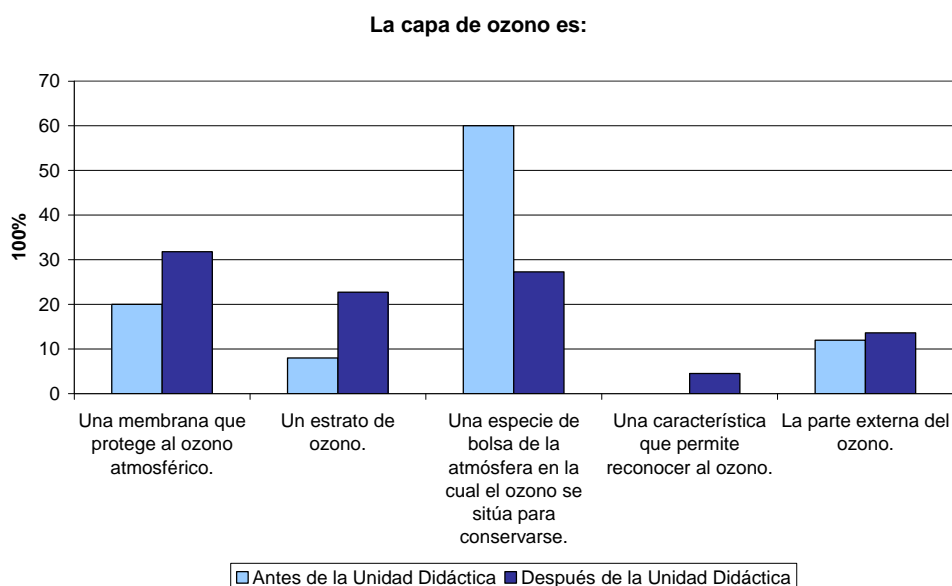
Gráfica 10. Porcentaje de respuestas de la pregunta 10 del cuestionario antes y después de la aplicación de la Unidad didáctica

Las preguntas 11 y 12 se refieren a la capa de ozono. No se trabajan en ninguna actividad pero si permiten identificar algunas ideas previas. En este estudio servirán como un referente, ya que al no ser trabajadas no se espera ningún cambio en las ideas. Con la pregunta 11 se observan ligeros cambios en las respuestas de los estudiantes (ver gráfica 11). Nuevamente eliminan la relación con el desperdicio del agua, pero lo relacionan con las pilas y con los teléfonos celulares. La pregunta 12 es para saber si el estudiante puede definir qué se entiende por capa de ozono. A pesar de no trabajar este concepto, algunos estudiantes modificaron su percepción y crearon un modelo más concreto de la capa de ozono al decir que es un estrato. Khalid (2003) señala que el término "capa de ozono", parece causar confusión entre los estudiantes. Aunque es un término bastante común en la vida cotidiana, esta frase le da a la gente una idea de que el ozono en la atmósfera es como una capa delgada o la hoja que cubre y rodea la tierra. De hecho, piensan que se trata de un gas noble, que se extiende en la región de la estratosfera entre otros gases como el nitrógeno. La capa de ozono constituye sólo un pequeño componente de los gases en la región donde su concentración es sólo unas pocas partículas por millón de partículas de aire. Por lo tanto, la palabra "capa" les da a los estudiantes una idea que

puede provocar malentendidos ya que los estudiantes llegan a pensar en la capa de ozono como una cubierta protectora o una capa alrededor de la Tierra.<sup>62</sup>



Gráfica 11. Porcentaje de respuestas de la pregunta 11 del cuestionario antes y después de la aplicación de la Unidad didáctica



Gráfica 12. Porcentaje de respuestas de la pregunta 12 del cuestionario antes y después de la aplicación de la Unidad didáctica

62. Khalid, T. (2003). Pre-service high school teachers' perceptions of three environmental phenomena. *Environmental Education Research* 9(1), 35–50.

## Valoración de la propuesta en su conjunto

La Unidad didáctica “El ozono: troposférico y estratosférico, nos permitió demostrar que la teoría del cambio conceptual y la investigación sobre las ideas previas de estudiantes al principio puede parecer muy alejado de las consideraciones prácticas de enseñanza y aprendizaje en una clase de ciencias, pero existen varias implicaciones concretas de estas ideas que pueden guiar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, especialmente teniendo en cuenta que en nuestros programas de Química hay mucho que enseñar en muy poco tiempo. En particular, la enseñanza hacia el cambio conceptual puede influir significativamente en la diferenciación de la instrucción, es decir, decisiones sobre los objetivos del curso y el tiempo dedicado a diferentes temas, el grado en que uno se dedica a identificar las ideas previas de los estudiantes como parte del proceso de aprendizaje, el uso de las ideas previas para la elaboración de las opciones de respuesta en los instrumentos de evaluación, y el diseño del instrumento de evaluaciones para detectar el cambio conceptual

Esta Unidad es una un primer acercamiento de cómo enseñar el tema del ozono considerando las ideas previas del alumno. La experiencia inicialmente diseñada ha sido objeto de significativos ajustes, acomodándonos a su aplicación en el aula. Podemos decir que su aplicación en los diferentes grupos ha sido exitosa, aunque es verdad que la evaluación del cambio en algunas de las ideas previas de los estudiantes antes y después de la secuencia nos dio en algunas preguntas un excelente resultado, en otras el cambio no es tan evidente, lo que debemos recordar es que el cambio en las ideas no es radical ni se efectúa en un corto plazo.

De acuerdo a los resultados de las actividades realizadas y a la evaluación que se realizó de la Unidad didáctica, en general los estudiantes hicieron algunos avances individuales en la comprensión de la formación del ozono troposférico y del ozono estratosférico, las causas y los efectos del adelgazamiento de la capa de ozono y del calentamiento global. Los estudiantes mejoraron su capacidad para reconocer los componentes y los efectos que están asociados a la formación del smog fotoquímico, a la formación del ozono en la

estratosfera y a las causas del agotamiento del ozono; sin embargo, aún después de haber realizado la Unidad didáctica muchos estudiantes siguen creyendo que el agotamiento de la capa de ozono es la causa del calentamiento global, y un gran número de estudiantes se mantuvo confundido acerca de los mecanismos implicados. En retrospectiva, parece ser que los nueve ejercicios de la Unidad Didáctica, específicamente los ejercicios en donde se les solicita el análisis de datos, les ayudó a identificar tendencias en la química atmosférica, pero no fue suficiente para abordar la relación (o falta de ella) entre el agotamiento de la capa de ozono y el calentamiento global. Lo que falta en esta unidad didáctica es analizar qué herramientas pueden ayudar a que los alumnos desarrollen o logren saber que el calentamiento global es el incremento gradual de la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la emisión de ciertos gases de efecto invernadero, y que no existe ninguna relación entre el adelgazamiento de la capa de ozono y el calentamiento global.

## Recomendaciones para el profesor

**L**os tiempos establecidos para las actividades son flexibles y dependerán del grupo en el que se aplique la Unidad Didáctica. El orden de la secuencia es correcto es importante que primero se recuerde cómo está constituida la atmósfera, que se sitúe al ozono, que se relacione al ozono con su ubicación en la atmósfera y se defina lo que es el ozono troposférico y el ozono estratosférico. Una vez que se sabe que el ozono se encuentra en la troposfera y en la estratosfera, se puede reconocer que el mecanismo de formación de cada uno de ellos varía, así como sus efectos. Si el profesor considera cambiar el orden de las actividades se puede hacer sin problema, ya que las actividades son autocontenidas.

A continuación se detallan algunos aspectos en los que se recomienda que el profesor haga énfasis al momento de cubrir cada actividad. La primera actividad ¿dónde está el ozono? es una actividad didáctica que a los alumnos les gustó mucho, y en general se logró el objetivo planteado ubicar el ozono en la atmósfera. Después de que se aplicó la secuencia y de que se valoró el cambio en la forma de pensar de los estudiantes para esta primera actividad, nos dimos cuenta de que es conveniente que los alumnos, una vez que hayan hecho el dibujo de manera individual, lo discutan en equipo y hagan un dibujo grupal. Esto permite que sus pensamientos e ideas sean valorados por los demás alumnos y el profesor. La función del profesor es explicar que la secuencia didáctica no es una serie de lecciones aisladas, sino que está dentro de un marco en el cual los alumnos gradualmente desarrollarán sus ideas. Por lo mismo es importante que los estudiantes asistan a las tres sesiones.

La actividad 2 es la actividad donde se observa un cambio gradual significativo en la forma de pensar en los alumnos. En el ejercicio 3 de esta actividad a los alumnos se les pide que hagan un dibujo de cómo se imagina que la capa de ozono protege de la radiación ultravioleta. Este dibujo se realizó de manera individual y después se comparó



en equipo. Es recomendable que al igual que en la actividad anterior los alumnos presenten en equipo sus dibujos y se les anime a ver que es válido para que se involucren en sus pensamientos y presenten sus propias ideas. También se les alienta a considerar las ideas de otros alumnos, y a darse cuenta de que todas las ideas son valiosas.

Durante el ejercicio 4 se sugiere que el profesor explique cómo en los óxidos de nitrógeno, producidos principalmente en la combustión de combustibles fósiles de muchas actividades industriales, se rompen los enlaces covalentes N-O y se producen radicales libres  $\text{NO}^\bullet$  y  $\text{O}^\bullet$ . Estas especies químicas se forman en la región atmosférica más próxima a la superficie terrestre, la troposfera. Es este O atómico, muy inestable por su calidad de radical libre, quién reacciona rápidamente con las moléculas de oxígeno molecular ( $\text{O}_2$ ) de la atmósfera y origina las moléculas de ozono ( $\text{O}_3$ ). Este ozono así formado podría destruirse si reaccionase con esos radicales libres NO también originados en la atmósfera.

Una vez que el alumno sabe de la existencia del ozono a nivel de la estratosfera y que ya lo diferencia del ozono en la troposfera, en la actividad 3 a partir de una noticia sobre el ozono en la troposfera que puede ser leída en grupo se debe enfatizar que el calor y la radiación multiplican los niveles de ozono. Después se sugiere discutir de manera grupal el cuestionario del ejercicio 5 para concluir que cuando el ozono ( $\text{O}_3$ ) es parte de la atmósfera que respiramos, puede ocasionar daños a la salud y produce irritación en el tracto respiratorio por su alto poder oxidante. En el ejercicio 6 se les solicita realizar una gráfica de la concentración de contaminantes (NO,  $\text{NO}_2$ , hidrocarburos y ozono ( $\text{O}_3$ )) en función del tiempo). Durante la aplicación de la secuencia se observó que los alumnos tienen problemas con la elaboración de la gráfica, porque confunden las escalas. Se recomienda que el maestro les explique brevemente como realizarla y dejar que los estudiantes la elaboren de tarea para poder hacer el análisis durante la clase. El material del estudiante cuenta con la escala para facilitar al alumno la realización de la gráfica. Durante el análisis de la gráfica se debe enfatizar que el ozono no se emite directamente a la atmósfera, sino que se forma mediante reacciones fotoquímicas de los óxidos de

nitrógeno (NO<sub>x</sub>) los cuales sí son emitidos directamente a la atmósfera. Es por eso que al inicio del día existe una menor concentración de ozono. Sin embargo, conforme transcurre el día aumenta la concentración de los contaminantes que lo producen y con ello la concentración de ozono [O<sub>3</sub>]. La presencia de hidrocarburos evita que el ozono se destruya y por eso se acumulará durante las horas que existe mayor radiación solar. La radiación solar es fundamental para la producción de ozono.

El ejercicio 7 es una actividad de cierre de las primeras tres actividades. Se sugiere que se presenten los mapas mentales ante el grupo para que vean lo que sus compañeros concluyen hasta ese momento. Esta interacción o intercambio de ideas les permite ver los posibles errores conceptuales que tiene. En la actividad 4 durante el ejercicio 8, los estudiantes analizan una gráfica de la concentración de ozono en función del tiempo. Este ejercicio demuestra cómo el ozono estratosférico varía con las temporadas anuales e ilustra el crecimiento del adelgazamiento de la capa de ozono desde 1971. Además se les solicita realizar una cuartilla donde expliquen y relaten que es al adelgazamiento de la capa de ozono. En este ejercicio se recomienda que el profesor haga énfasis que el adelgazamiento de la capa de ozono es la disminución de la concentración de ozono, para favorecer que el alumno deje atrás la idea de la capa de ozono como algo sólido que puede ser perforado. También se sugiere utilizar la palabra adelgazamiento y no “agujero”.

Finalmente en la Actividad 5, el profesor debe destacar el papel de los gases en la atmósfera y del efecto invernadero, de los procesos químicos involucrados en la formación del ozono estratosférico y de la destrucción del ozono por los clorofluorocarbonos, para concluir que son dos fenómenos independientes. Reconocer las ideas previas de los estudiantes nos puede ayudar a planificar unidades de aprendizaje. Es imposible tenerlas todas en cuenta o intentar modificar una por una, pero si se puede trabajar con base en algunas de ellas. La ventaja que uno puede sacar de conocer estas ideas previas es primero pensar en ellas como ideas dinámicas que los estudiantes generan sobre la marcha a partir de suposiciones implícitas sobre las propiedades y el comportamiento químico de entidades y procesos químicos. Así la función del docente es

identificarlas y ayudar al alumno a reflexionar sobre ellas. Es por eso que las recomendaciones que se hacen de la aplicación de la Unidad didáctica va hacia reforzar aquellos puntos en la que los estudiantes deben de reflexionar para ayudarlo a reestructurar la nueva información.

## Conclusiones

La unidad didáctica para el estudio del ozono y sus efectos, les permitió comprender a los alumnos porque el ozono puede ser benéfico y perjudicial, dependiendo del lugar de la atmósfera en el que se sitúa, además de tener una mejor comprensión de los mecanismos que intervienen en los fenómenos ambientales particularmente importantes, y de interés actual como lo son el adelgazamiento de la capa de ozono, el efecto invernadero y el calentamiento global. La unidad didáctica está basada en la teoría del constructivismo, dado que se tomaron en cuenta las ideas previas de los estudiantes.

Durante la realización de este trabajo se detectó que los estudiantes:

- f) definen al ozono como una disolución;
- g) confunden los efectos en la salud que provoca el ozono que está en la troposfera con los que produce el ozono situado en la estratosfera;
- h) consideran que la disminución del ozono en la estratosfera es provocada por el humo de los autos y de las fábricas;
- i) no relacionan el aumento de la cantidad de ozono en la troposfera con el humo de los autos y de las fábricas;
- j) relacionan la disminución de la capa de ozono en la estratosfera con el calentamiento global;
- k) tienen una fusión de las ideas sobre todos los problemas del medioambiente;
- l) consideran a la basura en los ríos, y en las calles, al agujero de la capa de ozono y a la radioactividad como posible causa del calentamiento global.
- m) relacionan el efecto invernadero y la capa de ozono con el calentamiento global.

Con la unidad didáctica se logró un cambio algunas de las ideas previas de algunos estudiantes. La población estudiantil reconoce al ozono como un gas, lo ubica correctamente en la atmósfera, reconoce sus efectos dependiendo de su localización y sabe como se produce. Aunque hubo cambios significativos en el aprendizaje de los

alumnos no debemos olvidar que el cambio conceptual se da de manera gradual. Por otra parte durante la realización de la Unidad Didáctica se detectó la falta de interés de algunos estudiantes. La falta de conocimientos previos sobre temas generales de la asignatura como reacción química, nomenclatura y de algunas habilidades como la elaboración de un texto, el hacer e interpretar una gráfica, y la falta de comprensión de la información leída dificultó que los alumnos lograran una mejor asimilación de los conceptos que se pretenden enseñar con esta unidad didáctica. Aún así, se logró un importante cambio en las ideas previas.

## Perspectivas

**M**éxico ocupa el último lugar de aprovechamiento en Ciencias, de los 30 países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), lo cual nos deja ver la necesidad de hacer algo para mejorar el aprovechamiento en las áreas científicas. La elaboración de Unidades Didácticas ayuda a que nuestros alumnos comprendan temas tan sencillos como la lluvia ácida, la contaminación, el efecto invernadero y la capa de ozono entre otros. Un objetivo importante es lograr que los estudiantes asocien estos temas con su entorno, que se involucren, que participen, que aprendan a valorar y a participar.

La Unidad didáctica se ha ido adecuando. Después de obtener los datos que están en esta tesis, se volvió a aplicar con dos grupos de primer ingreso del Bachillerato, con la finalidad de controlar algunas variables de tiempo. La Unidad didáctica tiene detalles que afinar, pero eso se hará cuando se aplique con más estudiantes y ese será el siguiente paso a seguir.

En el Colegio de Ciencias y Humanidades el turno vespertino se ha caracterizado porque existe un alto rezago escolar. Hay una enorme falta de motivación, un alto porcentaje de inasistencias y un bajo rendimiento escolar. Por lo mismo es importante aplicar esta Unidad didáctica en un grupo del turno vespertino para ver su funcionalidad.

Quizá será conveniente realizar otra Unidad didáctica pero ahora sobre contaminación ambiental, nosotros que vivimos en la Ciudad más grande del mundo y con altos índices de contaminación, con lo cual la educación ambiental es fundamental.

## Reflexión

Cuando ingrese al Colegio hace doce años llegue a mi salón de clases con un programa y esa inquietud de saber cómo enseñar. Durante el paso de los años uno se da cuenta que tiene ese conocimiento del área pero falta la parte pedagógica. Puedo decir que el Colegio se ha preocupado por ofrecernos diferentes cursos que van desde el área formativa hasta el área psicopedagógica. Cuando tomamos un curso inmediatamente aplicamos lo aprendido en el salón de clase, son como una moda de repente todo era “constructivismo” o todos enseñamos por aprendizaje basados en problemas “ABP” y recientemente con el nuevo uso de las tecnologías de la información y comunicación, TIC, muchos maestros han abierto su “Facebook” para sus grupos, sus “blogs”, otros han creado sus páginas “WEB” entre otros recurso tecnológicos.

Considero que la MADEMS me ha permitido además de aprender cosas nuevas, y de propiciar la reflexión de mi práctica docente, poder hilar todos esos conocimientos y experiencias adquiridos al paso de los años. La MADEMS tiene cosas muy valiosas pero con las que yo me quedo es con ese intercambio de ideas y de experiencia entre mis compañeros y los profesores. Durante muchas clases en las que tuvimos la oportunidad de discutir nuestras experiencias en el aula, nos dimos cuenta que quizá de manera intuitiva hemos aprendido, o de manera inconsciente ya realizábamos un trabajo más estructurado tomando en cuenta al estudiante como parte fundamental de este proceso.

Ahora que termina este periodo con este trabajo de tesis la pregunta obligatoria es ¿Qué sigue?. Como en los expedientes secretos es dar carpetazo y seguir, o realmente que repercusiones tendrá en mi práctica docente. De manera definitiva creo que hay un antes y un después, que quizá pueda diseñar las secuencias para cada tema, pero estas sólo se injertaran en el salón de clase en un tema específico en el que uno por la experiencia sabe que son temas complejos o que por el examen diagnóstico sabemos que los estudiantes necesitan más apoyo para la comprensión de ese tema. Es difícil que durante un curso se

puedan aplicar una secuencia didáctica para cada tema, en la cual se expliciten las ideas de los alumnos, lograr que los alumnos se hagan conscientes de esas ideas y que reestructure su conocimiento. Esto es por falta de tiempo, porque los programas son extensos y por que la institución nos pide cubrirlo.

La MADEMS provee de las herramientas teórico-metodológicas que nos pueden ayudar a diseñar y tener una mejor planificación de las clases. Sin embargo las modificaciones que se hagan dependerán de muchos factores como son la institución, el programa de estudios y los recursos con los que contamos en el Plantel. Finalmente puedo decir que ahora estoy más consciente del trabajo que hago y del compromiso que he adquirido como docente.



# ¿Conceptos fundamentales o fundamentos para vivir mejor?

Ana Martínez Vázquez<sup>1</sup>, Blanca Bonilla Heredia<sup>1</sup>, Olivia Rodríguez Zavala<sup>2</sup> y Adriana López Fernández<sup>3</sup>

## ABSTRACT (Fundamental concepts or concepts for a better life?)

This paper presents a personal reflection on some ideas about the minimum essential contents for the basic Chemistry course and on the nature of the current general chemistry curriculum for high school. We discuss the essential topics recently reported by teachers of the Escuela Nacional Preparatoria and analyze some of the consequences that such a program could generate in the population. Particular results about the information that the students have is considered in order to have more arguments about the core concepts that are critical to teach. We do not pretend to discuss and analyze the entire proposal about the essential topics that we have to teach. Instead, some ideas that could be useful for the debate are presented in order to continue a discussion that, fortunately, is still open.

**KEYWORDS:** chemistry curriculum, minimum essential concepts, global warming and ozone in chemistry curriculum

La presencia de hadas azules y de cientos de experimentos excitantes y llamativos no fue suficiente para que Antonia y Alejandra, aquellas niñas que sin saber hablar se maravillaban con las luciérnagas (Martínez, 1995; Martínez y Vargas, 1996), se decantaran por la química a la hora de decidirse por una profesión: una estudia letras hispánicas y la otra psicología. A ellas dos, hoy mujeres, ¿qué les queda de todo lo que intentamos enseñarles de ciencias? ¿Qué saben de química y para qué les sirve? Cuando recientemente se publicaron los contenidos esenciales en la asignatura de química para la Escuela Nacional Preparatoria (Gutiérrez y Crispín, 2010) se presentó la idea de que necesitamos enseñar para *cubrir las demandas de nuestra sociedad*. En ese mismo trabajo se establecieron los contenidos esenciales que deben cubrirse en un programa de química del bachillerato, pensando en que para la mayoría de los estudiantes, ésa será la última oportunidad de aprender esta ciencia de manera formal. Como es difícil pensar en abstracto cuáles son las demandas de la sociedad y cuáles los contenidos que todo ciudadano debe manejar, permítasenos hacer un análisis a manera de introducción sobre los conocimientos fundamentales de química desde la perspectiva de Alejandra y Antonia.

De ellas podemos decir que hace más de dos años que dejaron de estudiar ciencias. Su último esfuerzo por recordar los conceptos químicos que nunca acabaron de llamarles la atención fue cuando se prepararon para realizar los exámenes de ingreso a la licenciatura. A pesar de la falta de interés natural, cuando en una charla de café hablamos del chocolate y los

dolores de cabeza (Castillejos *et al.*, 2006, 2007) quisieron saber por qué y lo segundo que preguntaron fue ¿y eso cómo se sabe? Cuando ellas leen en el periódico sobre las pruebas periciales que se realizan para descubrir a los criminales se preocupan por saber más, porque como a todos les gusta saber cómo pueden reconocer si la sangre es de hombre o de mujer, por ejemplo. También a veces se preguntan por las sustancias antioxidantes y sus potenciales beneficios, y se preocupan por tirar las pilas en un recipiente aparte porque intuyen que contaminan y que son venenosas. De más pequeñas les intrigaba saber la fórmula química de la Pepsi-Cola® porque habían escuchado que sólo unos cuantos sabían de qué estaba hecha, y se preguntaban si no se podría hacer un análisis para saber la fórmula y así poder hacer sus propios refrescos. Ellas se acuerdan de que existen los átomos y la tabla periódica, pero no les llama para nada la atención una fórmula química escrita en un papel, ni siquiera cuando la reconocen como es el caso del agua. Ni les llama la atención ni la necesitan para nada. Menos recuerdan el concepto de mol, aunque sí tienen la habilidad para resolver cálculos similares a los estequiométricos (máxime cuando de ahorrar dinero se trata). Del pH les queda la noción pero no la definición de lo que es un ácido. Las leyes de conservación de la materia y de la energía son tan fáciles de recordar como difíciles de entender, por lo que ellas, como todos, las retuvieron sin comprenderlas. De la nomenclatura no saben nada, a pesar de todas las horas que dedicaron a memorizar las reglas. Ellas son un pequeño ejemplo que no es significativo, pero que casi seguro refleja a grandes rasgos lo que sucede con la mayoría de los exalumnos de bachillerato. Si esto es así, ¿cuáles son los conceptos fundamentales que debemos enseñar para que prevalezcan en las personas y les ayuden a tomar buenas decisiones? Es decir, ¿qué debemos de incluir y cómo debemos abordarlo para que la población tenga los fundamentos que le permitan vivir mejor?

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF;

<sup>2</sup>Escuela Nacional Preparatoria-Plantel 5, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF;

<sup>3</sup>Colegio de Ciencias y Humanidades-Plantel Sur, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF.

Reconocer los conceptos fundamentales que habremos de enseñar no es nada sencillo. Sobre todo es MUY MUY MUY difícil determinar qué temas quitar del programa. Es difícil decidirlo personalmente, y más complicado convencer a los colegas porque en general, queremos enseñar lo que a nosotros como docentes nos gusta y nos parece importante. Que sea importante para nosotros no necesariamente significa que lo es para la población en general. En un afán por decidir cuáles son esos temas fundamentales fue que Gutiérrez y Crispín (2010) utilizaron las redes semánticas entre los profesores del bachillerato, y Castillejos *et al.* (2006, 2007) trabajaron para escribir un libro que los definiera y presentara. Si comparamos el trabajo de estos dos grupos veremos que es similar. Lo que se obtiene a través de las redes semánticas con docentes del mismo nivel, y lo que se obtuvo a través de la discusión con docentes e investigadores de varios niveles<sup>4</sup> es parecido aunque tiene ciertas diferencias. Contenidos similares encontramos en Garritz (1998) y equivalentes son también los que presenta Caamaño (2003). Todos, *grosso modo*, van de lo macroscópico a lo microscópico (o subatómico), pasan por el lenguaje de la química, no descartan la periodicidad ni el concepto de mol ni la idea del átomo, llegan a la reacción química describiendo para eso los enlaces, y acaban con algunas ideas de energía relacionadas con la reacción.

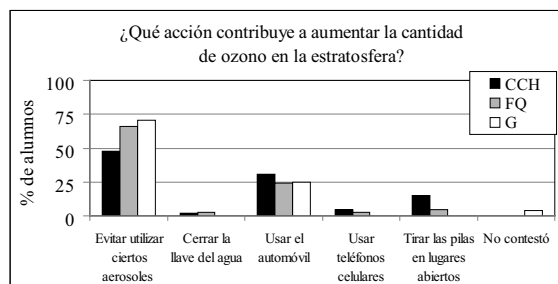
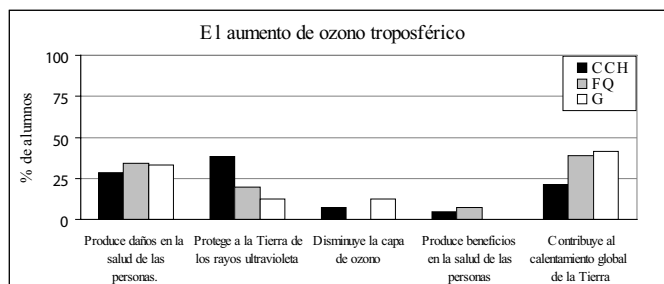
Analizando con un poco más detalle la reciente propuesta de Gutiérrez y Crispín (2010) encontramos que reportan que más del 70% de los profesores consideraron esenciales los cálculos estequiométricos en el estudio de la asignatura, ya que favorecen el desarrollo del pensamiento formal y lógico. Esta idea la compartimos muchos de los docentes de química y puede no ser equivocada ya que, aparentemente, la mecánica de resolución de problemas que está asociada con la estequiometría prevalece en personas como Alejandra y Antonia (aunque cabe la posibilidad de que esto lo hayan aprendido en las clases de matemáticas más que con la estequiometría que estudiaron). Además podría estar en sintonía con lo que establece Talanquer (2009) sobre lo que podríamos utilizar para imaginar un currículo organizado, si lo relacionamos con algunas preguntas asociadas a la forma en que controlamos los cambios químicos. Dentro de los conceptos fundamentales que surgieron de las redes semánticas está el tema de *ácidos, bases, pH, electrolitos y neutralización* pero no aparece el estudio de *alimentos* como fundamental. Si volvemos a lo que podrían utilizar Antonia y Alejandra desde la psicología y las letras, ¿Qué no es más importante saber de alimentos que de definiciones ácido-base? ¿Por qué es relevante para la población saber que el *pH* no representa la fuerza de un ácido, cuando no puede asociarlo con la lluvia ácida, sus consecuencias y sus orígenes?

<sup>4</sup> El grupo de Castillejos *et al.* estuvo formado por una profesora de la Escuela Nacional Preparatoria, una profesora que hizo el doctorado en docencia, cinco profesores de la Facultad de Química de la UNAM y una investigadora con experiencia en la docencia en secundaria, bachillerato y universidad.

Hasta aquí parece que vamos “empataados”. Tenemos un concepto fundamental (la estequiometría) en el que coincidimos, y otro (el del pH) que no tiene el consenso. ¿Qué más hay? En el estudio de Gutiérrez y Crispín (2010) llama la atención que no consideren el tema de *contaminación* como esencial, pero que sigan insistiendo en que la *nomenclatura inorgánica* es fundamental. Si lo que queremos es una serie de contenidos para *cubrir las demandas de nuestra sociedad*, ¿podemos decir que la contaminación no es importante y que saber nombrar a los compuestos sí lo es? La nomenclatura es un lenguaje, sí, ¿y qué? El chino también lo es y no por eso nos empeñamos en enseñárselo a los estudiantes en el bachillerato. Enseñarles nomenclatura a estudiantes que no van a estudiar química es como enseñarles chino a personas que no van a vivir jamás en China. Solamente les sirve para aprobar los exámenes de admisión a las universidades porque es cierto, en estas pruebas se siguen considerando estos temas aún para los estudiantes que van a ser escritores o historiadores.

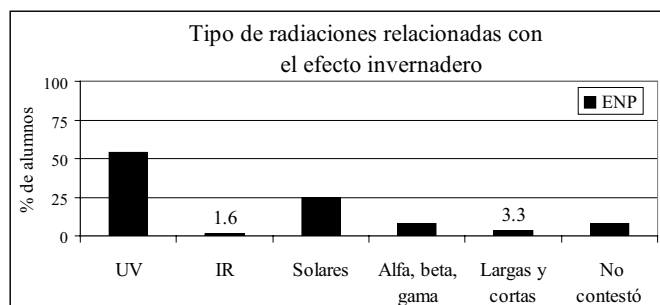
Desde el punto de vista de Talanquer (2009), lo importante sería generar las respuestas alrededor de una pregunta que podría ser “¿Qué sustancias hay en este sistema y cómo pueden afectarnos?”. Bajo esta perspectiva no es importante si la pregunta se enfoca en los problemas ambientales o en el tema de las drogas, porque aquí lo fundamental es aprender cómo se generan las respuestas pero no el tema de aplicación. Aunque el tema de aplicación no sea fundamental, lo que es cierto es que hay que buscar uno, y nos parece que el de la *contaminación* en los habitantes de una ciudad como la de México se vuelve esencial.

En los programas vigentes en el bachillerato de la UNAM todavía se estudia la contaminación. A pesar de eso, no todas las personas tienen la información correcta del tema, donde correcto se refiere a la formación necesaria para la toma de decisiones acertadas, que nos hagan estar mejor como individuos y como sociedad. Esto lo sabemos porque tratando de ampliar los horizontes y de no quedarnos con la perspectiva de Alejandra y Antonia, hicimos y aplicamos un cuestionario para explorar las ideas sobre el ozono y el cambio climático, dos temas comunes e importantes para la sociedad, que se estudian dentro del tema de contaminación. Sin pretender querer hacer una investigación educativa trabajamos con tres grupos de estudiantes: 44 del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), 41 alumnos de la Facultad de Química (FQ) de la UNAM que cursaban el segundo semestre, y 24 estudiantes que estudiaban en el último semestre de la licenciatura en Ingeniería en Geología (G). En la figura 1 mostramos el resultado sobre dos preguntas, donde se observa que los tres grupos se comportan de manera similar. Solamente una cuarta parte de la población considera correctamente que el aumento en la cantidad de ozono troposférico produce daños en la salud; y entre el 25 y el 50% de la población dice que el aumento en el ozono está relacionado con el cambio climático. Cuando a los estudiantes se les pregunta sobre lo que pueden hacer para aumentar la capa de ozono que nos protege de los rayos ultravioleta nos encontramos que el 25% lo asocia con



**Figura 1.** Algunos resultados sobre el cuestionario aplicado a 44 alumnos del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), 41 alumnos de la Facultad de Química (FQ) de la UNAM que cursaban el segundo semestre, y 24 estudiantes que estudiaban en el último semestre de la licenciatura en Ingeniería en Geología (G). (Ciclo escolar 2009-2010).

el uso del automóvil cuando poco tiene que ver, o con tirar pilas en lugares abiertos que no tiene relación alguna. En la figura 2 se presentan los resultados de otro cuestionario aplicado a 49 alumnos de la Escuela Nacional Preparatoria. Observamos que los estudiantes confunden los efectos de las radiaciones al decir que es la radiación ultravioleta la principal responsable del efecto invernadero. Llevado esto a un extremo se puede pensar que los estudiantes que salen del bachillerato no están preparados para *cubrir las demandas de nuestra sociedad*, porque en una contingencia ambiental producida por la disminución de la capa de ozono no sabrán si utilizar la bicicleta para no contaminar, dejar de utilizar desodorante en aerosol, o ponerse protector solar. Esto es con estudiantes que siguen un programa que tiene específicamente el estudio de la *contaminación*. Imaginemos ahora que seguimos los contenidos esenciales propuestos en Gutiérrez-Crispín donde este tema no se estudia. Los estudiantes no sabrán que el ozono *juega* distintos papeles dependiendo de su lugar en la atmósfera, pero eso sí, sabrán mencionar el nombre de los compuestos. Lo peor es que, después de un rato, cuando sean estudiantes de letras o de psicología no recordarán tampoco las reglas de la nomenclatura. La propuesta de Talanquer (2009) diría que necesitamos formar personas que *reconozcan su ignorancia* y entonces sepan cómo buscar las respuestas, dando para eso los conocimientos mínimos. Nuevamente se dice que los temas que se elijan en el diseño de un curso de química para lograr que los estudiantes sepan cómo buscar información y generen las respuestas no es tan importante, pero nosotros insistimos: vivir en la ciudad más contaminada del mundo



**Figura 2.** Algunos resultados del cuestionario aplicado a 49 alumnos de la Escuela Nacional Preparatoria (Ciclo escolar 2008-2009).

(o en su defecto, pertenecer al país que tiene entre sus habitantes a la ciudad más contaminada del mundo) y no estudiar este tema en los cursos de química con nuestros jóvenes no nos parece lo más adecuado.

Para definir los contenidos esenciales sería conveniente acercarse a la propuesta de Talanquer (2009) y utilizar como ejes conductores preguntas aplicadas a sistemas de interés individual y social. En esto se pensaba cuando se determinaron los conceptos fundamentales de Castillejos *et al.* (2006, 2007) En esa propuesta se buscan respuestas de este tipo, y se propone “enseñar menos pero enseñar mejor”. En los conceptos fundamentales que ahí se presentaron sigue habiendo fallas, porque no pudimos dejar de lado el estudio del lenguaje (insistimos, es muy difícil suprimir temas del currículo) y algunos temas se presentan como si estuviéramos en el siglo XIX. Además, la propuesta de Talanquer hace énfasis en la forma en que se obtienen las respuestas mientras que ese no es siempre el enfoque en Castillejos *et al.* (2006, 2007). A pesar de estas deficiencias, lo más importante de la propuesta es que contempla una reducción de los temas que hay que enseñar en química y cambia en muchas partes la orientación, tratando de emplear las ideas de Talanquer (2009). De esta forma se comienza analizando críticamente la existencia y efectividad de las sustancias afrodisíacas para ligarlo con los placeres y los dolores de cabeza que puede producir el chocolate. Todo esto girando alrededor de la pregunta *¿cómo distinguimos a las sustancias que nos rodean y cómo podemos saber los efectos que nos causan?* En la propuesta no se deja de lado el análisis de la calidad del aire ni los efectos del ozono, centrándolo alrededor de la pregunta *¿cómo detectamos la presencia de contaminantes en el ambiente?* Este tema se presenta con base en el examen crítico de la información que se puede encontrar en los medios de comunicación, porque pensamos que uno de los objetivos de la enseñanza de las ciencias es que sepan interpretar y juzgar la información que les llega a las manos. Lo mismo se hace con los afrodisíacos. También se analizan las sustancias naturales y artificiales teniendo como ejemplo los tatuajes y con el afán de que analicen y entiendan que decir “natural” no es sinónimo de decir “bueno”. Así concluimos: *“Lo ‘natural’ sin duda vende más y nos llama más la atención que lo ‘artificial’, porque siempre pensamos que lo ‘natural’ no puede ser malo... pero sería bueno que no te dejaras enga-*

ñar... recuerda que el cianuro es natural, y el arsénico ¡también!". No sabemos si esta propuesta puede o no funcionar porque no ha sido utilizada de manera general en el bachillerato, pero sí creemos que estas ideas podrían ser exitosas en el estudio de muchos de los temas. Es cierto que algunas de las ideas siguen centradas en las *respuestas* más que en el *cómo se generan las respuestas*, pero aun así, hay secciones como la del chocolate que sí logran acercarse a la propuesta de Talanquer (2009).

Finalmente podemos decir que aunque no promovieron el estudio profesional de la química (tampoco era la intención), las hadas azules y los experimentos sirvieron lo suyo, porque logramos que Alejandra, Antonia y otras personas de esa época tuvieran una actitud crítica. Así, cuando en las noticias dijeron que el ozono era una de las principales fuentes de contaminación, se preguntaron sobre la aparente contradicción porque no entendían que, por un lado, quisiéramos proteger a la capa de ozono y, por el otro, dijéramos que era un contaminante. También se preguntaron las razones por las cuales el ozono, que finalmente es oxígeno, es tan perjudicial, y siempre se cuestionan sobre cómo es que sabemos las cosas y de dónde provienen. No se *van con la "finta"* de que lo natural es mejor que lo artificial ni creen en el poder afrodisíaco de los cuernos de rinoceronte. Además, a la hora de hacerse un tatuaje, decidieron la mejor opción con base en la información que supieron encontrar e interpretar. Creemos que todos coincidimos en que eso vale más que aprender a escribir la fórmula del ácido clorhídrico. Si eso es lo que queremos tendremos que seguir discutiendo el currículo de química que habremos de enseñar en el bachillerato. Si nos llegáramos a convencer de que la *nomenclatura de los compuestos inorgánicos* no es uno de los temas fundamentales, entonces tendremos que trabajar también para modificar las preguntas que se hacen en el examen de selección de las distintas universidades. No es la intención en este artículo la de hacer un estudio exhaustivo de los temas que se contemplan en las distintas

propuestas de los conceptos fundamentales para el bachillerato. El objetivo es poner algunas ideas sobre la mesa que nos parece que se están quedando fuera de la discusión. Todavía nos falta mucho para que podamos decir la última palabra. Para llegar a eso no podemos quitar el dedo del renglón y tenemos que sumar esfuerzos. Finalmente todos estamos en sintonía ya que queremos decidir qué es mejor enseñar y queremos saber cómo es la mejor forma de enseñarlo bien. Cuando lo logremos habremos dado algunos fundamentos que nos permitirán vivir mejor y, con eso, Alejandra, Antonia y todas las hadas azules del futuro seguro saldrán beneficiadas.

## Bibliografía

- Caamaño, A., La enseñanza y el aprendizaje de la química. En: M. P. Jiménez Aleixandre (coord.), *Enseñar Ciencias*, capítulo 9 (pp. 203-240). Barcelona: Grao, 2003.
- Castillejos, A. (coord.), Enrique Bazúa Rueda, Maribel Espinoza Hernández, Nahíeli Greaves Fernández, Ana Martínez Vázquez, Kira Padilla Martínez, Cristina Rueda Alvarado, Ana María Sosa Reyes y Luis Miguel Trejo Candelas, *Conocimientos Fundamentales de QUÍMICA. Volumen I (Libro de texto para bachillerato UNAM)*. México D.F.: Pearson Educación y Universidad Nacional Autónoma de México, ISBN 970-32-3843-2, 192 p., 2006, y *Volumen II (Libro de texto para bachillerato UNAM)*. México D.F.: Pearson Educación y Universidad Nacional Autónoma de México, ISBN 978-970-32-4638-0, 144 p., 2007.
- Garriz, A., Una propuesta de estándares nacionales para la educación científica en el bachillerato. La corriente educativa Ciencia, Tecnología y Sociedad, *Ciencia*, **49**(1), 27-34, 1998.
- Gutiérrez Rodríguez, A. y Crispín Martínez, M. C., Contenidos esenciales en la asignatura de Química III en la Escuela Nacional Preparatoria. Un análisis mediante el empleo de redes semánticas naturales, *Educ. quim.*, **21**(2), 139-145, 2010.
- Martínez Vázquez, A. Idiomas, Cereales y Excitaciones. *Educ. quim* 6, 2, 130-131, 1995.
- Martínez Vázquez, A. y Vargas Fosada, R., Una fiesta infantil, *Educ. quim.*, **7**(2), 83-85, 1996.
- Talanquer, V., Química: ¿Quién eres, a dónde vas y cómo te alcanzas?, *Educ. quim.*, **20**(3), 220-226, 2009.

## DIRECTORIO

### CONSEJO DIRECTIVO

Dr. Francisco Barnés de Castro  
Director Fundador

Dr. Eduardo Bázana García  
Facultad de Química, UNAM

Dr. Guillermo Delgado Lama  
Sociedad Química de México

Ing. Héctor Eduardo Ochoa López  
Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos

Ramón Domínguez Betancourt  
Colegio Nacional de Ingenieros Químicos y Químicos

QFI Carmen Margarita Rodríguez Cueva  
Asociación Farmacéutica Mexicana

Dra. Tessa María López Goeme  
Academia Mexicana de Química Inorgánica

Ing. Rafael Tapia Garibay  
Comité Permanente de Enseñanza de la Ingeniería

Dra. Rosa Isabel Sierra Amor  
Asociación Mexicana de Bioquímica Clínica

Jorge Javier Ramírez García  
Asociación Mexicana de Química Analítica

Director  
Andoni Garriz Ruiz  
(andoni@servidor.unam.mx)

### Subdirectora

Gisela Hernández Millán  
(ghm@servidor.unam.mx)

Editor: Arturo Villegas  
(arturovr@gmail.com)

### Consejo Editorial

Carlos Amador Bedolla  
Silvia Bello Garcés  
Adela Castillejos Salazar  
Carlos Mauricio Castro  
José Antonio Chamizo  
Laura Gasque Silva  
Carmen Giral  
Enrique González Vergara  
Hermilo Goñi  
Gisela Hernández  
Jorge G. Ibáñez Cornejo  
Glinda Irazoque  
Rafael Martínez Peniche  
Ana Martínez Vázquez  
María Teresa Merchand Hernández  
Adolfo Obaya Valdivia  
Laura Ortiz  
Aarón Pérez Benítez  
Clemente Reza  
Pilar Rius de la Pola  
Alberto Rojas  
Yadira Rosas  
Plinio Sosa Fernández

### Consejo Editorial Internacional

Marcela Arellano (Universidad Católica de Valparaíso, Chile)

Marta Bulwik (Ministerio de Educación, Argentina)

Cecilia I. Díaz V. (Panamá)

Manuel Fernández Núñez (Universidad de Cádiz, España)

Gabriel A. Infante (Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico)

Mercé Izquierdo Aymerich (Universidad Autónoma de Barcelona, Catalunya)

Maria Gabriela Lorenzo (Universidad de Buenos Aires, Argentina)

Manuel Martínez Martínez (Universidad de Santiago, Chile)

José Claudio del Pino (Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil)

Mario Quintanilla Gatica (Pontificia Universidad Católica de Chile)

Andrés Raviolo (Universidad Nacional del Comahue, Argentina)

Vicente Talanquer Artigas (University of Arizona, USA)

Jesús Vázquez-Abad (Université de Montréal, Canadá)

Amparo Vilches (Universitat de València, España)

Jaime Wisniak ((Ben-Gurion University of the Negev, Israel)

Lourdes Zumalacárregui (Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Cuba)

### Edición electrónica

Caligrafía Digital, SC / (55) 4352 2030  
educacion.quimica@gmail.com

### Asistentes coordinadores

Gabriela Araujo, Filiberto Chávez

### Impresión

Formación Gráfica, SA de CV  
Matamoros # 112, Col. Raúl Romero  
Tel. (55) 5797 6060  
57630, Edo. de México.

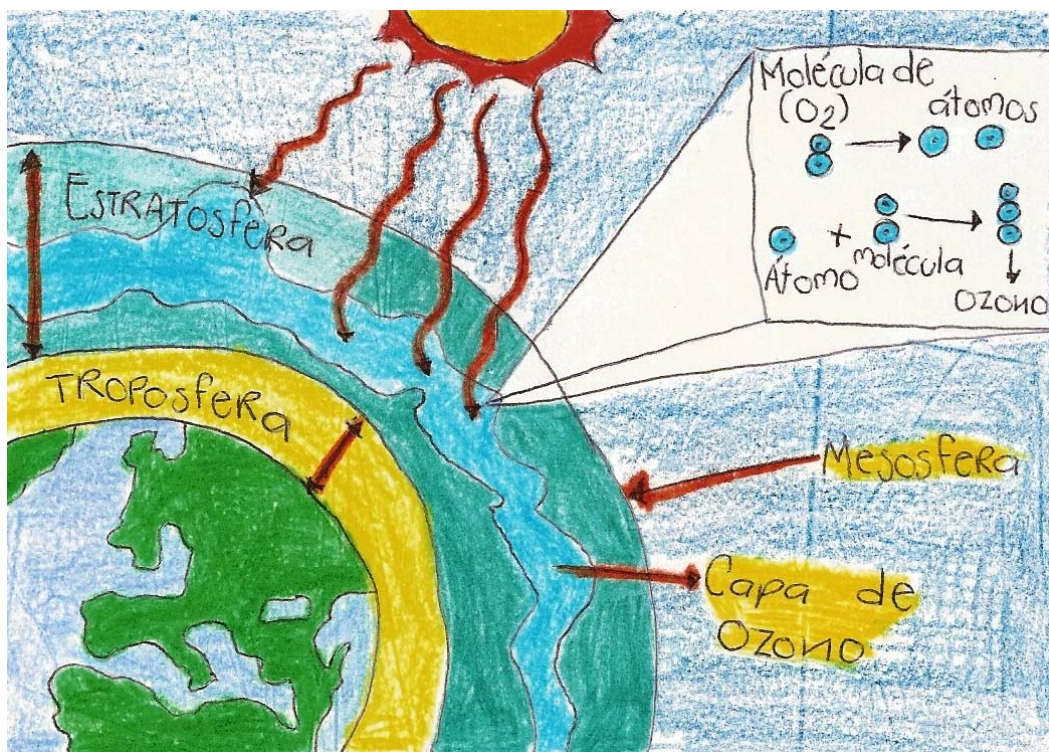
### Grupo de Apoyo a Educación Química

*Suscripciones benefactoras adquiridas*  
José Luis Mateos Gómez  
(Fundador) Francisco Barnés de Castro  
Adela Castillejos Salazar  
José María García Sáiz  
Gustavo Tavizón Alvarado  
Kira Padilla  
Zoila Nieto Villalobos  
Rodolfo Alvarez Manzo  
Jesús Guzmán García  
Eduardo Rojo y de Regil  
Silvia Bello Garcés  
María del Carmen Wachter Rodarte  
Eneko Belausteguigoitia  
Antonio Valiente

## ANEXO B

### Unidad didáctica

#### El ozono: troposférico y estratosférico



Guía para el alumno

### **Actividad 1. ¿Dónde está el ozono?**

#### **Objetivos**

- Recordar la estructura, la composición, los efectos de la atmósfera terrestre, y su importancia para la vida en el planeta.
- Ubicar el ozono en la atmósfera.

#### **Materiales y recursos necesarios**

- Cuaderno de trabajo
- Lápiz o bolígrafo
- Bibliografía y textos con información sobre el ozono

#### **Tiempo de duración**

60 minutos

### **Lectura 1. El filtro de ozono de la Tierra**

#### **La atmósfera**

La atmósfera es la capa gaseosa que rodea a la Tierra, tiene 1000 Km. de espesor, y su composición y su temperatura cambian dependiendo de la altitud. Se encuentra unida al planeta gracias a la acción de la fuerza de la gravedad. Resulta esencial para la vida, ya que impide el calentamiento y el enfriamiento excesivo de la superficie terrestre: durante el día absorbe parte de la energía calorífica que producen los rayos solares y por la noche impide el excesivo enfriamiento al retener el calor que el suelo irradia hacia el espacio. También protege de las radiaciones del Sol más nocivas para los seres vivos, los rayos ultravioleta. En ella se encuentran entre otras sustancias el CO<sub>2</sub>, necesario para la fotosíntesis, y el O<sub>2</sub>, necesario para la respiración. En sus capas inferiores se produce la circulación atmosférica y la mayor parte de los fenómenos meteorológicos que determinan el tiempo meteorológico y el clima. Desde el punto de vista de la temperatura se divide en las siguientes capas.

La troposfera es la capa más próxima a la superficie terrestre y tiene un espesor medio de 12,5 Km que varía entre 8 km (zonas polares) y 18 km (ecuador). Contiene la mayor parte del vapor de agua de la atmósfera y en ella se producen los fenómenos meteorológicos.

La estratosfera se extiende hasta los 50 Km. En su límite superior alcanza una temperatura de 0 °C. Apenas hay nubes y el aire es muy ligero. Aquí se forma el ozono (oxígeno triatómico) que absorbe una importante parte de la radiación ultravioleta del Sol, dañinas para los seres vivos.

La mesosfera se extiende hasta los 80 kilómetros y la temperatura desciende hasta los  $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$  en su parte superior; la termosfera alcanza hasta los 500 Km. y en ella la temperatura aumenta hasta alcanzar los  $1.500\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el límite superior.

La atmósfera puede dividirse también según su composición. Así la homosfera abarca desde la superficie terrestre hasta los 80 Km. y se caracteriza por una relativa constancia en los porcentajes de los constituyentes del aire. La heterosfera, a partir de 80 Km., es de composición heterogénea. La ionosfera (entre 50 y 500 Km.) se caracteriza porque átomos y moléculas están ionizados. Por encima de ella está la exosfera, frontera entre la atmósfera y el espacio exterior.

La atmósfera de la Tierra no siempre ha sido como la conocemos ahora. Su composición ha cambiado a través de los años, aunque su composición actual ha variado poco desde hace 2,000 millones de años. Algo que modificó mucho la composición de la atmósfera fue la aparición de los seres vivos que realizan la fotosíntesis. Al inicio tuvo una capital importancia la aparición de los seres vivos fotosintetizadores que aportaron el oxígeno.

### Ejercicio 1. Composición de la atmósfera

Después de leer cuidadosamente la Lectura 1 “El filtro de ozono de la Tierra”, completa la información y posteriormente utilízala para realizar un dibujo a escala que te permita explicar las capas de la atmósfera y situar al ozono.

Tema	Descripción
Termosfera	
Troposfera (entre 8 y 18 Km)	

Cuadro 1. La composición de la atmósfera

## Ejercicio 2. Dibujando la atmósfera

Utiliza la información para realizar un dibujo a escala que te permita explicar las capas de la atmósfera y situar en ésta al ozono. Relaciona tu dibujo con la información contenida en el texto “El filtro de ozono de la Tierra” y añádale la información que te falte.

1. Haz aquí tu dibujo

Tema	<i>Dibujo</i>
Ionosfera(desde los 90 km, mide 350 Km)	
<i>Troposfera</i>	

Cuadro 2. Dibujo de la atmósfera

2. Explica qué es el ozono

---



---



---



---

3. Explica ¿Cuáles son los efectos de la capa de ozono?

---



---



---



---



**Actividad 2. ¿Qué es el ozono y cómo se forma?****Objetivos**

- Conocer y explicar lo que es el ozono;
- Conocer el mecanismo de formación del ozono en la troposfera y en la estratosfera;
- Distinguir entre los efectos y las funciones que tiene el ozono dependiendo de su localización en la atmósfera;
- Reconocer que el ozono es una sustancia tóxica cuando se encuentra en la troposfera, y una sustancia protectora cuando se sitúa en la estratosfera.

**Materiales y recursos necesarios**

- Cuaderno de trabajo
- Lecturas
- Lápiz o bolígrafo
- Bibliografía y textos con información sobre el ozono

**Tiempo aproximado**

60 minutos

**Lectura 2. El ozono en la troposfera y el ozono en la estratosfera**

Cuando hablamos de ozono podemos encontrar titulares en los medios de comunicación relacionándolo con el agujero de la capa de ozono, con la contaminación y hasta con el cáncer de la piel; pero por qué merece una molécula sola tal cobertura en los medios de comunicación. ¿Por qué es importante el ozono y por qué están tan preocupados los científicos sobre su aumento cerca de la superficie de la tierra y su desaparición en la parte más alta de la atmósfera?

**El ozono en la estratosfera**

El ozono se encuentra en la estratosfera formando la capa de ozono. La capa de ozono está localizada en una altitud aproximada de 15 a 30 kilómetros en la parte baja de la estratosfera. El ozono forma una capa más delgada en la estratosfera localizada en las zonas tropicales (alrededor del ecuador) y más densa hacia los polos.

El ozono es una sustancia gaseosa cuyas moléculas tienen tres átomos de oxígeno ( $O_3$ ) que se forma constantemente en la atmósfera por la acción de la radiación ultravioleta del Sol sobre las moléculas de oxígeno. La luz ultravioleta rompe las moléculas de oxígeno generando dos átomos de oxígeno libres. Un átomo de oxígeno libre es sumamente reactivo y cuando choca con otra molécula de oxígeno forma una molécula de ozono. Como el ozono es inestable, la luz ultravioleta lo rompe rápidamente y el proceso comienza otra vez.

En resumen, la energía del Sol rompe las moléculas de oxígeno ( $O_2$ ), las cuales se separan en dos átomos de oxígeno ( $O\cdot$ ); los átomos se combinan con moléculas de oxígeno para formar moléculas de ozono ( $O_3$ ). El ozono en la estratosfera es “el protector solar natural” ya que protege la vida de los efectos dañinos de los rayos ultravioletas del Sol. La luz ultravioleta (UV-B) es de gran energía, la cual disocia o rompe moléculas importantes para la vida, como las proteínas y el ADN.

### **El ozono en la troposfera**

El ozono también existe cerca de la superficie de la tierra en lo que se conoce como la troposfera (0 a 18 Km sobre la superficie de la tierra). En la estratosfera, el ozono absorbe la radiación ultravioleta (UV) del Sol (en longitudes de onda entre 240 y 320 nm), mientras que en la troposfera el ozono es un peligro para la salud y es uno de los componentes principales del smog fotoquímico. Este se llama así porque la luz del Sol desata una serie de reacciones que promueven la formación del ozono,  $O_3$ , un alótropo del oxígeno mucho más oxidante que el  $O_2$ , que produce irritación en todo el tracto respiratorio cuando aumenta su concentración en el aire.

### **La formación del ozono troposférico**

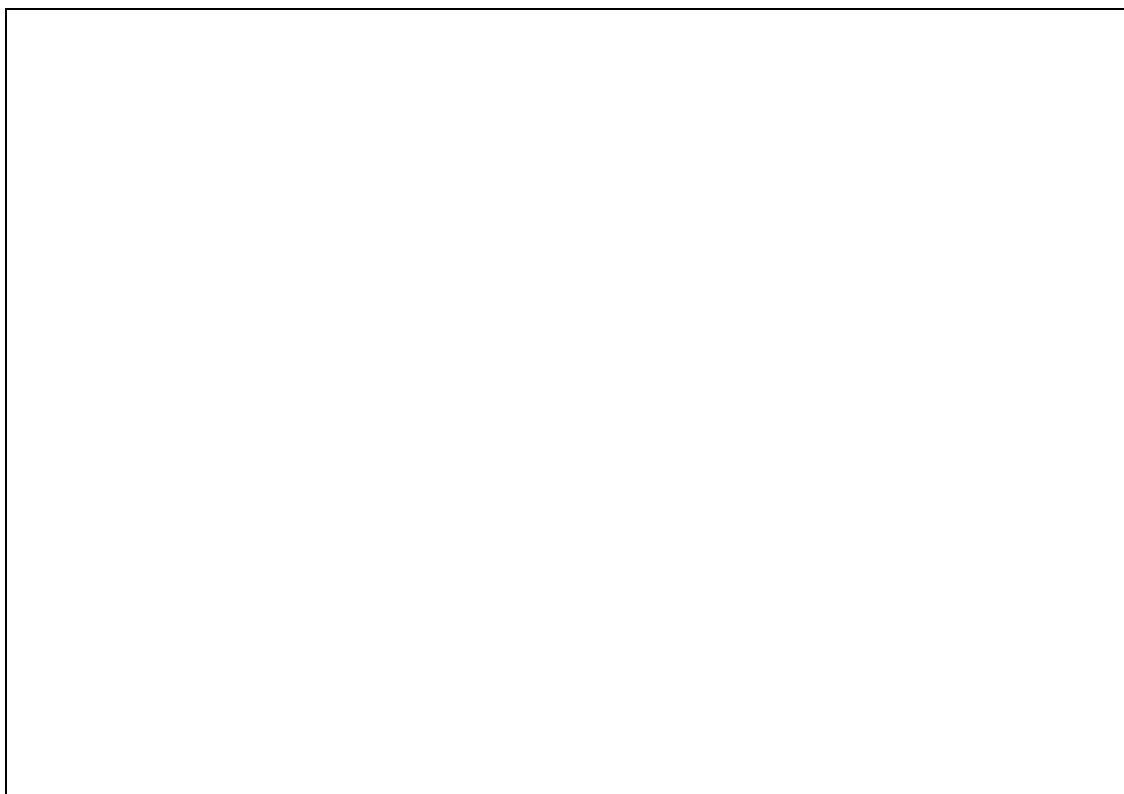
El dióxido de nitrógeno es un contaminante primario que en presencia de la luz solar participa en un ciclo fotoquímico. En primer lugar la radiación ultravioleta del Sol hace que el dióxido de nitrógeno se separe en monóxido de nitrógeno, NO, y en átomos de oxígeno. Después los átomos de oxígeno reaccionan con las moléculas de oxígeno ( $O_2$ ) presentes en la atmósfera para producir ozono ( $O_3$ ). Este ciclo se completa cuando el ozono reacciona con el óxido nítrico (NO) para dar dióxido de nitrógeno y oxígeno molecular ( $O_2$ ).

Dado que en el ciclo básico del dióxido de nitrógeno reacciona todo el ozono que se produce, no se debería aumentar el nivel de ozono presente en el smog fotoquímico. El aumento del ozono se debe a la presencia de compuestos orgánicos volátiles (COV) que interrumpen el ciclo reaccionando para producir dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), sin utilizar el ozono. El ciclo queda desbalanceado y el monóxido de nitrógeno se vuelve a convertir en dióxido de nitrógeno. El resultado neto es una acumulación de ozono. Por otra parte el ozono se puede combinar con otros contaminantes para formar sustancias tóxicas como el peroxiacetilnitrilo (PAN).

### Ejercicio 3. El ozono en la estratosfera

A partir de la información de la lectura anterior, contesta las siguientes preguntas.

1. ¿Cómo te imaginas que la capa de ozono protege de la radiación ultravioleta? Haz un dibujo



2. Explica brevemente tu dibujo

---

---

---

---

3. El ozono estratosférico se forma por la acción de la radiación ultravioleta procedente del Sol descomponiendo las moléculas de oxígeno ( $O_2$ ) para producir dos átomos de oxígeno, que se combinan con otras moléculas de oxígeno formando el ozono ( $O_3$ ) en un ciclo ilimitado. Escribe lo que comprendes del párrafo anterior.

---

---

---

---

4. Escribe las ecuaciones químicas de las dos reacciones de formación del O<sub>3</sub> en la estratosfera.

---

---

---

5. Escribe los efectos del ozono en la estratosfera

---

---

---

### Ejercicio 4. El ozono en la troposfera

1. El siguiente cuadro resume las reacciones químicas de la formación del ozono a nivel de la troposfera. Completa la columna de la derecha con la ecuación química correspondiente.

Enunciado	Ecuación química
En la combustión, el nitrógeno del aire reacciona con el oxígeno para formar óxido nítrico.	
El óxido nítrico (NO) reacciona con el oxígeno produciendo dióxido de nitrógeno.	
El NO <sub>2</sub> se descompone fotoquímicamente por la radiación UV formando óxido nítrico y oxígeno atómico.	
El oxígeno atómico reacciona con el oxígeno para dar una molécula de ozono.	
El ozono reacciona con el óxido nítrico para producir dióxido de nitrógeno y oxígeno.	

Cuadro 3. Reacciones químicas de la formación del ozono a nivel de la troposfera

2. ¿Cuál es el efecto en la salud del ozono en la troposfera?

---



---



---



---

### Actividad 3. El ozono en la troposfera

#### Objetivos

- Reconocer que el ozono es una sustancia tóxica cuando se encuentra en la troposfera, y una sustancia protectora cuando se sitúa en la estratosfera;
- Identificar que la contaminación producida por los automóviles produce un aumento en la cantidad de ozono troposférico pero no afecta la concentración del ozono en la estratosfera;
- Distinguir entre los efectos que produce el ozono dependiendo de su localización en la atmósfera

#### Materiales y recursos necesarios

- Cuaderno de trabajo
- Lecturas
- Bibliografía y textos con información sobre el ozono

#### Tiempo aproximado

60 minutos

#### Lectura 3. El ozono como contaminante



Domingo 03 de abril de 2011 Rafael Montes | El Universal

En esta temporada de calor, deje de usar su automóvil. Ayudará a la ciudad, contribuirá a que no se genere tanto ozono en la atmósfera del Valle de México y, por consiguiente, a que se mejore la calidad del aire que usted y su familia respiran diariamente.

De marzo a junio, la “temporada de ozono”, la temperatura y los rayos del sol son más fuertes que el resto del año. El calor y la radiación multiplican los niveles de ozono, el contaminante más abundante en el DF, que se forma

principalmente con los gases que emiten los automóviles particulares.

El químico Armando Retama, director de Monitoreo Atmosférico de la Secretaría de Medio Ambiente del DF, señala que ante esta situación y en esta temporada los ciudadanos deben asumir su responsabilidad con el problema ambiental de la ciudad.

“Como ciudadanos somos responsables de lo que emiten nuestros coches”, afirma el ambientalista; entonces “pensemos que si en la ciudad de México circulan alrededor

de cinco millones de vehículos y cada vehículo emite un gramo de contaminante, hay cinco toneladas de contaminantes” en el aire.

Pero el ejemplo es mínimo, dice Retama. “Tu vehículo no emite un gramo, emite varios cientos de gramos; entonces si multiplicas todo vas a encontrar una gran cantidad de toneladas de contaminantes flotando en la atmósfera y, una pequeña parte, la aportaste tú”.

### **El incómodo ozono**

En primavera, las precontingencias ambientales por ozono en el Valle de México son comunes. En 2011 ha habido una. En 2010 fueron tres. Y es que los niveles de ese compuesto se disparan en estas fechas porque los automóviles lo hacen reaccionar.

Armando Retama explica que el ozono es una forma diferente del oxígeno. Es un contaminante “inquieto”.

Primero, hay que saber que los automóviles emiten contaminantes como hidrocarburos y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). El calor y los rayos del sol provocan que estas sustancias se descompongan y liberen átomos de oxígeno, átomos solitarios, a los que “no les gusta” estar solos. Entonces, se mezclan fácilmente con cualquier sustancia que encuentren en el aire.

Si esos átomos solitarios se combinan con el oxígeno, disponible fácilmente en la atmósfera, lo convierten en ozono. El ozono es una forma diferente del oxígeno, es oxígeno con tres átomos. Pero el oxígeno sólo “está contento” cuando está formado por dos átomos; entonces buscará deshacerse del átomo extra. Si éste se libera, “puede entrar en contacto con nuestra

piel y tratar de combinarse con nuestras células; si entra en contacto con nuestros ojos, va a tener una reacción; si entra a nuestros pulmones, también va a reaccionar”, explica el especialista.

### **Tazón de contaminantes**

La geografía del Valle de México complica la situación. El DF está ubicado en una cuenca, rodeada por altas montañas en el sur, oriente y poniente, que sirven como barrera natural. Se localiza a una altura donde se reciben directamente los rayos del sol, y se ubica en medio del país, donde casi no hay vientos de los océanos. Es decir, el Distrito Federal y su zona conurbada están construidos sobre un tazón.

La mayor contaminación proviene del norte de la ciudad, donde funciona la industria y circulan más automóviles. Los vientos arrastran la contaminación al sur, donde está la barrera de montañas. Debido a la alta insolación y a los largos periodos sin lluvias, sin vientos y sin nubes, entre marzo y mayo, las condiciones son favorables para elevar los niveles de ozono, explica el químico.

Por ello, Retama recomienda reducir el uso del automóvil, pero también controlar las fugas de gas LP en casa o usar poco el calentador del agua.

“A lo mejor la participación de una persona parece no ser importante, pero cuando la participación de esa persona se suma a la de otras, se crea una red de conciencia que podría tener un impacto directo para el mejoramiento de la calidad del aire”, concluye.

### Ejercicio 5. El incomodo ozono

En la lectura 2 “El ozono en la troposfera y el ozono en la estratosfera” se dice que el ozono en la estratosfera es “el protector solar natural” ya evita que la radiación ultravioleta el Sol llegue a la superficie. Lee la noticia de periódico con cuidado (Lectura 3) y a partir ella, contesta las siguientes preguntas

1. La información que se reporta, en ambas lecturas ¿se contradice o se corrobora? ¿Cómo explicas los distintos efectos del ozono?

---

---

---

---

---

2. ¿La información en ambos lecturas se refiere a la misma molécula?

---

---

---

---

---

3. ¿Por qué se habla del ozono como contaminante?

---

---

---

---

---

4. ¿Qué acción contribuye a aumentar la cantidad de ozono en la troposfera?

---

---

---

---

---

5. ¿Qué relación puede existir, si es que la hay, entre los óxidos de nitrógeno y el ozono?

---

---

---

---

---



### Ejercicio 6. El ozono como contaminante

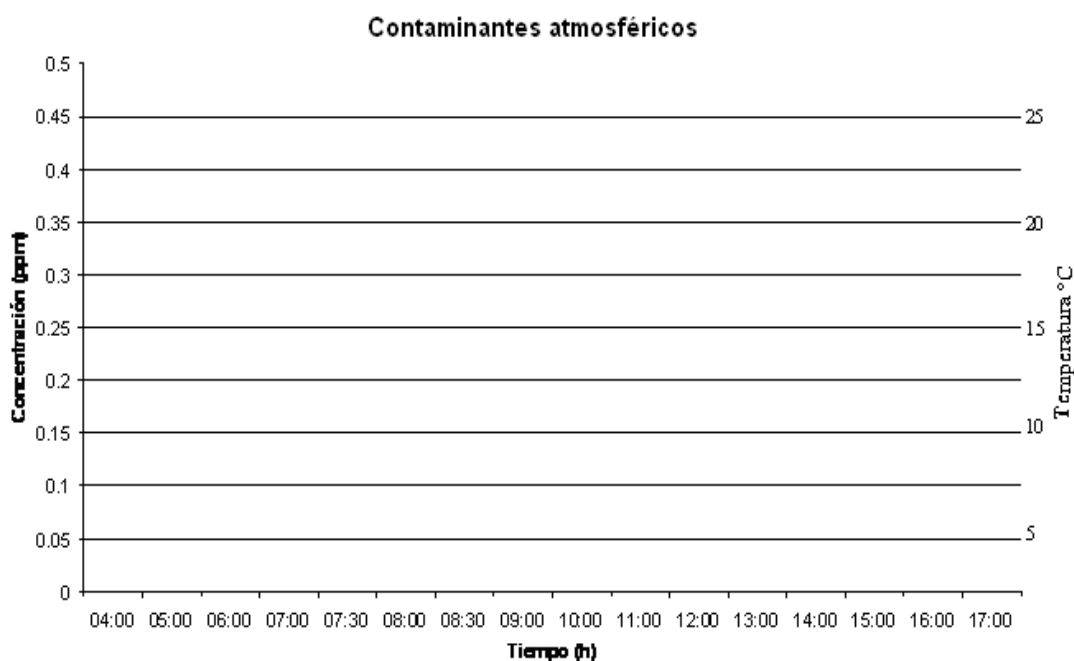
El propósito de esta actividad y de la anterior es que distingas la presencia del ozono en la troposfera y sus efectos contaminantes, las reacciones de formación del ozono y la participación de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) en su formación.

En una ciudad como la nuestra en la mañana, cuando empieza la actividad, los vehículos y las industrias arrojan humo al aire. Este humo contiene principalmente monóxido de nitrógeno e hidrocarburos. La luz del Sol hace que el monóxido de nitrógeno reaccione con los hidrocarburos y se transforme en dióxido de nitrógeno. A medida que avanza la mañana, la luz del Sol ocasiona que el monóxido de nitrógeno reaccione con el oxígeno para formar nuevamente ozono. Así, conforme transcurre el día, los niveles de ozono aumentan llegando a su máximo cuando la luz del día es más intensa y la temperatura más alta. En la siguiente tabla se muestran los datos de contaminantes de un día cualquiera de primavera en la Ciudad de México.

Hora	[O <sub>3</sub> ] (ppm)	[Hidrocarburos] (ppm)	[NO] (ppm)	[NO <sub>2</sub> ] (ppm)	Temperatura °C
04:00	0.035	0.27	0.075	0.025	12
05:00	0.035	0.28	0.11	0.06	11
06:00	0.035	0.31	0.15	0.1	12
07:00	0.037	0.35	0.15	0.15	13
7:30	0.042	0.40	0.11	0.19	14
08:00	0.050	0.44	0.08	0.19	15
08:30	0.050	0.45	0.055	0.16	16
09:00	0.060	0.45	0.045	0.12	17
10:00	0.10	0.37	0.03	0.075	20
11:00	0.15	0.29	0.03	0.05	22
12:00	0.18	0.25	0.03	0.04	24
13:00	0.20	0.23	0.03	0.045	25
14:00	0.20	0.22	0.03	0.05	26
15:00	0.18			0.06	26
16:00	0.15			0.065	26
17:00	0.11				24
18:00	0.075				24

Tabla 1. Concentración de contaminantes

1. Con los datos de la tabla anterior, realiza una gráfica de concentración (*ppm*) de contaminantes vs tiempo (h).



2. ¿A qué hora es máxima la concentración de ozono? ¿Por qué ocurre a esa hora?

---

---

---

---

3. ¿Cómo explicas el comportamiento de la concentración de ozono durante el transcurso del día?

---

---

---

---

4. ¿Por qué aumenta primero la concentración de monóxido de nitrógeno?

---

---

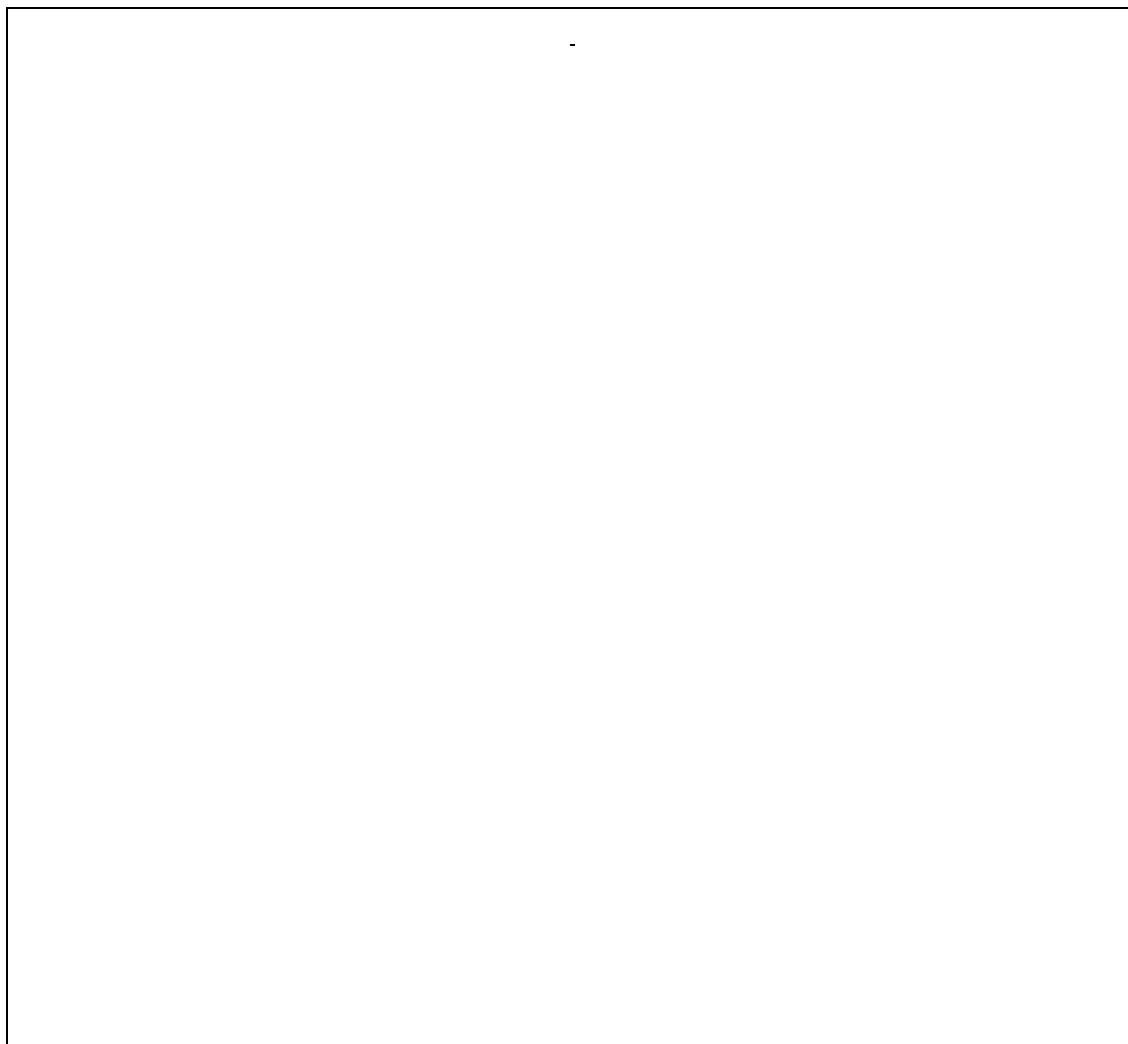
---

---

### Ejercicio 7. Las dos caras del ozono

El propósito de esta actividad es que analices la información adquirida hasta el momento y puedas identificar que el ozono en la estratosfera se forma con la acción de la radiación UV y protege la vida en nuestro planeta. Por otra parte se busca identificar que el ozono se forma en la troposfera a partir de los contaminantes primarios como los óxidos de nitrógeno (NOx) y se acumula como resultado de la combustión de hidrocarburos

Para esta actividad tienes que explicar las diferencias en la formación y los efectos del ozono dependiendo del lugar en la atmósfera. Para sintetizar la información más importante puedes utilizar un mapa mental en el que incluyas los siguientes términos: ozono, sustancia gaseosa, estratosfera troposfera, contaminante, protector, combustión de combustibles fósiles, oxígeno, molécula de oxígeno, radiación UV, problemas de salud.



Cuadro 3. Mapa mental de la función y formación del ozono en la troposfera y en la estratosfera

#### **Actividad 4. El ozono en la estratosfera**

##### **Objetivo**

- Reconoce que el ozono en la estratosfera produce un efecto protector para la vida en el planeta.

##### **Materiales y recursos necesarios**

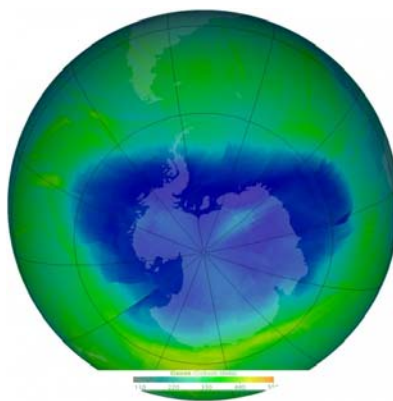
- Cuaderno de trabajo
- Lecturas
- Lápiz o bolígrafo
- Bibliografía y textos con información sobre el ozono.

##### **Tiempo**

60 minutos

#### **Lectura 4. Los clorofluorocarbonos y el ozono estratosférico**

Imaginemos a un viajero del espacio que se acerque a nuestro planeta y empiece a estudiarlo. Si su visión fuera semejante a la de los humanos en la franja visible del espectro, notaría esas nubes. Con aparatos más refinados, podría darse cuenta de que una quinta parte de la atmósfera es oxígeno, lo que le indicaría que hay vida en la Tierra. Si se acercara más, vería muchas luces en ciertas partes de los continentes, es decir, vería ciudades y señales de civilización. Pero si dispusiera de medios para percibir los rayos ultravioletas y además hubiese estado observando la Tierra por el lapso de un par de décadas, advertiría unos cambios muy curiosos, hasta espectaculares, sobre todo en la zona del polo sur. Notaría allí una alteración extraordinaria del color, debido a que los rayos ultravioletas, que normalmente no penetraban desde el espacio hasta la superficie terrestre, comenzaron a hacerlo (porque una capa protectora que filtraba esa radiación prácticamente desaparece de la atmósfera en esa zona, durante los meses de la primavera austral). Ante esta comprobación, nuestro hipotético viajero espacial no dejaría de preguntarse qué le podría estar pasando al planeta colocado ante sus ojos.



Para responder a ese interrogante conviene que nos remontemos un poco en el tiempo. Hacia los años cuarenta, las heladeras o refrigeradores domésticos empezaron a ser confiables y seguros. Antes de esa fecha, usaban compuestos tóxicos como refrigerantes - por ejemplo amoníaco o dióxido de azufre- lo que ocasionó un considerable número de accidentes. En la década de los treinta, un ingeniero llamado Thomas Midgley inventó unos compuestos químicos llamados clorofluorocarbonos (CFC), de gran estabilidad, para

reemplazar a las mencionadas sustancias tóxicas. Los clorofluorocarbonos son compuestos no tóxicos y muy volátiles en condiciones cercanas a las del ambiente; es decir, son líquidos pero se evaporan con mucha facilidad. Tal transformación de fase, de líquido a vapor, los hace adecuados como refrigerantes y, a veces, como solventes. Su propiedad química más importante es su estabilidad. Si se los usa en una heladera, cuando esta concluya su vida útil, terminarán siendo emitidos a la atmósfera en su totalidad, pues no se habrán descompuesto. Por la extraordinaria estabilidad que se mencionó, el uso de estos compuestos se generalizó en las décadas de los 60 y los 70, al punto que, para comienzos de la segunda era posible medir su presencia en la atmósfera. Un científico inglés, James E. Lovelock, inventó un cromatógrafo de gran sensibilidad para hacer tales mediciones y advirtió que no sólo encontraba clorofluorocarbonos en el aire de Londres sino, también, en el que venía del Atlántico, igual que en el de cualquier otra zona del mundo. Sus concentraciones eran muy pequeñas del orden de partes por cada millón de millones. Pero, mediante un cálculo sencillo, se podía demostrar entonces que tales concentraciones eran las esperables si se suponía que toda la producción industrial de clorofluorocarbonos realizada hasta el momento estaba dispersa en la atmósfera del mundo. (Texto tomado del artículo Los clorofluorocarbonos y el ozono estratosférico. Un problema global)

Analiza los datos de las siguientes tablas, y usa la información para elaborar el ejercicio siguiente.

Tabla 8.1 Datos adicionales	
La capa delgada de ozono ocupa 21 millones de Km <sup>2</sup>	
La capa de ozono se genera y destruye constantemente	
De 1975 a la fecha, la reducción se ha acelerado	
En las últimas décadas se destruye un 5% de la capa cada diez años.	

Tabla 8.2 Cronología del ozono	
Año 1,500	Leonardo Da Vinci determina que el aire contiene un compuesto que permite la combustión
1785	Martinus Van Marum genera ozono en un laboratorio aplicando electricidad en el oxígeno
1839	Christian Friederich Schönbein descubre y le da nombre al "Ozono"
	Se inventa el Tetracloruro de Carbono que es una sustancia que sirve como solvente y como materia prima de los gases Clorofluorocarbonos o mejor conocidos como CFCs, esta sustancia daña la capa de ozono.
1860	JL Soret identifica al ozono como una forma inestable de oxígeno compuesto por tres átomos de oxígeno (O <sub>3</sub> )
1878	Marie-Alfred Cornu lanza la teoría de que hay un gas en la atmósfera que filtra la radiación UV

1880	Walter Noel Hartley identifica al ozono como el gas que filtra los rayos UV
Finales de 1800	Se da la primera muerte atribuida a alguna sustancia agotadora de la capa de ozono (bromuro de metilo)
1906	Erich Regener es el primero en estudiar la descomposición del ozono con luz ultravioleta
1908	L. Teisserenc de Bort nombra a la “Estratosfera”
1913	M. Charles Fabry y M. H Buisson usan las mediciones de rayos ultravioleta para probar que la mayor parte del ozono está en la estratosfera
1919	Las primeras dos muertes atribuidas al uso de tetracloruro de carbono utilizado como extinguidor de fuego
1924	Gordon M. B. DOBSON y D. H. Harrison inventan un prisma espectrofotómetro para monitorear la columna total de ozono atmosférico
1925	R O Griffith y A. M. McKeown descubren que el bromuro acelera en gran medida la descomposición del ozono
1965	Gordon Dobson publica su artículo donde indica el comportamiento anómalo del ozono antártico para el periodo 1956-1963
1970	Se detectan efectos dañinos por la radiación UV en plantas. Paul Crutzen lanza la hipótesis de que los óxidos de nitrógeno, posiblemente de los fertilizantes, podrían destruir la capa de ozono
1971	Paul Krutzen y Harold Johnston descubren un ciclo de destrucción de ozono debido a compuestos nitrogenados
1972	En Estocolmo se le da un rango prioritario al tema del Agotamiento del ozono estratosférico y se recomienda que la red global de 110 estaciones de monitoreo de la atmósfera de la Organización Meteorológica Internacional, incluya la medición de la capa de ozono. Nace el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
1973	Mario Molina y Sherwood Rowland desarrollan la hipótesis que los CFCs transfieren cloro en la estratosfera y dañan la capa de ozono
1974	Mario Molina y Sherwood Rowland estiman una destrucción de ozono del 7 al 13% en los niveles de producción de CFC de dicho año. Presentan su teoría ante la Sociedad Americana de Química
1987	El 16 de Septiembre Se firma el Protocolo de Montreal sobre las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono firmado por 24 naciones y la Comunidad Económica Europea.
1988	Científicos Canadienses reportan la evidencia de un agujero de ozono sobre el Ártico
1989	Entrada en vigor del Protocolo de Montreal
1995	Mario Molina, Sherwood Rowland y Paul Crutzen reciben el Premio Nobel de Química por las “Contribuciones pioneras para explicar como se forma y se descompone el ozono” lo cual “contribuye a nuestra salvación de un problema ambiental global que puede tener consecuencias catastróficas”
2003	188 naciones pertenecen al Protocolo de Montreal



2. ¿Cómo explicas que el agotamiento de la capa de ozono sea un problema?

---

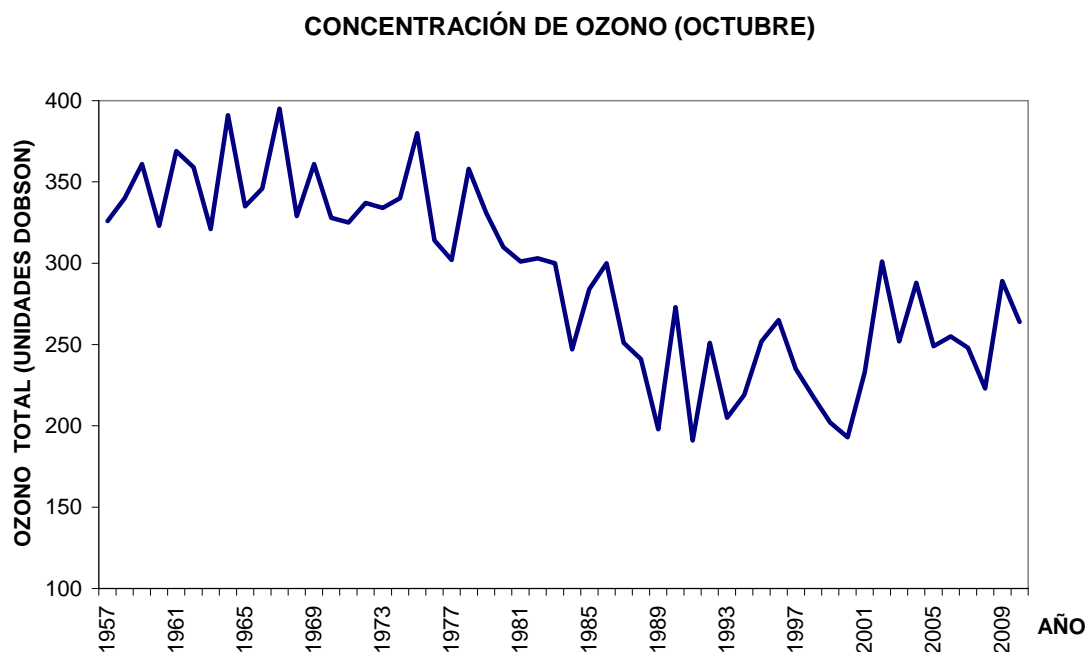


---



---

Observa con cuidado la siguiente gráfica



3. ¿Cómo explicas esta gráfica?

---



---



---

4. ¿Cuáles son las principales sustancias asociadas al adelgazamiento de la capa de ozono?

---



---



---

5. ¿Qué acción contribuye a aumentar la cantidad de ozono en la estratosfera?

---



---



---



## **Actividad 5. El efecto invernadero y su relación con el ozono**

### **Objetivo**

- Entender que la disminución de la capa de ozono en la estratosfera no está relacionada con el calentamiento global.

### **Materiales y recursos necesarios**

- Cuaderno de trabajo
- Lecturas
- Lápiz o bolígrafo
- Bibliografía y textos con información sobre el ozono.

### **Tiempo**

60 minutos

## **Lectura 5. El efecto invernadero**

La cantidad de los gases de tipo invernadero como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el metano (CH<sub>4</sub>) crece en la atmósfera año tras año, lo que contribuye al aumento del efecto invernadero. La razón del aumento anual es porque se quema un gran número de combustibles fósiles y sus emisiones son liberadas por las industrias, las plantas eléctricas, los automóviles y los basureros a la atmósfera. Los países altamente industrializados producen grandes emisiones de dióxido de carbono por año y por persona, por ejemplo, EE.UU: 19,3 toneladas; Australia: 15,3 toneladas; Japón: 8,8 toneladas y Suecia: 5,9 toneladas. En los países en desarrollo las emisiones son mucho menores por ejemplo, Brasil produce 1,4 toneladas y la India 0,9 toneladas. Los investigadores y otros expertos creen que la tasa de emisión de esta contaminación debe ser aproximadamente de una tonelada por persona al año para prevenir que el efecto invernadero se salga de control. Aunque no hay consenso entre los expertos, sí coinciden en que ya es hora de hacer ajustes. El efecto invernadero se produce cuando los rayos infrarrojos del sol interactúan con estas moléculas contaminantes y las ponen a “vibrar”. Esa vibración hace que aumente la temperatura.

### **El efecto invernadero**

La atmósfera seca está compuesta casi enteramente de nitrógeno (en una relación de mezcla volumétrica de 78,1%) y oxígeno (20,9%), más una serie de oligogases como el argón (0,93%), el helio y gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (0,035%) y el ozono. Además, la atmósfera contiene vapor de agua en cantidades muy variables (alrededor del 1%) y aerosoles. Los gases de efecto invernadero o gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de *radiación infrarroja* emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes como se muestra en la figura.

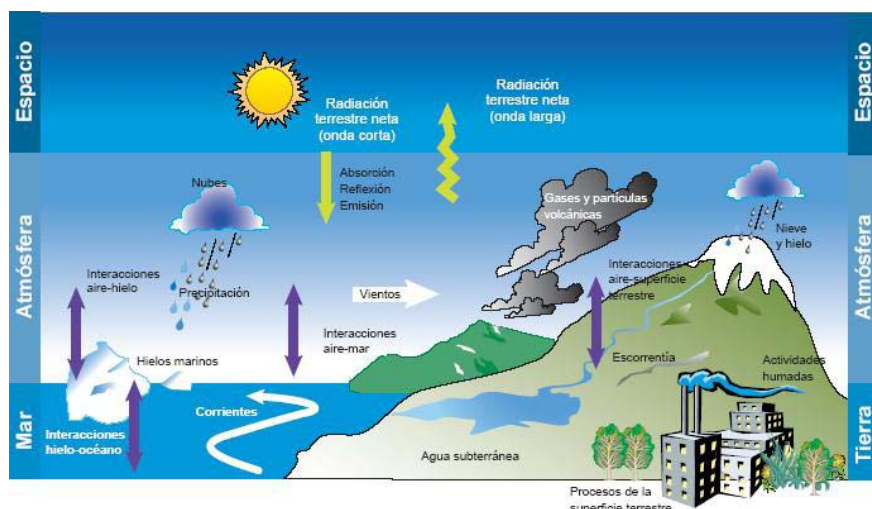


Figura 1. Componentes del sistema climático Fuente: <http://cambioclimaticoysuscausas.iespana.es/>

En la atmósfera de la Tierra, los principales gases de efecto invernadero (GEI) son el vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el ozono ( $\text{O}_3$ ). Hay además en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero (GEI) creados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos (compuestos que contienen cloro, bromo o flúor y carbono, estos compuestos pueden actuar como potentes gases de efecto invernadero en la atmósfera y son también una de las causas del agotamiento de la capa de ozono en la atmósfera) regulados por el Protocolo de Montreal. Además del  $\text{CO}_2$ , el  $\text{N}_2\text{O}$  y el  $\text{CH}_4$ , el Protocolo de Kyoto establece normas respecto al hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).

### Variaciones en la Composición Atmosférica

El cambio de composición de gases, especialmente los Gases de Efecto Invernadero (GEI), es uno de los más grandes mecanismos de fuerza internos. Cambios naturales en el contenido de dióxido de carbono atmosférico, ocurrieron durante las transiciones glaciales - interglaciales, como respuesta a mecanismos de fuerzas orbitales. En la actualidad, la humanidad es el factor más sustancial de cambio.

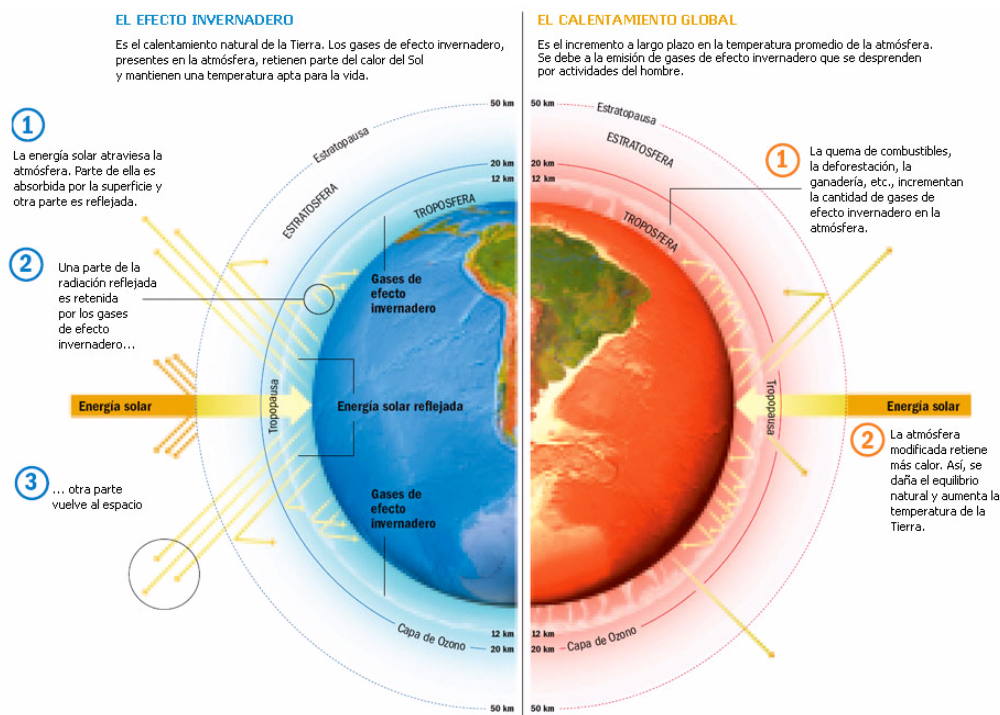
La humanidad está alterando la concentración de los GEI y los aerosoles, que influyen en el clima y a la vez, son influidos por éste. Los GEI reducen la pérdida neta de radiación infrarroja hacia el espacio y tienen poco impacto en la absorción de la radiación solar, lo que hace que la temperatura de la superficie sea más cálida y produce el denominado "efecto invernadero". Los aerosoles revisten gran importancia por su impacto sobre la radiación solar y tienen casi siempre un efecto de enfriamiento. Ciertos GEI surgen naturalmente, pero están influenciados directa o indirectamente por las actividades humanas, mientras que otros son totalmente antropogénicos. Los principales gases que surgen naturalmente son: vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Los principales grupos de GEI completamente antropogénicos son: clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC) e

hidroclorofluorocarbonos (HCFC) (a los que se denomina colectivamente halocarbonos), y las especies totalmente fluorinadas, como el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

El vapor de agua es el mayor contribuyente al efecto invernadero natural y es el que está más directamente vinculado al clima y, por consiguiente, menos directamente controlado por la actividad humana. Esto es así porque la evaporación depende fuertemente de la temperatura de la superficie, y porque el vapor de agua atraviesa la atmósfera en ciclos muy rápidos, de una duración por término medio de uno cada ocho días. Por el contrario, las concentraciones de los demás GEI están sujetas a la influencia fuerte y directa de las emisiones asociadas con la quema de combustibles fósiles, algunas actividades forestales y la mayoría de las agrícolas, y la producción y el empleo de diversas sustancias químicas.

Excepto el ozono, todos los GEI directamente influenciados por las emisiones humanas están bien mezclados en la atmósfera, de forma que su concentración es casi la misma en cualquier parte y es independiente del lugar donde se produce. El ozono también difiere de los demás GEI porque no se emite directamente hacia la atmósfera, sino que es fabricado por reacciones fotoquímicas en las que participan otras sustancias, denominadas “precursores”, que sí se emiten directamente. En lo que respecta a los procesos de eliminación, todos los GEI, excepto el dióxido de carbono, se eliminan en buena parte a través de reacciones químicas o fotoquímicas dentro de la atmósfera. De modo diferente, el dióxido de carbono efectúa ciclos continuos entre varios “reservorios” o depósitos de almacenamiento temporales (atmósfera, plantas terrestres, suelos, aguas y sedimentos de los océanos). Las fuentes de los GEI naturales y sus procesos de eliminación están influenciados por el clima.

Los aerosoles son partículas diminutas en suspensión en el aire, que influyen sobre el clima sobre todo porque reflejan hacia el espacio una parte de la radiación solar incidente (efecto directo), y regulan, hasta cierto punto, la cantidad y las propiedades ópticas de las nubes (efecto indirecto). Los aerosoles también absorben una cierta cantidad de radiación infrarroja. Se producen natural y artificialmente; entre los naturales se encuentran la sal marina, el polvo y las partículas volcánicas, mientras que los artificiales resultan de la quema de biomasa y combustibles fósiles, entre otras fuentes. Algunos aerosoles, como el polvo, se emiten directamente hacia la atmósfera. Pero la mayoría no se emiten directamente sino que, como el ozono troposférico, se fabrican a partir de la transformación química de los precursores. Todos los gases troposféricos tienen un tiempo de vida corto en la atmósfera debido a que la lluvia los elimina rápidamente. Por ello y porque la intensidad de las fuentes de emisión cambia considerablemente de una región a otra, la cantidad de aerosoles en la atmósfera varía mucho entre las regiones.



**Figura 2.** Los gases de efecto invernadero naturales y antropogénicos (GEI) reducen la pérdida neta de radiación infrarroja hacia el espacio y tienen poco impacto en la absorción de la radiación solar, lo que hace que la temperatura de la superficie sea más cálida y produce el denominado "efecto invernadero", esto a su vez induce al calentamiento global (aumento de la temperatura superficial promedio a nivel global). Fuente: <http://cambioclimaticoyuscausas.iespana.es/>

## Calentamiento global

El calentamiento global se puede entender en forma simplificada como el incremento gradual de la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la emisión de ciertos gases de Efecto Invernadero - GEI que impiden que los rayos del sol salgan de la tierra, bajo condiciones normales. (Una capa "más gruesa" de gases de efecto invernadero retiene más los rayos infrarrojos y hace elevar la temperatura).

Por otro lado, es un término utilizado habitualmente en dos sentidos: Es el fenómeno observado que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas. También es una teoría que predice, a partir de proyecciones basadas en simulaciones computacionales, un crecimiento futuro de las temperaturas. La opinión científica mayoritaria sobre el cambio del clima dice que "la mayor parte del calentamiento observado en los últimos 100 años, es atribuible a la actividad humana". Las simulaciones parecen indicar que la principal causa del componente de calor inducido por los humanos se debería al aumento de dióxido de carbono. La temperatura del planeta ha venido elevándose desde finales del siglo XIX, cuando se puso fin a la etapa conocida como la pequeña edad de hielo. Calentamiento global y efecto invernadero no son sinónimos. El efecto invernadero acrecentado por la contaminación, puede ser, según las teorías, la causa del calentamiento global observado.

### **Ejercicio 9. El efecto invernadero y su relación con el ozono**

Organízate en equipos de cuatro personas y busca la información específica que te permita aclarar algunas ideas sobre el “agujero” de la capa de ozono permite que llegue mayor radiación ultravioleta a la Tierra

1. Con los datos de la lectura anterior, explica el efecto invernadero.

---

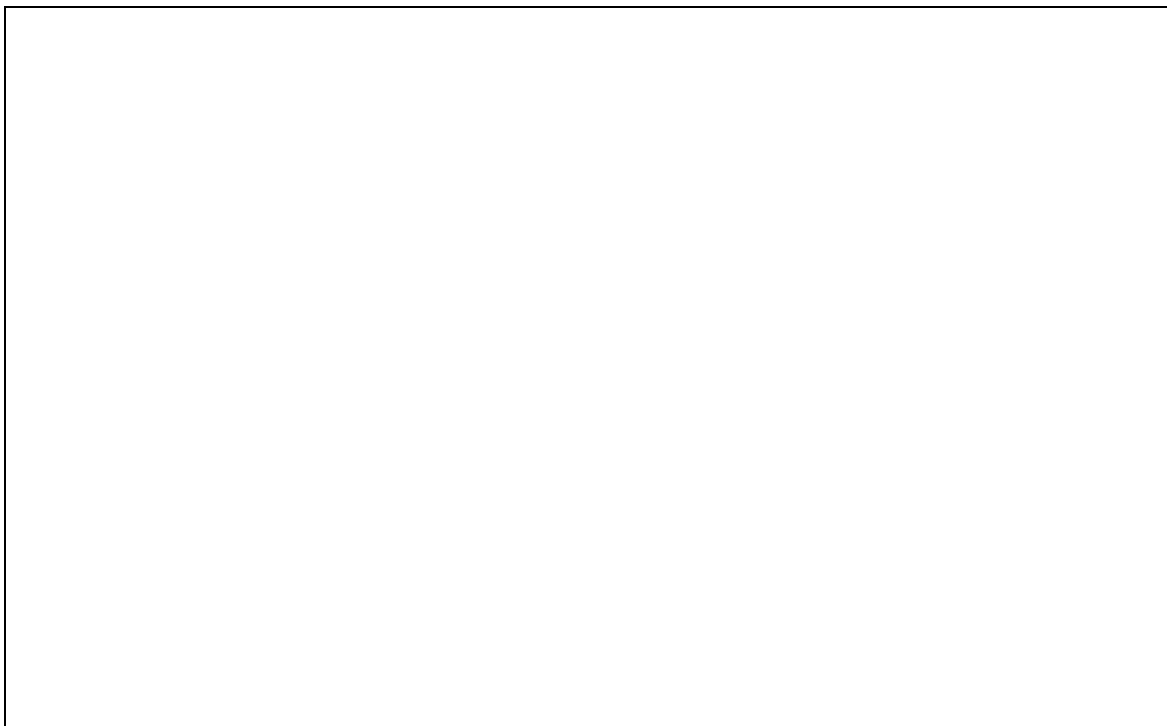
---

---

---

---

2. Haz un dibujo que ilustre tu explicación, y coméntalo.



---

---

---

---

---

3. El efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono están relacionados con la radiación solar.

a) Explica cómo se relacionan el efecto invernadero con la radiación solar.

---

---

---

b) Explica cómo se relaciona el adelgazamiento de la capa de ozono con la radiación solar.

---

---

---

4. ¿Para qué proceso se necesita más energía, para romper a las moléculas o para ponerlas a vibrar?

---

---

---

---

5. Deduce a partir de tu respuesta, ¿qué radiación tiene más energía, la ultravioleta o infrarroja?

---

---

---

---

6. ¿Por qué crees que la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> puede afectar a la sociedad?.

---

---

---

---

7. Justifica el siguiente enunciado “Calentamiento global y efecto invernadero no son sinónimos”.

---

---

---

---

8. Justifica el siguiente enunciado “El efecto invernadero no está relacionado con el agotamiento del ozono en la estratosfera”

---

---

---

---

**Actividad 6. ¿Qué tanto sabes?****Objetivo**

- Evaluar los conocimientos de los estudiantes después de realizar todas las actividades.

**Materiales y recursos necesarios**

- Lápiz o bolígrafo
- Cuestionario

**Tiempo** 10 minutos**Ejercicio 10** Determina si cada una de las siguientes oraciones es Falsa (F) o Verdadera (V)

	<b>Enunciado</b>	<b>Falso/verdadero</b>
<b>1.</b>	No usar el automóvil ayuda a aumentar el ozono en la estratosfera	
<b>2.</b>	No usar el automóvil ayuda a disminuir el ozono en la troposfera	
<b>3.</b>	Evitar usar ciertos aerosoles ayuda a aumentar el ozono en la estratosfera	
<b>4.</b>	El aumento del ozono troposférico produce daños en la salud	
<b>5.</b>	El aumento del ozono en la estratosfera nos protege de los rayos UV	
<b>6.</b>	La producción de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) en exceso, el uso de automóviles y la producción desmedida de basura causa la disminución de la capa de ozono	
<b>7.</b>	La producción de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) en exceso, el uso de automóviles y la producción desmedida de basura causa el aumento de la capa de ozono	
<b>8.</b>	El adelgazamiento de la capa de ozono sólo representa un problema para la salud cerca de la Antártida	
<b>9.</b>	El ozono se acumula en la estratosfera por el efecto invernadero	
<b>10.</b>	El 'agujero' de la capa de ozono permite que llegue mayor radiación ultravioleta a la Tierra y esto produce un aumento del efecto invernadero	
<b>Autoevaluación(puntos posibles)/ 10 puntos totales=</b>		

## Bibliografía

- Andersson, B. y Wallin, A. (2000). Students' Understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO<sub>2</sub> emissions and the problem of ozone layer depletion. *Journal of research in science teaching*, 37(10), 1096-1111.
- Bahar, M., Bag, H. y Bozkurt, O. (2008). Pre-Service science teachers' understandings of an environmental issue: Ozone Layer Depletion. *Ekoloji*, 18(69), 51-58.
- Benedí Gracia, I. (2001). La contaminación: vivir sin contaminar: unidad didáctica, 2o. ciclo de Educación Secundaria Obligatoria. Cuaderno del, Colectivo de Educación Ambiental. Editor Gobierno de Aragón, Departamento de Medio Ambiente.
- Bello, S. (2007). Cambio Conceptual, ¿Una o varias teorías?: reseñas del seminario sobre cambio conceptual, Facultad de Química, UNAM.
- Boon, H. (2009). Climate change? When? Where?. *The Australian Educational Researcher*, 36 (3). 43-64. Recuperado en [http://www.aare.edu.au/aer/online/0903/0903\\_a.pdf](http://www.aare.edu.au/aer/online/0903/0903_a.pdf)
- Bornman, J. F. (2006). Historical overview of ozone trends and future scenarios, Environmental UV radiation: Impact on ecosystems and human health and predictive models, 57, 1-3.
- Borsese, A. y Esteban, S. (2005). Química, educación ambiental y vida cotidiana: el ozono troposférico. *Enseñanza de las ciencias*, 23(2), 251–262. Recuperado de <http://ensciencias.uab.es/revistes/23-2/251.pdf>
- Boyes, E. y Stanisstreet, M. (1992). Students' perceptions of global warming. *International Journal of Environment Studies*, 42(4), 287-300.
- Boyes, E. y Stanisstreet, M. (1994). The ideas of secondary school children concerning ozone layer damage. *Global Environmental Change*, 4(4), 311-324.
- Boyes, E. y Chambers, W. (1995). Trainee primary teachers' ideas about the ozone layer. *Environmental Education Research*, 1(2), 133-146
- Boyes, E., y Stanisstreet, M. (1997). Children's models of understanding of two major global environmental Issues (ozone layer and greenhouse effect). *Research in Science & Technological Education*; 15(1), 19-28.
- Boyes, E., Stanisstreet M. y Papantoniou S. V. (1999). The Ideas of greek high school students about the "Ozone Layer". *Science Education*, 83(6), 724-737.
- Boucher Olivier. (2010). Stratospheric ozone, ultraviolet radiation and climate change. *Weather*, 65(4), 105–110.



- Brönniman, S., Vogler, C., Staehelin, J., Stolarski, R. y Hansen, G. (2007). Total Ozone observations during the past 80 years, en S. Brönnimann et al. (eds.), *Climate Variability and extremes during the past 100 years. Advances in Global Change Research*, 33(1), 129-140.
- Carretero M. (1996). Constructivismo y problemas educativos: una relación compleja. *Anuario de psicología*, (69) ,183-188. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/AnuarioPsicologia/article/view/61323/88957>
- Christidou, V., y Koulaidis, V. (1996). Children's models of the ozone layer and depletion. *Research in Science Education*, 26(4), 421-436.
- Christidou, V. y Koulaidis V. (1997). Children's use of metaphors in relation to their mental models: The case of the ozone layer and its depletion. *Research in Science Education*, 27(4), 541-552.
- Christidou, V. y Koulaidis, V. (1999). Models of Students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Science Education*, 83(5), 559-76.
- Christidou, V., Hatzinikita, V. y Dimitriou A. (2009). Children's drawings about environmental phenomena: the use of visual codes. *The International Journal of Science in Societ*, 1(1), 107-117.
- Coll, C. (1996). Constructivismo y educación escolar: ni hablamos siempre de lo mismo ni lo hacemos siempre desde la misma perspectiva epistemológica. *Anuario de Psicología*, 69, 153-178.
- Coll, R. K., (2005). The role of models/and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183–198.
- Cordero, E. (2001). Misconceptions in Australian students' understanding, of ozone depletion. *Melbourne Studies in Education*, 41, 85–97. Recuperado de [http://www.met.sjsu.edu/~cordero/research/Papers/MSIE\\_paper.pdf](http://www.met.sjsu.edu/~cordero/research/Papers/MSIE_paper.pdf)
- Cordero, E. C. (2001). Is the ozone hole over your classroom?. *Australian Science Teachers' Journal*, 48(1), 34-39.
- Crutzen P. J. y Oppenheimer M. (2008). Learning about ozone depletion. *Climatic Change* 89(2), 143–154.
- García Franco, Alejandra y Garritz Ruiz, Andoni. (2006) Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*. 24(1), 111-124.
- Daskolia, M., Flogaitis, E. y Papageorgiou, E. (2006). kindergarten teachers' conceptual framework on the ozone layer depletion. Exploring the associative meanings of a

- global environmental issue. *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 168-178.
- Delval, J. (2001). Hoy todos somos constructivistas. *Educere*, 5(15), 353-359, recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/356/35651520.pdf>
- Díaz-Barriga Arceo, Frida y Hernández Rojas Gerardo. (2002). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista, McGraw-Hill, 2a ed., México.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V. y Sklaveniti, S. (2003). Towards an analysis of visual images in school sciences textbooks and press articles about science and technology. *Research in Science Education*, 33 (2), 189-216.
- Dove, J. (1996). Student teacher understanding of the greenhouse effect, ozone layer depletion and acid rain. *Environmental Education Research*, 2(1), 89-100.
- Duit R. y Treagust D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Farman, J. G., Gardner, B. G. y Shanklin J. T. (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction. *Nature*, 315, 207-210.
- Farrell A. (2005). Learning to see the invisible: discovery and measurement of ozone. *Environmental monitoring and assessment* 106(1-3), 59-80.
- Fisher, Brian. (1998). Australian students' appreciation of the greenhouse effect and the ozone hole. *Australian Science Teachers' Journal*, 44(3), 46-55.
- Flores, R. (1993). Hacia una pedagogía del conocimiento. Santafé de Bogotá: Mc Graw Hill.
- Gil, D. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 503-512.
- Greca, I.M., & Moreira, M.A. (2000). Mental models, conceptual models, and modeling. *International Journal of Science Education*, 22, 1-11.
- Hansen P. J. K. (2010). Knowledge about the greenhouse effect and the effects of the ozone layer among norwegian pupils finishing compulsory education in 1989, 1993, and 2005—What Now?. *International Journal of Science Education*, 32 (3), 397-419.
- Hernando Sanz F. J. (2000). Ozono y atmósfera (Una experiencia didáctica de estudio transversal de la contaminación atmosférica en la Enseñanza Secundaria Obligatoria), *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 20, 115-130.

- Herron, J. D. y Nurrenbern, S. C. (1999). Chemical education research: Improving chemistry learning. *Journal of Chemical Education*, 76(10), 1353-1361.
- Jakobsson, A., Mäkitalo, Å., y Säljö, R. (2009). Conceptions of knowledge in research on students' understanding of the greenhouse effect: methodological positions and their consequences for representations of knowing. *Science education*, 93 (6), 978–995.
- Kalipci, E., y Yener, Y. (2009). The Opinions of teacher candidates about global warming. Greenhouse effect and ozone layer. *World Applied Sciences Journal*, 7(1), 67-75.
- Kaya, Osman N. (2009). The nature of relationships among the components of pedagogical content knowledge of preservice science teachers: 'ozone layer depletion' as an example. *International Journal of Science Education*, 31(7), 961–988.
- Kerr, S. C., y Walz, K. A. (2007). "Holes" in student understanding: Addressing prevalent misconceptions regarding atmospheric environmental chemistry. *Journal of Chemical Education*, 84(10), 1693-1696.
- Kılınç A., Boyes E. y Stanisstreet, M. (2008). Turkish students' ideas about Global Warming, *International Journal of Environmental & Science Education*, 3(2), 89 – 98.
- Khalid, T. (2003). Pre-service high school teachers' perceptions of three environmental phenomena. *Environmental Education Research*, 9(1), 35–50.
- Koulaidis V., y Christidou V. (1999). Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Science education*, 83(5), 559-576.
- Kriner, A, Castorina, J. A. y Cerne, B. (2003). El adelgazamiento de la capa de ozono: algunos obstáculos para su aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2), 136-154.
- Leighton, J. P., y Bisanz, G. L. (2003). Children's and adults' knowledge and models of reasoning about the ozone layer and its depletion. *International Journal of Science Education*, 25(1), 117–139.
- Laburu, C. E. (1996). La crítica en la enseñanza de las ciencias: constructivismo y contradicción. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 93-101.
- Madronich, S. (1999). Stratospheric Ozone and its effects on the biosphere, Chapter 12, reactive Oxygen Species in Biological Systems, Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York.
- Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. (2006). Secretaría del ozono, programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recuperado de <http://ozone.unep.org/spanish/Publications/MP-Handbook-07-es.pdf>

- Martínez A., Bonilla B, Rodríguez, O. y López A. (2010). ¿Conceptos fundamentales o fundamentos para vivir mejor? *Revista Educación Química*, 21(3), 198-201.
- Mason, L., y Santi, M. (1998). Discussing the greenhouse effect: Children's collaborative discourse reasoning and conceptual change. *Environmental Education Research*, 4(1), 67-81.
- Meadows, G. y Wiesenmayer, R. (1999). Identifying and addressing students' alternative conceptions of the causes of global warming: the need for cognitive conflict. *Journal of Science Education and Technology*, 8(3), 235-239.
- M'ehcut, M. (2004). A research-based teaching sequence for teaching the concept of modelling to seventh-grade students. *International Journal of Science Education*, 26(5), 605–618.
- Michail, S., Stamou, A., y Stamou G. Greek Primary School Teachers' understanding of current environmental issues: an exploration of their environmental knowledge and images of nature, *Science Education*, 91(2), 244-259.
- Molina, M. (1995). Polar ozone depletion, Nobel Lecture, recuperado de [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1995/molina-lecture.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1995/molina-lecture.pdf)
- Molina, M. (1996). Los clorofluorcarbonos y el ozono estratosférico un problema global. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy*, 6(36), recuperado de <http://www.cienciahoy.org.ar/hoy36/clorofl1.htm>
- Morgan, M. D., y Moran, J. M. (1995). Understanding the greenhouse effect and the ozone shield: an index of scientific literacy among university students. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 76(7), 1185-90.
- Ontoria A., Ballesteros A., Cuevas, C., Giraldo L., Martín, I., Malina A..(2006). Mapas conceptuales, Ed. Narcea, Madrid.
- Ontoria A., Gómez, J. P. R. y de Luque, A. (2005). Aprender con mapas mentales, una estrategia para pensar y estudiar. Ed. Narcea, Madrid.
- Österlind, K. (2005). Concept formation in environmental education: 14-year olds' work on the intensified greenhouse effect and the depletion of the ozone layer. *International Journal of Science Education*, 27(8), 891–908.
- Papadimitriou, V. (2004). Prospective primary teachers' understanding of climate, Change, greenhouse effect, and ozone layer depletion, *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 299-307.
- Pekel, F. (2005). High School Students' and trainee science teachers', perceptions of ozone layer depletion. *Journal of Baltic Science Education*, 1(7), 12-21.

- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P., y Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227.
- Programa de Estudio, Ciencias Naturales, Sexto grado de Primaria. (2009), SEP. Recuperado de <http://basica.sep.gob.mx/reformaintegral/sitio/pdf/primaria/plan/Prog6Primaria.pdf>
- Programa de Estudio, Ciencias I (énfasis en Biología). Tercer año de secundaria. (2009), SEP. Recuperado de <http://basica.sep.gob.mx/reformaintegral/sitio/pdf/secundaria/plan/CienciasSec11.pdf>
- Programa de estudio, Química II- Segundo semestre. SEP. (2010). Recuperado de [http://www.dgb.sep.gob.mx/informacion\\_academica/programasdeestudio/cfb\\_2osem/QUIMICA-II.pdf](http://www.dgb.sep.gob.mx/informacion_academica/programasdeestudio/cfb_2osem/QUIMICA-II.pdf)
- Rodríguez, Zavala, Olivia. 2009. El efecto invernadero: una propuesta didáctica para empezar a entenderlo, Tesis para obtener el grado de Maestra en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS), Química, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sánchez, B. y Valcárcel, M. (1993), Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, 11 (I), 33-44.
- Sillman Sanford. Overview: Tropospheric ozone, smog and ozone-NOx-VOC sensitivity. Recuperado de <http://www-personal.umich.edu/~sillman/ozone.htm>
- Shanklin, J. D. British Antarctic Survey Ozone. <http://www.antarctica.ac.uk/met/jds/ozone/index.html> (último octubre 2011)
- Shepardson, D., Niyogi, D., Choi, S., y Charusombat, U. (2011). Students' conceptions about the greenhouse effect, global warming, and climate change. *Climatic Change*, 104(3/4), 481–507.
- Shepardson, D., Wee B., Priddy M., Harbor J. (2007). Students' mental models of the environment, *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 327–348.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1),1-22.
- Treagust, D. F. y Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education, *Cultural Studies of Science Education*, 3, 297-328.
- Talanquer, V. (2005). El químico intuitivo, *Educación Química*. 16(4), 114-122.

- Talanquer, V. (2011). El papel de las ideas previas en el aprendizaje de la química *Alambique*, 69, 35-41.
- Rowland F. S. (2009). Stratospheric ozone depletion, en Zerefos C., Contopoulos G. y Skalkeas G., *Twenty Years of Ozone Decline: Proceedings of the Symposium for the 20th Anniversary of the Montreal Protocol*, 23-66, Editorial Springer.
- Varma, K. y Linn, M. C. (2011). Using Interactive technology to support students' understanding of the greenhouse effect and global warming, *Journal of Science Education and Technology*, 6, 321-330.
- Vosniadou, S., Brewer, W. (1992). Mental models of the Earth. *Cogn Psychol*, 24(4), 535–585.
- Vosniadou, S. (1994), Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S., Ioannides C., Dimitrakopoulou, A., y Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381–419.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J., and Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. En D. Gabel (Ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: Simon & Schuster Macmillan, 177 -210.