

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**



---

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN  
MEDIA SUPERIOR

**“EL EFECTO INVERNADERO: UNA PROPUESTA  
DIDÁCTICA PARA EMPEZAR A ENTENDERLO”**

**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 :**  
**OLIVIA RODRÍGUEZ ZAVALA**



COMITÉ TUTORAL  
PILAR RIUS DE LA POLA

DIRECTORA DE TESIS  
ANA MARÍA MARTÍNEZ VÁZQUEZ

2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## **JURADO ASIGNADO**

Presidente:	Dr. Juan Fidel Zorrilla Alcalá
Secretario:	Dra. Ana María Martínez Vázquez
Vocal:	Dra. Alejandra García Franco
Primer suplente:	Dra. María del Pilar Rius de la Pola
Segundo suplente:	Dra. Margarita Flores Zepeda

### **Lugar donde se realizó la tesis:**

Facultad de Química, UNAM, México D. F.

### **Tutora de tesis:**

DRA. ANA MARÍA MARTÍNEZ VÁZQUEZ

---

A mi papá, Lalito, con mucho cariño, por todo lo que me enseñó a lo largo de su vida...y con su muerte.

A Marcos, mi compañero de vida, por su amor, confianza e infinita paciencia.

A mi mami, Licha, por su apoyo e inmenso cariño.

A mis hermanos Caro, Gwendy y Edward por su apoyo incondicional.

A mis queridos sobrinos Mao, Pao, Andrea, Dany y Monse por su capacidad de amar y disfrutar de la vida.

A mis amigas y compañeras: Caty, Alba, Chela, Tere, Haruko, Anita, Paty H., Natalia, Marina, por su ayuda y orientación.

A mis amigos y compañeros Alejandro, Ricardo y Carlos, por esa alegría que contagian.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Dra. Ana María Martínez Vázquez, por su apoyo y sus enseñanzas en la realización de este trabajo.

A la Dra. Pilar Rius de la Pola por sus recomendaciones atinadas en todo momento.

A cada uno de los sinodales de este trabajo, en especial a Dra. Alejandra García Franco por sus consejos y observaciones al mismo.

## INDICE

	<b>Pág.</b>
Introducción.....	1
<b>Capítulo 1. Marco conceptual</b>	
El constructivismo.....	7
Las concepciones alternativas .....	8
El cambio conceptual.....	10
Objetivos.....	13
<b>Capítulo 2 Metodología</b>	
El instrumento .....	15
Determinación del instrumento .....	19
Aplicación del instrumento .....	19
Determinación de las categorías de análisis .....	19
Diseño de la propuesta didáctica .....	20
Análisis científico .....	20
Análisis didáctico.....	21
Las concepciones alternativas sobre el efecto invernadero .....	22
Selección de objetivos .....	23
Selección de estrategias didácticas .....	24
Estrategias de evaluación .....	27
Aplicación de la propuesta didáctica .....	30
<b>Capítulo 3 Resultados y discusión</b>	
1. La interpretación del efecto invernadero por los estudiantes .....	35
1.1 Las categorías sugeridas para la interpretación que los estudiantes dan respecto al efecto invernadero..	35
1.1.1 Categoría 1: los estudiantes que no incluyen a las radiaciones en sus explicaciones .....	37
1.1.2 Categoría 2: los estudiantes que incluyen a las radiaciones en sus explicaciones .....	40
1.2 Las sustancias responsables del efecto invernadero .....	43
1.3 Los gases en el efecto invernadero.....	45
1.4 Las radiaciones en el efecto invernadero	46
1.5 El efecto invernadero ¿es un fenómeno reciente? .....	49
1.6 El calentamiento en la atmósfera .....	50
1.7 Modelo continuo o corpuscular .....	52

	<b>Pág.</b>
1.8 La relación entre el efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono .....	54
2. La interpretación del efecto invernadero por los estudiantes después de aplicar la propuesta didáctica .....	58
2.1 Comparación de las categorías y las subcategorías de la interpretación del efecto invernadero por parte de los estudiantes .....	58
2.2 Las sustancias responsables del efecto invernadero .....	62
2.3 Los gases responsables en la atmósfera .....	64
2.4 El papel de las radiaciones en el efecto invernadero .....	65
2.5 El efecto invernadero ¿es un fenómeno reciente	69
2.6 La relación entre el efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono .....	70
Capítulo 4 <b>Conclusiones</b> .....	75
<b>Bibliografía</b> .....	79
<b>Anexo A. Guía para el profesor</b>	
Descripción de las actividades .....	85
El aliento de los dinosaurios .....	87
Modelando el efecto invernadero .....	94
Los glaciares... una historia que contar .....	106
<b>Anexo B. Guía para el alumno</b>	
Introducción a las actividades	120
El aliento de los dinosaurios .....	121
Modelando el efecto invernadero .....	125
Los glaciares... una historia que contar .....	128

# **Introducción**

## INTRODUCCIÓN

Entre los profesores de ciencias naturales hay una creciente sensación de frustración debido a que hay un éxito limitado en el proceso de enseñanza aprendizaje. Esto se refleja en el poco interés que muestran los estudiantes por aprender. Con base en los trabajos de investigación reportados (De Jong O., 1998; Marín et al, 1999; Pozo y Gómez, 2006) se reconoce que el estudio de las ciencias experimentales se encuentra en una crisis mundial, ya que es claro el descenso en el número de estudiantes a nivel bachillerato que se inscriben en materias optativas relacionadas con las ciencias naturales, y es menor aún la cantidad de alumnos que siguen una carrera científica en la universidad (Galagovsky, 2005).

En este escenario la química en particular tiene una “mala imagen” entre los alumnos, lo que en gran parte se debe a que:

- los profesores no siempre consideran el desarrollo cognitivo de los estudiantes, es decir, no siempre basan la preparación de sus actividades escolares en el nivel de conocimiento de la química de los jóvenes;
- los conceptos en la química requieren de un alto grado de abstracción, por lo que los estudiantes la perciben como una ciencia “difícil”;
- las ideas que se presentan están alejadas de cualquier realidad cotidiana de los estudiantes, y por lo tanto existe una baja motivación para el aprendizaje de esta ciencia;
- en la sociedad se considera a la química como una de las ciencias responsables de los problemas de contaminación en nuestro planeta, lo que automáticamente genera un rechazo hacia la disciplina. En general no se acepta fácilmente la idea de los beneficios que se han obtenido a través de esta ciencia experimental.

Del total de alumnos de bachillerato que recibimos en nuestras aulas, son pocos los que estudiarán una carrera relacionada con la química; sin embargo, cada uno de ellos será en el futuro un ciudadano que tendrá que tomar decisiones responsables encaminadas a proteger nuestro planeta. Por esta razón, en los últimos años, la investigación educativa apunta hacia la importancia de que los estudiantes que cursan el nivel medio superior construyan una alfabetización científica que los forme como ciudadanos y no sólo en temas específicos de química.

De acuerdo con Pozo y Gómez (2006), las finalidades de la educación científica son:

- el aprendizaje de conceptos y la construcción del conocimiento de los estudiantes;
- el desarrollo de destrezas cognitivas y de razonamiento científico;
- el desarrollo de destrezas experimentales y de resolución de problemas;
- el desarrollo de actitudes y valores;
- la construcción de una imagen de la ciencia.

Con esta visión, la construcción de una alfabetización científica implica que el alumno adquiera una serie de herramientas que le permitan comprender la realidad cotidiana. A partir de esa comprensión los estudiantes serán capaces de tomar decisiones responsables (Pozo y Gómez, 2006).

Tomando en cuenta estos principios, en esta propuesta se eligió el tema del efecto invernadero para trabajarlo con los estudiantes. Dado que en el efecto invernadero intervienen sustancias químicas, como el dióxido de carbono y los óxidos de nitrógeno, que se asocian con los problemas ambientales. En general los alumnos piensan que el efecto invernadero es producto de la contaminación, y poco saben acerca de la relación entre los gases invernadero y la vida en el planeta. Los

estudiantes no reconocen que es gracias a los gases invernadero (dióxido de carbono, vapor de agua, óxido de nitrógeno, metano, entre otros) que la energía solar absorbida por el suelo y el agua no es total e inmediatamente irradiada al espacio. Tampoco reconocen que esto produce una temperatura media adecuada para el desarrollo de la vida en nuestro planeta, ni reconocen que el problema no está en el efecto invernadero, sino en la modificación de los equilibrios existentes debido a las actividades humanas. Se producen más gases invernadero, lo que altera el equilibrio y provoca un aumento de la temperatura media del planeta. Este tema, el efecto invernadero, está directamente relacionado con la enseñanza de la química debido a que son sustancias químicas con propiedades particulares las que lo producen.

De acuerdo con la didáctica de las ciencias un punto importante es conocer lo que saben los estudiantes acerca de los conceptos que se estudian en la clase de ciencias. Muchas de las ideas las construyen a partir de la experiencia adquirida en la vida cotidiana (Trinidad-Velasco y Garritz, 2003). Todas las concepciones que tienen los alumnos son los cimientos que definirán lo que pueden aprender. Ahí radica la importancia de iniciar este trabajo con la indagación de las concepciones que los estudiantes tienen sobre el efecto invernadero y sus causas. Las concepciones alternativas no se reemplazan después de una clase, porque se requiere un largo camino de “construcción conceptual” aunque es necesario empezar a edificar el conocimiento. Por esta razón, aquí se propone empezar ese camino a través de una estrategia didáctica basada en lo que los estudiantes saben del tema.

Así, en este trabajo las concepciones alternativas de los estudiantes se indagaron a través de un cuestionario que fue diseñado para ese propósito. El instrumento de evaluación de las concepciones alternativas incluye preguntas acerca de las características de las sustancias químicas que producen el efecto invernadero, así como del papel de las radiaciones en este fenómeno. La descripción y las razones de cada una de las preguntas son tratadas en el capítulo destinado a la

metodología. Este mismo instrumento se utilizó para evaluar los cambios en las concepciones alternativas después de haber trabajado con los estudiantes las actividades de la propuesta.

Este cuestionario se aplicó a estudiantes de química del segundo año de bachillerato de la Escuela Nacional Preparatoria. Esta asignatura es obligatoria para todos los alumnos y para la mayoría representa la última oportunidad dentro de la educación formal para adquirir una cultura científica básica. En el programa de estudios se enfatiza un enfoque sobre el impacto de la ciencia y la tecnología en la vida actual. El tema del efecto invernadero está incluido dentro de la unidad 2 titulada “Aire, intangible pero vital”.

Una vez conocidas las concepciones alternativas sobre el efecto invernadero que tienen los estudiantes del segundo año de bachillerato de la Escuela Nacional Preparatoria, se desarrolló una propuesta didáctica que está relacionada con tres conceptos: el papel del dióxido de carbono en el efecto invernadero, la consecuencia de las radiaciones solares y la idea del efecto invernadero sólo como producto de la contaminación.

La propuesta didáctica consta de una secuencia de tres actividades las cuales están concebidas desde el marco conceptual del constructivismo, mismo que será descrito en el capítulo 1. La propuesta didáctica se elaboró con base en la metodología de Sánchez y Valcárcel (1993), los cuales proponen un análisis científico, un análisis didáctico, una selección de objetivos, una selección de estrategias didácticas y una selección de estrategias de evaluación. La explicación detallada de cada paso de la metodología se encuentra en el capítulo correspondiente; así como la propuesta didáctica desglosada se ubica en el anexo.

# **Capítulo 1**

## **Marco conceptual**

## Marco conceptual

### El constructivismo

Para el diseño de las estrategias de aprendizaje es indispensable basarse en un planteamiento teórico definido. En este trabajo se utiliza como marco teórico al constructivismo. El constructivismo se considera una teoría epistemológica, es decir, una teoría que intenta explicar cuál es la naturaleza del conocimiento humano. Fue desarrollado por el suizo Jean Piaget y sus seguidores en 1952 pero, sus inicios se remontan al siglo XVIII con las aportaciones de importantes filósofos como el italiano Vico (Delval, 2001).

Las diferentes formas de concebir al constructivismo han dado origen a diversos enfoques. En este trabajo sólo se describen las corrientes de pensamiento *piagetiana, radical y social*, porque éstas han tenido una influencia significativa en el ámbito de la didáctica de las ciencias exactas (Marín, 2003), pero en esta propuesta trabajaremos bajo la perspectiva del constructivismo social.

En el **constructivismo piagetano** (Marín et al, 1999) se establece que las personas aprenden cuando se enfrentan a una situación de desequilibrio cognitivo, en donde las concepciones de la realidad no concuerdan con lo que se observa, por lo que se necesitan nuevas respuestas para restablecer el “equilibrio”. Esto significa que para el individuo su conocimiento no es copia de una realidad externa, sino que es el resultado de la estructuración de sus propias experiencias.

El **constructivismo radical** (Marín, 2003) se basa en que el conocimiento no es recibido pasivamente porque es construido activamente por los individuos. La función de la cognición es organizar nuestras experiencias del mundo haciéndolas significativas.

En el **constructivismo social** el aprendizaje se basa en que el alumno tiene una participación activa porque construye y reestructura sus esquemas de conocimiento partiendo de sus experiencias previas. En este tipo de constructivismo se concibe al conocimiento científico como una construcción social, donde el intercambio de ideas a través del diálogo es una parte importante del proceso de enseñanza-aprendizaje. Dentro de este enfoque, el estudiante llega a clase con nociones previas que necesitan tomarse en cuenta, porque se influyen en la consolidación del nuevo saber. Al respecto, Ausubel (1983) reporta que “la manera de mejorar el aprendizaje es averiguar lo que el aprendiz ya sabe y enseñarle de acuerdo con ello”.

Con base en las características de constructivismo social decidimos desarrollar la estrategia didáctica porque pensamos que es muy importante partir de lo que el estudiante sabe para promover nuevos conocimientos.

En este trabajo se sugieren estrategias de enseñanza y metodologías adecuadas para que el profesor pueda identificar las ideas de los alumnos y así favorecer su proceso de construcción del conocimiento (Carretero, 2002). Como una parte importante del constructivismo se refiere a las concepciones alternativas, es conveniente explicar a qué se refiere el término antes de continuar.

### **Las concepciones alternativas**

Al conocimiento que el alumno utiliza para interpretar y explicar los hechos y fenómenos le llamaremos concepciones alternativas. (Wandersee *et al*, 1994). El término “concepción” hace referencia a cómo el sujeto construye su propia representación mental del mundo. El adjetivo “alternativa” establece una distinción con las posturas científicas, y además, les otorga validez y racionalidad en un contexto determinado (Trinidad-Velasco y Garritz, 2003).

Las características más comunes de las concepciones alternativas son (Wandese et al, 1994):

- a) todos los estudiantes, en mayor o menor grado, las poseen y las utilizan para explicar cada uno de los fenómenos y hechos de su vida diaria;
- b) se pueden originar en el proceso de enseñanza-aprendizaje;
- c) son ideas que comparten los estudiantes de acuerdo a su edad, sexo y patrones culturales;
- d) son resistentes al cambio con el uso de estrategias de enseñanza tradicionales, en donde el alumno se desempeña como un sujeto pasivo y el profesor es el transmisor de conocimientos;
- e) son muy parecidas a las explicaciones que los filósofos y científicos de la antigüedad daban a los fenómenos observados.

De acuerdo con Gilbert y colaboradores (1982), cuando los estudiantes se enfrentan a un concepto en la clase, lo que puede ocurrir con las concepciones alternativas es que:

- transiten hacia conocimientos más cercanos a los científicos;
- se generen dos perspectivas diferentes para el mismo fenómeno: la que existía antes de la instrucción y las que se aprendieron posteriormente;
- permanezcan inalteradas;
- se refuercen con las explicaciones.

Se ha comprobado que el conocimiento no cambia de manera drástica y se modifica paulatinamente. Ante esta situación surgió el cambio conceptual que ha sido utilizado con distintos significados en la enseñanza de la ciencias naturales, y que desde la perspectiva constructivista se entiende como sinónimo de

aprendizaje (García, 2007). En la siguiente sección trataremos este tema con mayor énfasis.

### **El cambio conceptual**

En la mayoría de los enfoques sobre la enseñanza de la ciencia el cambio conceptual se entiende como una reestructuración del conocimiento existente, por lo que representa un aprendizaje más profundo y más difícil de lograr.

Las teorías iniciales del cambio conceptual planteaban que a través de una simple explicación los alumnos sustituirían sus ideas anteriores por las nuevas. Las investigaciones posteriores dieron cuenta de que no era tan fácil y de que no se llevaba a cabo de manera directa e inmediata (Flores y Gallegos, 2009).

La teoría de Posner, Strike, Hewson y Hertzog (1982) considera que durante el aprendizaje los individuos construyen concepciones que les permiten comprender y explicar el mundo. Por ejemplo, ante un problema planteado el estudiante pone a prueba sus concepciones alternativas. Cuando se da cuenta de la insuficiencia de sus explicaciones busca nuevas ideas que satisfacen las deficiencias de las anteriores y las cambia. De acuerdo con esta teoría, las condiciones necesarias para que se lleve a cabo el cambio conceptual se pueden resumir como sigue (Campanario y Moya, 1999):

- a) es preciso que exista una insatisfacción con las concepciones existentes;
- b) el alumno debe entender el modo en que la nueva concepción puede estructurar las experiencias anteriores;
- c) la nueva concepción debe ser plausible;
- d) la nueva concepción tiene que ser útil, es decir, debe sugerir nuevas posibilidades de exploración y proporcionar nuevos puntos de vista.

Las estrategias didácticas que promueven el cambio conceptual requieren que tanto alumnos como profesores se vean implicados activamente. De acuerdo con Hewson y Beeth (1995), las pautas a seguir al diseñar una estrategia didáctica para promover el cambio conceptual son las siguientes:

- a) las ideas de los alumnos deben explicitarse para que sean conscientes y puedan reconocer la importancia del conocimiento existente en el proceso de aprendizaje. Las ideas de los estudiantes deben ser consideradas al mismo nivel que las del profesor, de manera que los estudiantes elijan una nueva idea no en función de quien lo dice, sino de las características de ésta. Es importante que los alumnos puedan constatar que a lo largo del proceso de enseñanza, se están tomando en cuenta sus ideas y opiniones (Flores y Gallegos, 2009);
- b) para aprender algo los alumnos necesitan ver su utilidad, lo que en nuestro caso implica la utilización de hechos y fenómenos cotidianos. Las situaciones de aprendizaje favorecerán el desarrollo personal, el debate, la cooperación, la honestidad, la creatividad, la crítica razonada, los planteamientos no dogmáticos y lo más importante, la satisfacción por aprender;
- c) es necesaria una enseñanza intencionada y dirigida de los conocimientos implicados para facilitar que el alumno los descubra, entienda y aprenda.

Propiciar el cambio conceptual en nuestros alumnos implica también una transformación en el pensamiento del profesor, por lo que se exige en el docente una visión del conocimiento como un proceso de cambios continuos, es decir, para el constructivismo el conocimiento no se da o recibe sino se construye, y esa construcción se da a partir de las concepciones alternativas, y con las estructuras de pensamiento que cada individuo ha elaborado previamente.

## **Implicaciones del constructivismo en la enseñanza**

Enseñar desde el marco conceptual del constructivismo requiere modificar la visión tradicional que se tiene de las actividades y el ambiente en el salón de clase. Bajo este marco conceptual, las siguientes son algunas diferencias con los procesos de enseñanza tradicional:

- el estudiante es el responsable de su proceso de aprendizaje y no es un ser pasivo receptor de información;
- el trabajo de laboratorio constituye una herramienta para las clases teóricas ya que apoyan la estructuración conceptual. Los experimentos juegan un papel importante porque los estudiantes ponen a prueba sus interpretaciones y juzgan si éstas son coherentes con lo observado (Flores y Gallegos, 2009);
- los problemas planteados a los alumnos en el salón de clase deben ser abiertos de tal forma que ellos buscan interrelacionar varios conceptos;
- la estructuración de las actividades en clase fomenta una mejor convivencia entre los alumnos.

## OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

- identificar las concepciones alternativas de los alumnos a nivel bachillerato sobre el efecto invernadero;
- desarrollar una propuesta didáctica desde el marco conceptual del constructivismo, tomando en cuenta tres conceptos: el papel del dióxido de carbono en el efecto invernadero, la consecuencia de las radiaciones solares, y la idea del efecto invernadero sólo como producto de la contaminación;
- descubrir cómo se modifican las concepciones alternativas de los estudiantes después de trabajar la propuesta didáctica a través del cuestionario diseñado.

# **Capítulo 2**

## **Metodología**

## **METODOLOGÍA**

En este capítulo se describen con detalle la metodología utilizada en el trabajo así como el instrumento que se empleó para reconocer las concepciones alternativas de los estudiantes.

Para el desarrollo de este trabajo se realizó lo siguiente:

- se diseñó un instrumento que nos permitió detectar las concepciones alternativas sobre el efecto invernadero;
- se aplicó el instrumento a un grupo de estudiantes que cursaron el segundo año en la Escuela Nacional Preparatoria en el ciclo escolar 2008-2009;
- se analizaron las respuestas de los estudiantes para establecer las categorías;
- se diseñó una estrategia didáctica con base en algunas de las concepciones alternativas detectadas en los estudiantes;
- se realizó la estrategia didáctica con el grupo de estudiantes que habían sido encuestados;
- se aplicó el mismo instrumento con el fin de comparar las concepciones alternativas antes y después de realizar la estrategia didáctica.

### **El instrumento**

Con base en una revisión bibliográfica y en lo que se sabe del tema, se elaboró un cuestionario para conocer la forma en que los estudiantes entienden el efecto invernadero. A través de este instrumento se identificaron las ideas que tienen sobre sus causas y sus efectos principales. Las preguntas abiertas nos permitieron reconocer las diferentes formas de entender las ideas relacionadas

con este tema. Se solicitaron respuestas a través de dibujos para con ello tratar de discernir entre los estudiantes que entienden el concepto pero no lo saben expresar, de aquéllos que ni siquiera saben de qué fenómeno se trata. Después de probar varios cuestionarios con grupos pequeños de alumnos, y de modificarlos en función de los errores que se fueron detectando, se aplicó el instrumento que se muestra en el *Cuadro 1*.

*Cuadro 1*

### CUESTIONARIO

1. ¿Qué entiendes por efecto invernadero?
2. Realiza un dibujo que ilustre tu explicación acerca del efecto invernadero
3. ¿Cuáles son las sustancias responsables del efecto invernadero en la Tierra?
4. De acuerdo con tu dibujo de la pregunta 2, ¿cómo se encuentran los gases responsables del efecto invernadero en la atmósfera?
5. ¿Cuál es la función de las radiaciones solares en el efecto invernadero?
6. ¿Cuáles son las radiaciones involucradas en el efecto invernadero?
7. El efecto invernadero ¿es un proceso que ha ocurrido hace millones de años o es un fenómeno reciente? Explica tu respuesta
8. ¿Cómo se explica el calentamiento de la atmósfera con el efecto invernadero?
9. Dentro del matraz que se muestra a continuación hay un gas. Imagina que tienes una lupa muy potente. Dibuja cómo se vería ese gas a través de esa lupa



10. Explica brevemente qué simboliza tu esquema de la pregunta anterior
11. ¿Cómo afecta a la capa de ozono el efecto invernadero?

---

Este cuestionario se utilizó para realizar un diagnóstico y reconocer las concepciones alternativas que tienen los estudiantes en algunos de los aspectos fundamentales para la comprensión del efecto invernadero.

Las consideraciones que se hicieron en el momento de elaborar el cuestionario son las siguientes:

- a) para averiguar cómo entienden los estudiantes el efecto invernadero se formuló la misma pregunta desde dos puntos de vista (preguntas 1 y 2). La primera pregunta solicita una descripción con palabras y la segunda con dibujos sobre lo que entienden del efecto invernadero. Con la respuesta a estas dos preguntas se tiene una idea más precisa de lo que piensan los alumnos sobre este fenómeno;
- b) la pregunta 3, *¿cuáles son las sustancias responsables de efecto invernadero en la Tierra?*, se planteó para establecer si los alumnos identifican a otros gases responsables de este fenómeno, además del dióxido del carbono;
- c) el lugar donde se lleva a cabo el efecto invernadero es en la atmósfera, y en ella se encuentran los gases responsables de este fenómeno. La pregunta 4, *De acuerdo con tu dibujo de la pregunta 2, ¿cómo se encuentran los gases responsables del efecto invernadero en la atmósfera?*, se formuló con el propósito de que los alumnos expliquen cómo se imaginan el comportamiento de estos gases en la atmósfera. Varios autores (Boyes *et al*, 1999; Kriner *et al*, 2003) reportan que los estudiantes piensan que los gases se encuentran en capas o que existen agujeros que aumentan el efecto invernadero;
- d) el objetivo de las preguntas 5 y 6, *¿cuál es la función de las radiaciones solares en el efecto invernadero?* y *¿cuáles son las radiaciones involucradas en el efecto invernadero?*, es saber si los alumnos reconocen a las radiaciones como un factor determinante en el efecto invernadero.

---

Además se identifican las radiaciones que involucran los estudiantes en sus explicaciones ya que, de acuerdo con la bibliografía, una de las concepciones alternativas que obstaculiza el entendimiento del efecto invernadero es que para los aprendices no hay diferencia entre las radiaciones ultravioleta e infrarroja;

- e) una de las concepciones alternativas más comunes entre los estudiantes es que visualizan al efecto invernadero como un problema y no como un fenómeno que ha permitido la vida en nuestro planeta (Hillman *et al*, 1996). La pregunta 7, (El efecto invernadero *¿es un proceso que ha ocurrido hace millones de años o es un fenómeno reciente?*), se enfocó en indagar sobre el tema;
- f) el propósito de la pregunta 8, *¿cómo se explica el calentamiento de la atmósfera con el efecto invernadero?*, fue explorar si los alumnos relacionan el aumento de la temperatura en la atmósfera con las radiaciones solares;
- g) el concepto de la naturaleza discontinua de la materia es importante para entender el efecto invernadero a nivel molecular. Con la intención de reconocer las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia se plantearon las preguntas 9 y 10 (*Dentro del matraz que se muestra a continuación hay un gas. Imagina que tienes una lupa muy potente. Dibuja cómo se vería ese gas a través de esa lupa y explica brevemente qué simboliza tu esquema de la pregunta anterior*). El propósito de éstas es detectar si los alumnos conciben a los gases como materia que está formada por átomos y moléculas, y que por lo tanto reconocen su discontinuidad;
- h) por último, las respuestas a la pregunta 11, *¿cómo afecta a la capa de ozono el efecto invernadero?*, establecen si los alumnos relacionan el efecto invernadero con el adelgazamiento de la capa de ozono.

## **Determinación del instrumento**

El instrumento fue adecuado con base en los resultados obtenidos al hacer tres pruebas preliminares. Cada una de ellas se aplicó en promedio a cinco alumnos y cinco alumnas. Después de cada aplicación, se hicieron las correcciones pertinentes de acuerdo con las respuestas y los comentarios de los estudiantes. El instrumento final se comentó con tres profesores a nivel bachillerato y dos a nivel licenciatura. Todas las sugerencias fueron tomadas en cuenta y nos ayudaron a generar un instrumento con más coherencia y consistencia.

## **Aplicación del instrumento**

La aplicación del instrumento se realizó con un grupo de 49 alumnos de la Escuela Nacional Preparatoria 5 “José Vasconcelos”, que cursaban el quinto año de bachillerato (ciclo escolar 2008-2009), con una edad promedio de 17 años. La población estuvo conformada por 25 mujeres y 24 hombres. Cabe aclarar que los estudiantes participantes cursaron la secundaria con la estructura curricular previa a la Reforma de la Educación Secundaria (RES) implementada en 2006.

Después de desarrollar las actividades con los alumnos se aplicó nuevamente el cuestionario. Éste fue contestado por 45 alumnos: 23 mujeres y 22 hombres.

## **Determinación de las categorías de análisis**

Se analizaron los cuestionarios y se propuso una categorización de las respuestas a las preguntas 1 y 2 del instrumento. De esta forma se logró conjuntar la información escrita y gráfica, facilitándose el análisis de los resultados. El criterio que se utilizó para organizar las categorías se centró en el tema de las radiaciones, dividiendo a los estudiantes entre aquéllos que consideraron a las radiaciones dentro de su explicación y los que no las incluyeron como una parte importante del efecto invernadero.

La adaptación de estas categorías involucró el trabajo de tres profesores de nivel bachillerato, a los cuales se les proporcionaron 15 cuestionarios y se solicitó que propusieran una clasificación de las ideas de los alumnos sobre cómo entienden el efecto invernadero. Finalmente los profesores propusieron distintas categorías, que después se contrastaron con las elaboradas para este trabajo.

### **Diseño de la propuesta didáctica**

Después de la aplicación del cuestionario y del análisis de las respuestas, se diseñó la propuesta didáctica desde un marco constructivista. Esto implica conocer las concepciones alternativas de los estudiantes para promover actividades y discusiones entre ellos, de tal forma que puedan confrontar sus conocimientos anteriores con los nuevos y se propicie así un cambio conceptual. El diseño se elaboró con base en la metodología de Sánchez y Valcárcel (1993), que proponen los siguientes puntos en la construcción de una propuesta didáctica:

- I. un análisis científico;
- II. un análisis didáctico;
- III. una selección de objetivos;
- IV. una selección de estrategias didácticas;
- V. una selección de estrategias de evaluación.

En el siguiente apartado se desarrolla cada uno de los pasos seguidos para diseñar la propuesta didáctica.

#### **I. Análisis científico**

El efecto invernadero es un tema complejo que puede ser abordado desde distintos puntos de vista; sin embargo, consideramos que los temas generales que

involucra son la energía y sus transformaciones, el espectro electromagnético y la naturaleza de la luz.

Para el análisis científico, se tomó como punto de partida el trabajo publicado por Koulaidis y Christidou (1999), donde se enumeran y explican los puntos indispensables que los estudiantes deben comprender sobre este fenómeno, que en resumen son:

- a) el concepto de la difusión uniforme de los gases en la atmósfera;
- b) la distinción entre la radiación infrarroja y otras provenientes del Sol;
- c) los gases involucrados en el efecto invernadero;
- d) la radiación terrestre;
- e) el efecto invernadero como un proceso que ocurre hace millones de años;
- f) el incremento del efecto invernadero por el uso de los combustibles fósiles.

Estos puntos los consideramos esenciales para la elaboración del cuestionario diagnóstico, debido a que nos permitieron tener un panorama de cómo los estudiantes entienden el efecto invernadero. Con base en los resultados del instrumento, los rubros b, c, e y f se seleccionaron para desarrollarse en la propuesta didáctica.

## **II. Análisis didáctico**

Al respecto Sánchez y Valcárcel (1993) señalan que para realizar el análisis didáctico se tiene que considerar la capacidad cognitiva de los estudiantes, es decir, lo que pueden hacer y aprender. La ponderación de estos aspectos requiere averiguar cuáles son las concepciones alternativas de los alumnos y las habilidades intelectuales necesarias para la comprensión del tema.

### a) Las concepciones alternativas sobre el efecto invernadero

Los trabajos de investigación sobre el aprendizaje del efecto invernadero (Boyes y Stanisstreet, 1993; Gautier *et al*, 2006; Hillman *et al*, 1996; Papadimitriou, 2004), ponen de manifiesto que por ser un tema que tiene mucha difusión a través de los medios de comunicación, los estudiantes al llegar a las aulas ya poseen concepciones alternativas al respecto.

El nivel de exigencia del aprendizaje del efecto invernadero es alto porque se relaciona con otros temas que también requieren el manejo de conceptos como: el espectro electromagnético, la teoría cinética molecular, el estado gaseoso, calor y temperatura. Por otra parte, se han encontrado diversas concepciones alternativas que presentan los alumnos al tratar comprender el efecto invernadero, como:

- ***la tendencia a confundir el efecto invernadero con el adelgazamiento de la capa de ozono.*** Una de las explicaciones que ofrecen los alumnos británicos de secundaria (edades entre 11 y 16 años) respecto al efecto invernadero es que los “agujeros” de la capa de ozono permiten el paso de la radiación ultravioleta que posteriormente no puede salir y ocasiona un aumento en la temperatura del planeta (Boyes y Stanisstreet, 1993). En este mismo estudio los jóvenes expresan que el efecto invernadero es la causa del cáncer en la piel. Lo anterior reafirma que confunden las causas o los efectos de estos dos fenómenos;
- ***los estudiantes interpretan al efecto invernadero como un problema reciente.*** En un estudio realizado en Gran Bretaña con 200 estudiantes cuyas edades estaban entre los 14 y 15 años (Hillman *et al*, 1996) se encontró que consideran al efecto invernadero como un problema actual producto de la contaminación, y no como un fenómeno natural que ocurre desde hace millones de años. Por lo tanto sólo involucran a las actividades industriales como las responsables del efecto invernadero.

- **atribuyen a ciertos gases la responsabilidad del efecto invernadero.** En la mayoría de los estudios revisados (Gautier et al, 2006; Hillman *et al*, 1996; Papadimitriou, 2004) los encuestados reconocen al dióxido de carbono como el principal gas responsable; sin embargo, sugieren otros como los clorofluorocarbonos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y en menor proporción identifican al agua.

### III. Selección de objetivos

Al terminar el análisis de las respuestas al cuestionario diagnóstico se eligieron tres de las concepciones alternativas para el diseño de la propuesta didáctica. Las que fueron seleccionadas para este trabajo se refieren a que los estudiantes:

- a) reconocen al dióxido de carbono como el único gas responsable de este fenómeno.
- b) piensan que las radiaciones ultravioleta son las responsables del efecto invernadero;
- c) identifican al efecto invernadero como un fenómeno reciente;

Los objetivos al diseñar la propuesta didáctica son que los estudiantes:

- distinguan al efecto invernadero como un fenómeno que existe desde hace millones de años y ha permitido la existencia de vida en la Tierra.
- discutan y examinen sus concepciones sobre el efecto invernadero, para que se percaten de que algunos de sus conocimientos son incompletos y no explican completamente el fenómeno. Este es el primer paso para el cambio conceptual que debe ser gradual. A través de la indagación, la experimentación y la reflexión se enriquecerán o reestructurarán sus creencias y suposiciones iniciales (Posner *et al*, 1982);

- confronten sus concepciones alternativas con los conocimientos científicos a través de un trabajo práctico sobre cuáles son las radiaciones involucradas en el efecto invernadero. Esto les ayudará a transitar hacia conocimientos más complejos, que se asemejen más a los científicos.

#### **IV. Selección de estrategias didácticas**

Si bien la estrategia fue planteada desde el punto de vista del cambio conceptual a través del conflicto cognitivo, algunas partes de la estrategia didáctica son del estilo cercano al expositivo (Pozo y Gómez, 2006) que se asemeja a lo que algunos profesores expertos llevan a cabo en sus aulas:

- ayudan al alumno a relacionar distintos temas de currículo;
- activan los conocimientos pertinentes en cada caso;
- tienen en cuenta el punto de vista del alumno;
- conectan los nuevos aprendizajes con los anteriores.

Para alcanzar esta meta se establecieron tres actividades relacionadas con cada una de las concepciones alternativas seleccionadas. Las actividades se presentan en esta tesis en dos formatos: uno para el estudiante y otro para el profesor. Esta última versión está detallada y tiene comentarios para guiar la realización de las actividades. Las dos versiones se presentan en el anexo final.

Las actividades propuestas son:

**“El aliento de los dinosaurios”**. Esta es una actividad teórica cuyo objetivo es que los alumnos:

- reconozcan que el dióxido de carbono se encuentra presente en la atmósfera desde hace millones de años;

- identifiquen algunas fuentes naturales dentro del ciclo del carbono;
- entiendan de qué manera las actividades humanas alteran el ciclo del carbono;
- reflexionen acerca de los efectos negativos del uso gradual e intensivo de los combustibles fósiles.

La actividad se divide en dos partes. En la primera se visualizan varios esquemas que representan situaciones donde se explican las diversas transformaciones químicas del dióxido de carbono. El aprendiz debe identificar de dónde proviene el carbono. El objetivo es que los estudiantes reflexionen que en el ciclo del carbono se cumple con la ley de la conservación de la materia. En la segunda parte se trabaja con un esquema que representa el ciclo del carbono y se solicita a los estudiantes que marquen con flechas el flujo del carbono. Al final se hacen preguntas respecto al uso de combustibles fósiles y se sugiere llevar la discusión a nivel grupal para intercambiar puntos de vista acerca de lo que puede hacer cada estudiante en su entorno para disminuir la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera.

El último apartado es una lectura de apoyo para el profesor, que contiene la explicación del efecto invernadero usando la analogía del automóvil.

**“Modelando el efecto invernadero”**. Los objetivos del trabajo práctico son que los alumnos:

- construyan un modelo del efecto invernadero para explicar el fenómeno;
- deduzcan el papel que juegan la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta en el efecto invernadero.

El profesor introduce al tema con una breve explicación de lo qué es el efecto invernadero utilizando la analogía del automóvil. El trabajo práctico “Modelando el

---

efecto invernadero” está estructurado de tal forma que los estudiantes respondan a la pregunta guía:

*¿Cómo afectan la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta al efecto invernadero?*

Los estudiantes diseñarán un procedimiento que pueda contestar la pregunta. Para facilitar el trabajo práctico y que éste no sea completamente abierto, el profesor les recomendará un sitio en Internet donde los alumnos podrán consultar una actividad similar a la que llevarán a cabo. Posteriormente, a cada equipo se le entregará una hoja con tres preguntas antes de realizar el trabajo práctico:

- ¿Qué vamos a hacer?
- ¿Cuáles son las variables a medir?
- ¿Qué crees que pasará en cada caja de cartón?

Estas preguntas sirven para centrar al alumno en el tema y ayudarlos a generar una hipótesis. En la guía para el profesor se explica cómo realizar la actividad y se resumen los resultados obtenidos con las lámparas infrarroja y ultravioleta. El objetivo de incluir los resultados es de brindar una alternativa para el profesor en caso de no contar con el material para realizar el experimento. De esta forma el maestro puede partir de estos datos para que los alumnos realicen el análisis de resultados.

Después del trabajo práctico se proponen preguntas para guiar la reflexión de los alumnos acerca de lo que hicieron en el laboratorio, que servirán de guía para la discusión grupal donde se aclararán las dudas de los alumnos. El reporte final se integrará por: las preguntas contestadas para el diseño del experimento, la gráfica elaborada con los datos obtenidos y una reflexión de su desempeño en el laboratorio.

**“Los glaciares... una historia que contar”**. Esta actividad está diseñada para que los alumnos:

- entiendan que hay otros gases involucrados en este fenómeno, como el metano y el óxido nitroso;
- relacionen la producción de dióxido de carbono con el incremento de la temperatura en la Tierra;
- reconozcan que el aumento de los gases invernadero se acelera a partir de la Revolución Industrial;
- identifiquen los principales países responsables de altas emisiones de dióxido de carbono;
- mencionen las principales fuentes antropogénicas del dióxido de carbono.

A través de la interpretación y el análisis de gráficas los estudiantes pueden establecer hipótesis sobre los gases involucrados en el efecto invernadero, que incluirán las principales actividades antropogénicas responsables de la producción del dióxido de carbono. Después de una discusión grupal para compartir sus opiniones, los jóvenes harán una búsqueda bibliográfica y finalmente complementarán sus puntos de vista por medio de la presentación de un ensayo escrito.

## **V. Estrategias de evaluación**

Se propone una evaluación formadora (Sanmartí y Alimenti, 2004), que consiste en que parte de la responsabilidad de la regulación recae en el alumno al reconocer sus errores y aciertos. El profesor propicia con estos elementos una reflexión del estudiante sobre su propio aprendizaje. Para llevar a cabo este tipo de evaluación se les proporciona, al final de cada actividad, un formato en el que se hacen las siguientes preguntas:

- *¿Qué hemos hecho? ¿Para qué?*
- *Después de exponer nuestro experimento e investigar ¿Qué mejoramos?*

El profesor puede utilizar esta información de forma cualitativa como una retroalimentación de qué tanto han comprendido los estudiantes acerca del tema. De forma cuantitativa puede formar parte de la calificación final, una sugerencia de cómo ponderarla se muestra en la evaluación del trabajo práctico (ver anexo A guía para el profesor).

Cada una de las actividades está desarrollada en la última secciones de anexos A y B. Ahí se ubica la versión para el profesor y la del alumno.

A continuación se muestra un panorama global de los objetivos, las habilidades y los conceptos que se abordan en cada una de las actividades:

Cuadro 2.

Actividad	Objetivos	Habilidades que fomenta	Conceptos
<b>El aliento de los dinosaurios</b>	Que el alumno: <ul style="list-style-type: none"> <li>• reconozca que el CO<sub>2</sub> se encuentra en la atmósfera desde hace millones de años;</li> <li>• identifique algunas fuentes naturales de CO<sub>2</sub> dentro del ciclo del carbono;</li> <li>• entienda de qué manera las actividades humanas alteran el ciclo del carbono;</li> <li>• reflexione acerca de los efectos negativos del uso gradual e intensivo de los combustibles fósiles</li> </ul>	El trabajo en equipo, la capacidad de diálogo para establecer discusiones y obtener conclusiones y la expresión oral de sus ideas frente a grupo.	Fuentes del CO <sub>2</sub> Ley de la conservación de la materia. Reacciones de combustión.
<b>Modelando el efecto invernadero</b>	Que el alumno: <ul style="list-style-type: none"> <li>• construya un modelo del efecto invernadero para explicar el fenómeno;</li> <li>• deduzca el papel que juegan la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta en el efecto invernadero.</li> </ul>	El trabajo en equipo, la generación de hipótesis, el diseño de un experimento, la identificación de variables que intervienen en el efecto invernadero, la elaboración y la interpretación de gráficas, y la obtención de conclusiones.	Las diferencias y similitudes entre las radiaciones infrarroja y ultravioleta. El espectro electromagnético.
<b>Los glaciares... una historia que contar</b>	Que el alumno: <ul style="list-style-type: none"> <li>• entienda que hay otros gases involucrados en este fenómeno, como el metano y el óxido nitroso;</li> <li>• relacione la producción de CO<sub>2</sub> con el incremento de la temperatura en la Tierra;</li> <li>• reconozca que el aumento de los gases invernadero se acelera a partir de la Revolución Industrial;</li> <li>• mencione las principales fuentes antropogénicas del dióxido de carbono.</li> </ul>	El trabajo en equipo, la interpretación y el análisis de gráficas para establecer una hipótesis y la elaboración de un texto breve que incluya sus puntos de vista de manera argumentada.	Los gases responsables del efecto invernadero

### **Aplicación de la propuesta didáctica**

Todas las actividades se llevaron a cabo durante siete sesiones de 50 minutos con estudiantes de la Escuela Nacional Preparatoria 5 “José Vasconcelos”, al final del ciclo escolar (abril, 2009). A estos mismos estudiantes se les había aplicado el instrumento de diagnóstico. Cuando terminaron todas las tareas propuestas se volvió a aplicar el instrumento inicial (ver *Cuadro 1*) Es importante señalar que el cuestionario se contestó 16 días después de que se finalizaron las actividades de la propuesta didáctica, debido a la suspensión de clases por el problema de la influenza en el Distrito Federal. Las respuestas iniciales al cuestionario diagnóstico se compararon con las finales para detectar las modificaciones en las ideas de los alumnos acerca del tema.

# **Capítulo 3**

## **Discusión de resultados**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto invernadero es un fenómeno muy complejo que se puede abordar para su enseñanza desde distintos ángulos. En el diseño de una estrategia didáctica adecuada es importante conocer lo que saben los alumnos porque eso determina la forma en que se puede trabajar con ellos. Por esta razón, en este estudio se elaboró un cuestionario para hacer un diagnóstico. El análisis de las respuestas al instrumento constituye la primera parte de este trabajo. Con base en éstas se elaboró y probó una estrategia didáctica para la enseñanza de algunos conceptos que explican el efecto invernadero.

Para realizar el diagnóstico es necesario analizar con cuidado cada una de las respuestas al cuestionario y agruparlas en categorías con el fin de visualizar los conceptos que manejan los alumnos sobre el tema. Así, en la primera parte de este capítulo se muestran las categorías sugeridas para agrupar las ideas de los alumnos y se reporta el análisis de todas las respuestas al cuestionario. En la segunda parte se establece una comparación entre las respuestas iniciales y las que surgieron después de que los estudiantes trabajaran las actividades propuestas en la estrategia didáctica.

Es importante hacer hincapié que este trabajo se realizó con estudiantes que cursaron la secundaria dentro de los *Programas de Estudio de 1993*. En este plan, el tema del efecto invernadero se aborda en la asignatura de Educación Ambiental (Ecología) que es optativa principalmente para el Distrito Federal y algunos municipios del área metropolitana del Estado de México. En el plan de 1993 no se estableció un programa oficial para esta materia, por lo que el tema del efecto invernadero no fue formalmente estudiado por los estudiantes que ingresaron al bachillerato; sin embargo, los jóvenes al ingresar a la Escuela Nacional Preparatoria y como parte del curso de Geografía recibieron información sobre problemas globales del deterioro ambiental donde se aborda el tema de efecto invernadero. Por lo tanto, este tema ha formado parte de la educación formal de la

mayoría de los estudiantes con los que se realizó el estudio. Es por esto que parte de las concepciones alternativas detectadas podrían tener su origen en esta educación formal.

En este capítulo la presentación y la discusión de los resultados se dividió en dos partes. En la primera se analizan las respuestas de los estudiantes al instrumento diagnóstico. En la segunda parte se comparan los resultados obtenidos del cuestionario antes y después de trabajar la propuesta didáctica con los estudiantes. La primera parte incluyen los siguientes incisos:

- 1.1- las categorías sugeridas para la interpretación que los estudiantes dan respecto al efecto invernadero;
- 1.2- las sustancias responsables del efecto invernadero;
- 1.3- los gases en el efecto invernadero;
- 1.4- las radiaciones en el efecto invernadero;
- 1.5- el efecto invernadero ¿es un fenómeno reciente?;
- 1.6- el calentamiento en la atmósfera;
- 1.7- modelo continuo o corpuscular;
- 1.8- la relación entre el efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono.

En la segunda parte se presentan los resultados de la interpretación del efecto invernadero por los estudiantes después de aplicar la propuesta didáctica. Los resultados se presentan de la siguiente forma:

- 2.1 - las categorías y subcategorías de la interpretación del efecto invernadero por parte de los estudiantes;
- 2.2 - las sustancias responsables;

2.3 - los gases en la atmósfera;

2.4 - el papel de las radiaciones en el efecto invernadero;

2.5 - el efecto invernadero ¿es un fenómeno reciente?

2.6 - la relación entre el efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono.

## **1. - La interpretación del efecto invernadero por los estudiantes**

De acuerdo con algunos trabajos reportados previamente (Boyes *et al*, 1999; Khalid, 2003), una concepción alternativa muy arraigada entre los estudiantes es que confunden el adelgazamiento de la capa de ozono y sus consecuencias, con las causas que producen el efecto invernadero. Estos autores lo atribuyen a que los alumnos no distinguen la radiación infrarroja de la ultravioleta. Parece que los jóvenes piensan que los rayos ultravioleta “entran” por los “agujeros” que existen en la capa de ozono y “rebotan” en la superficie terrestre. Además explican que los rayos no pueden salir al espacio exterior debido a los gases producidos por la contaminación o por la misma capa de ozono, lo que ocasiona el calentamiento global (Koulaidis y Christidou, 1999). Partiendo de estos conocimientos previos y para facilitar el análisis de las preguntas 1 y 2 del cuestionario diagnóstico:

- *¿Qué entiendes por efecto invernadero?*
- *Realiza un dibujo que ilustre tu explicación acerca del efecto invernadero*

### **1.1- Las categorías sugeridas para la interpretación que los estudiantes dan respecto al efecto invernadero**

Las respuestas de los alumnos se agruparon en dos categorías: las que incluyen en sus explicaciones a las radiaciones y aquellas que no lo hacen. Se tomaron a las radiaciones como base porque son indispensables para entender el efecto invernadero.

Además de dividir los resultados en categorías es necesario definir subcategorías para tener una idea más clara de las concepciones alternativas. Para sugerir las categorías se revisaron las respuestas de cada una de las preguntas y se buscaron los elementos recurrentes.

Para clasificar las respuestas de los estudiantes en las diferentes subcategorías se hizo lo siguiente:

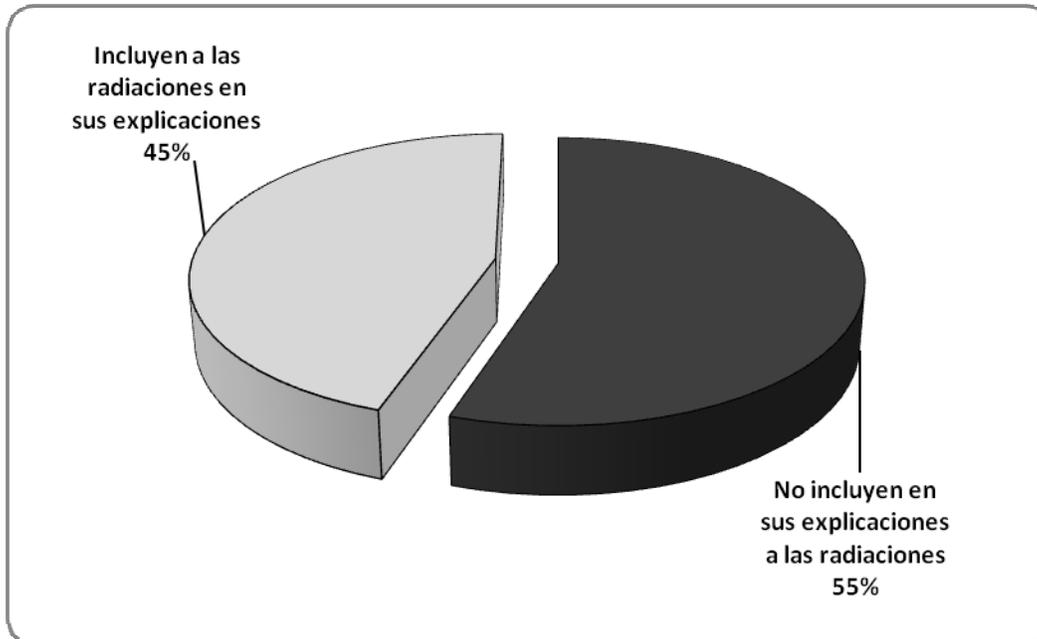
- se eligió la respuesta más completa para la clasificación;
- cuando la información proporcionada por el dibujo y la planteada de forma escrita era contradictoria, se le preguntó al alumno de forma personal.

En el *Cuadro 3* se resumen las dos categorías y las cinco subcategorías propuestas. Estas últimas se encuentran ordenadas de menor a mayor complejidad con respecto a las respuestas de los alumnos. En la primera subcategoría se incluyó a los jóvenes que sólo enumeraron las causas o los efectos del fenómeno. En las siguientes subcategorías los estudiantes involucraron conceptos más complejos como el calor y las radiaciones.

*Cuadro 3*

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA
No incluyen en su explicación a las radiaciones	Sólo es una descripción de las causas o resultados del efecto invernadero.
	Asociación entre “algo” y el calentamiento.
	Confusión con la inversión térmica.
Incluyen en su explicación a las radiaciones	Confusión con el adelgazamiento de la capa de ozono.
	El calor/radiación no puede salir a causa de una barrera.

En la *Gráfica 1* se reporta el porcentaje de alumnos cuyas respuestas corresponden a cada una de las dos categorías. En las dos primeras preguntas se les solicita que expliquen y dibujen lo que entienden por efecto invernadero. Como se observa en la gráfica, el 55 % de los estudiantes no incluyen a las radiaciones en sus explicaciones.

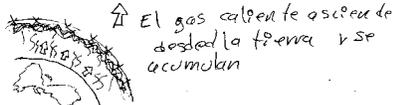
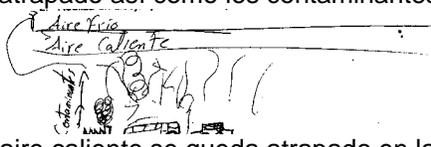
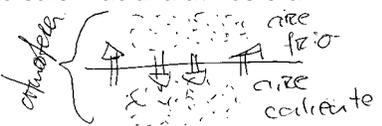


Gráfica 1 Porcentaje de alumnos cuyas respuestas corresponden a cada una de las dos categorías propuestas para las preguntas 1 y 2 del cuestionario elaborado para detectar las concepciones alternativas de los estudiantes.

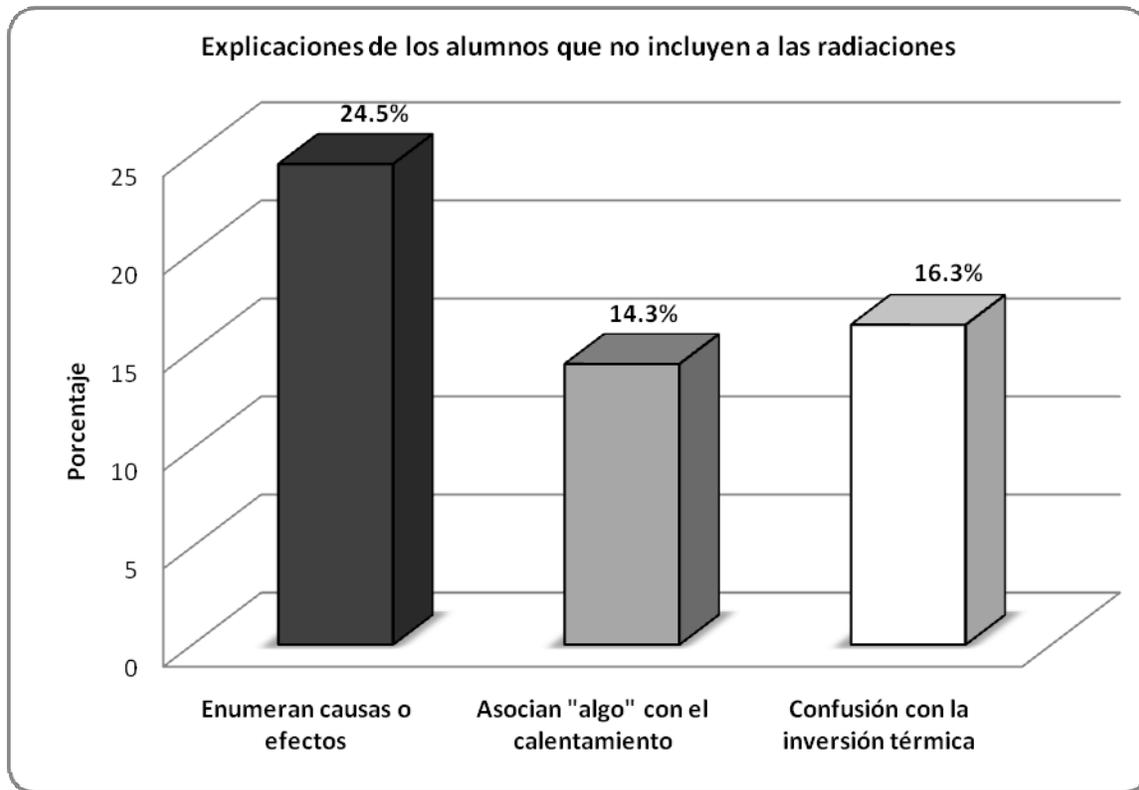
### 1.1.1 - Categoría 1: Los estudiantes que no incluyen a las radiaciones en sus explicaciones

A continuación se presentan ejemplos de cada una de las subcategorías que pertenecen a la categoría de los estudiantes que no incluyen en sus explicaciones a las radiaciones (*Cuadro 4*).

Cuadro 4

SUBCATEGORÍA	EJEMPLO
Sólo es una descripción de las causas o resultados del efecto invernadero	<p><b>Gabriela</b> “Se refiere a un problema que se da en la atmósfera que se da a causa de algunos gases y es un problema que afecta a todos”</p>  <p><b>Humberto</b> “Un efecto que provoca cambios en el ambiente”</p> 
Asociación entre “algo” y el calentamiento	<p><b>Alejandra</b> “que es la causa del calentamiento global y el problema de los deshielos”</p>  <p><b>Adolfo</b> “Situación en la cual la capa de ozono no deja escapar el aire caliente, mientras se acumula y la Tierra comienza a sobrecalentarse”</p> 
Confusión con la inversión térmica	<p><b>José Luis</b> “Cuando hay una emisión grande de contaminantes se forma una capa cuando se junta con el aire frío dejando al aire caliente atrapado así como los contaminantes”</p>  <p><b>Mariana</b> “ el aire caliente se queda atrapado en la parte inferior y el frío sale hacia la atmósfera”</p> 

En la *Gráfica 2* se presenta el porcentaje sobre el total de los alumnos cuyas respuestas corresponden a cada subcategoría.



*Gráfica 2 Porcentaje del total de alumnos que pertenece a cada subcategoría (alumnos que no mencionan a las radiaciones en sus explicaciones).*

La *Gráfica 2* nos muestra que el 24.5% de los estudiantes sólo mencionan una causa o un efecto del fenómeno (como la fusión de los glaciares o el aumento de la temperatura en nuestro planeta). El 14.3% del total de los estudiantes encuestados asocia el calentamiento global con “algo”. Ese “algo” que sugieren pueden ser los gases invernadero o la contaminación. El 16.3% de los estudiantes confunden a la inversión térmica con el efecto invernadero. Tanto en su dibujo como en la explicación que escriben mencionan a la inversión térmica en lugar de explicar el efecto invernadero.

Como se aprecia en el *Cuadro 4*, algunas respuestas de los alumnos hacen referencia a una “capa”. Esta palabra tiene en el idioma español diversas acepciones. De acuerdo a la Real Academia Española se entiende como “aquello que cubre o baña alguna cosa” o como una “zona superpuesta a otra u otras, con

las que forma un todo”. Por la manera en que los alumnos usan la palabra “capa” se refiere a la primera acepción y la entienden de manera literal, no como un conocimiento que crearon los científicos para explicar el fenómeno. En estudios previos sobre el tema de las analogías en el efecto invernadero (Kriner *et al*, 2003) se señalan éstas como obstáculos lingüísticos para la comprensión de los temas, debido a que están asociadas con el lenguaje cotidiano. En el caso particular de la palabra “capa”, algunos investigadores educativos sugieren los términos “filtro” y “gafas” como algo que refleja mejor la idea científica.

Con base en las explicaciones que escriben y dibujan los estudiantes podemos concluir que los que están incluidos en estas subcategorías no han establecido ninguna relación entre el efecto invernadero y los conceptos científicos como el calor y las radiaciones.

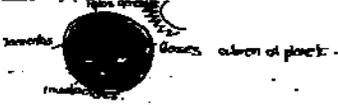
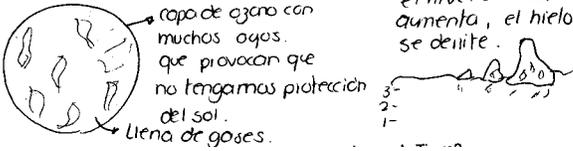
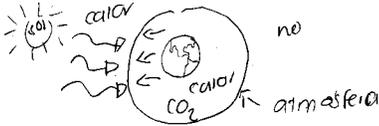
### **1.1.2 - Categoría 2: Los estudiantes que incluyen a las radiaciones en sus explicaciones**

En la segunda categoría se ubican los alumnos que incluyen a las radiaciones en sus explicaciones. Esta población representa el 45% de la muestra total de alumnos encuestados. Dentro de esta categoría se ubican dos subcategorías, aquella en la que los estudiantes:

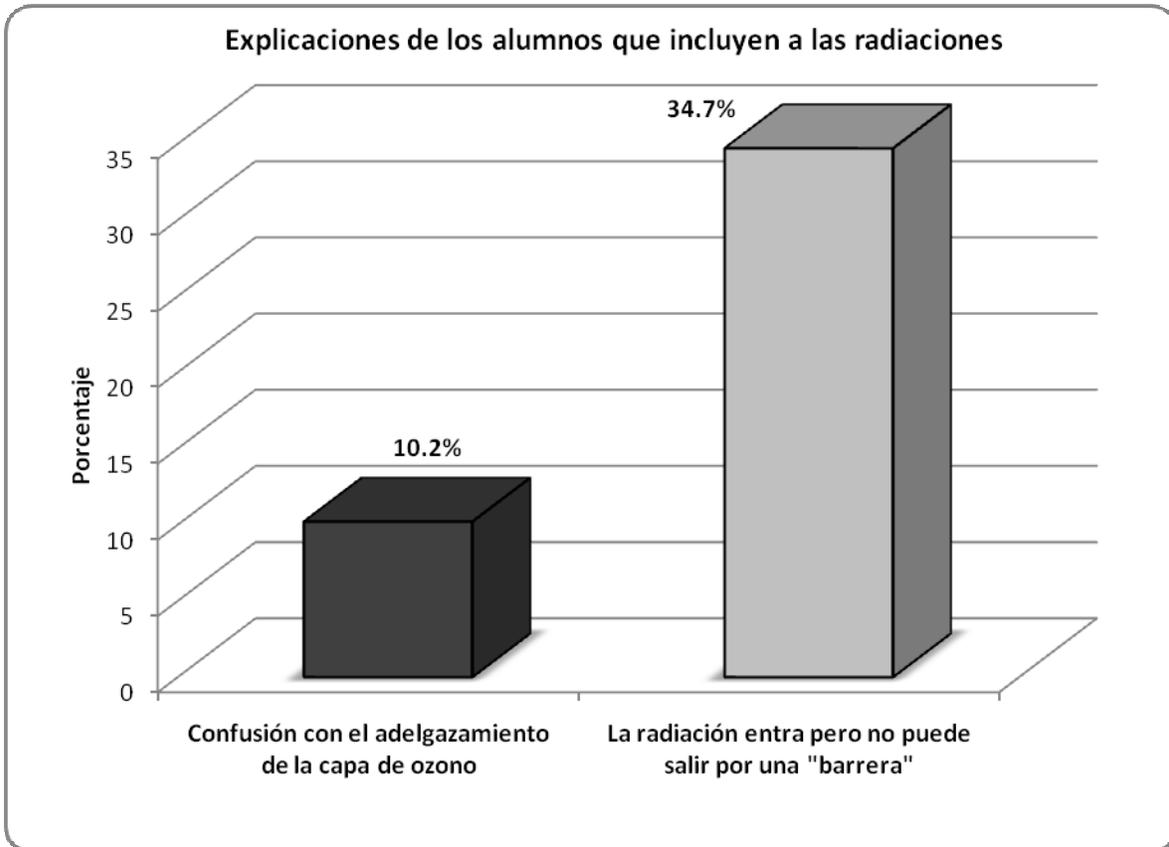
- confunden el efecto invernadero con el adelgazamiento de la capa de ozono;
- explican que entra la radiación pero no puede salir a causa de una “barrera”.

A continuación se presentan ejemplos de cada una de las subcategorías que pertenecen a la categoría de los estudiantes que incluyen en sus explicaciones a las radiaciones.

Cuadro 5

SUBCATEGORÍA	EJEMPLO
Confusión con el adelgazamiento de la capa de ozono	<p><b>David</b> "...al contaminar nuestro mundo la capa de ozono se debilita y los rayos ultravioleta entran directos lo que ocasiona es que los polos se derritan"</p>  <p><b>Alexandere</b> "Un fenómeno ambiental que consta de gases en la atmósfera que calientan el planeta deshielando los polos y creciendo el mar, causando cambios radicales"</p> 
El calor/radiación no puede salir a causa de una barrera	<p><b>Arturo</b> "Un cambio climático que consiste en que la Tierra se calienta, al no dejar escapar los rayos UV del Sol por la cantidad de smog"</p>  <p><b>Carmen</b> "Es el cual no permite dejar salirse el calor pero si lo deja entrar"</p> 

En la *Gráfica 3* se presenta el porcentaje de alumnos cuyas respuestas corresponden a cada una de estas subcategorías. Los porcentajes se expresan con respecto a la población total de estudiantes encuestados.



*Gráfica 3 Porcentaje de alumnos dentro de cada subcategoría para aquellos estudiantes que incluyen en sus explicaciones a las radiaciones.*

En la primera subcategoría, que representa el 10.2 % de la población total, los alumnos confunden el efecto invernadero con el adelgazamiento de la capa de ozono. Como se mencionó anteriormente, para ellos no hay una diferencia conceptual entre estos dos fenómenos. Con el testimonio de los estudiantes se pueden distinguir dos explicaciones del efecto invernadero desde esta perspectiva:

- los estudiantes piensan que la capa de ozono ha disminuido porque ha sido sustituida por una capa de dióxido de carbono y de clorofluorocarbonos, lo cual ocasiona que se eleve la temperatura;
- los alumnos responsabilizan a la contaminación como una de las causas del adelgazamiento de la capa de ozono y por lo tanto del efecto invernadero. Esta idea es parcialmente correcta, porque los gases responsables del

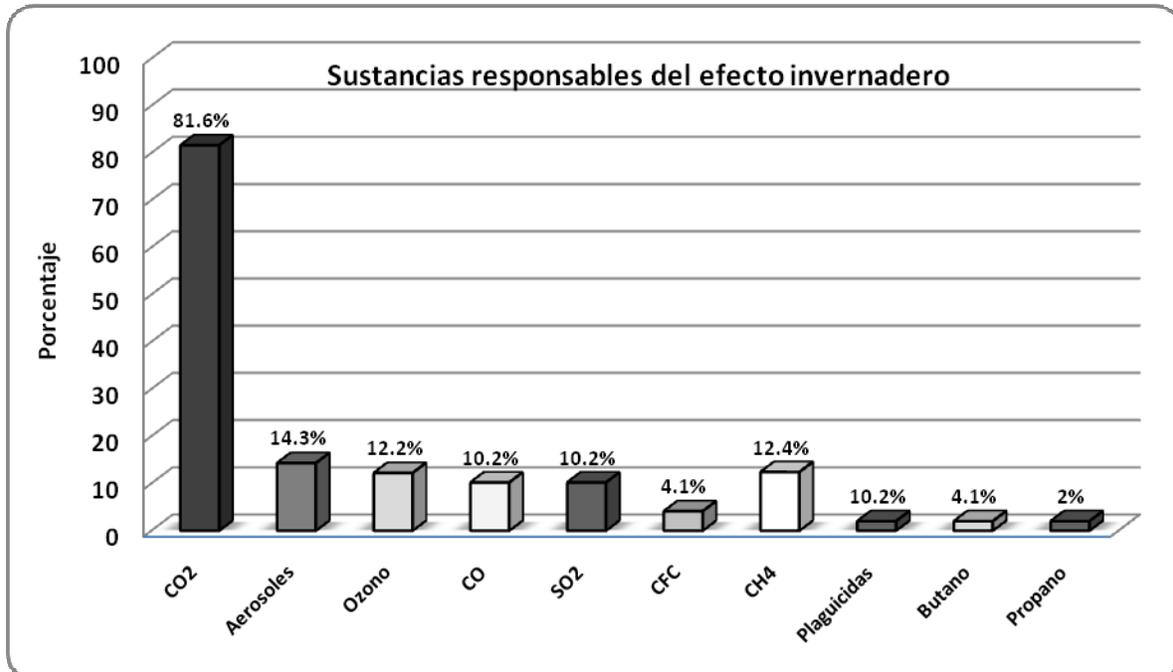
adelgazamiento de la capa de ozono y del efecto invernadero son distintos, pero ambos son productos de la contaminación; sin embargo, debemos recordar que el efecto invernadero no sólo se debe a la contaminación, aunque se ha incrementado a causa de ésta.

La última subcategoría, que incluye al 34.7% de los estudiantes, agrupa a los jóvenes que hacen referencia a la entrada de radiación y a la presencia de una barrera que impide que salga posteriormente. Ellos asocian el aumento de la temperatura con los “agujeros” en la capa de ozono que permiten el paso de las radiaciones ultravioleta. Papadimitriou (2004) obtuvo resultados similares a los nuestros. Este autor explica que estos comentarios se encaminan a dar una idea de cómo actúan los “agujeros” en la capa de ozono, los cuales permiten que la energía del Sol entre en la atmósfera y después ya no salga.

Una vez que se tienen claras las categorías y que se han clasificado todas las ideas de los estudiantes, se analizan a continuación las respuestas restantes del cuestionario diagnóstico.

## **1.2 - Las sustancias responsables del efecto invernadero**

La pregunta 3 solicita a los alumnos que enumeren las sustancias responsables del efecto invernadero. En la *Gráfica 4* se reporta el porcentaje de los alumnos que identifican a las sustancias (mencionadas en la gráfica) como las responsables del efecto invernadero.



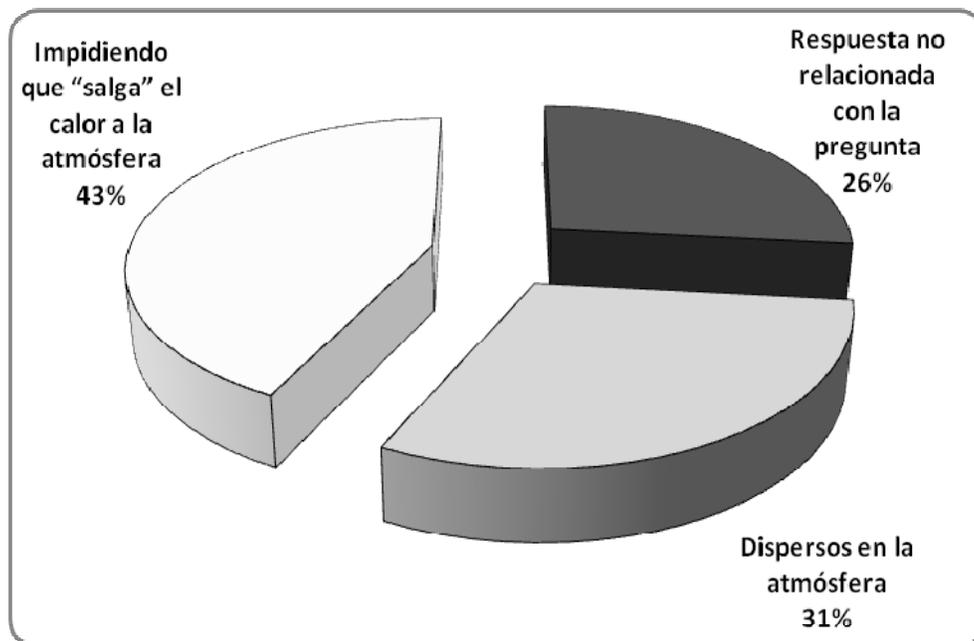
Gráfica 4 Porcentaje de alumnos que mencionan a cada una de las sustancias reportadas en la gráfica como las responsables del efecto invernadero.

La mayoría de los estudiantes (81.6%) reconoce al dióxido de carbono como una de las sustancias responsables del efecto invernadero. Es importante destacar que el 44.8% de la población identifica a este gas como el único responsable de este fenómeno. Otros autores (Hillman *et al*, 1996) encontraron datos similares a los nuestros con alumnos universitarios. En este estudio informan que el 82% de los estudiantes distinguen al CO<sub>2</sub> como el gas responsable del efecto invernadero. Estos resultados nos permiten concluir que dos grupos distintos presentan un comportamiento similar, y podemos decir que la mayoría de la población encuestada tiene la idea correcta de relacionar al CO<sub>2</sub> con el efecto invernadero. Los alumnos también citaron a los aerosoles (14.3%) y los clorofluorocarbonos (4.1%) como los responsables del efecto invernadero. Únicamente el 12.4% de la población identifica al metano como uno de los gases responsables del efecto invernadero. Por otro lado nos llama la atención que ningún alumno menciona al agua como responsable de este fenómeno. Como se sabe, el agua es un compuesto capaz de favorecer el efecto invernadero y ha permitido la existencia

de la vida sobre la Tierra ya que regula el clima. Cabe señalar que en la investigación dirigida por Hillman (Hillman *et al*, 1996) se reporta que sólo el 9% de los profesores reconoció al agua como responsable del efecto invernadero. Hay que destacar que ambas poblaciones asocian el efecto invernadero con la contaminación y por lo tanto lo perciben como nocivo y no lo ven como un proceso natural que ha ocurrido desde hace millones de años.

### 1.3 - Los gases en el efecto invernadero

La pregunta 4 está formulada con el propósito de indagar cómo se imaginan los alumnos que se encuentran los gases en la atmósfera. En la *Gráfica 5* se presentan los resultados de las principales concepciones alternativas. Se observa que el 43% de la población indica que se encuentran impidiendo la salida del calor.



*Gráfica 5* Porcentaje de alumnos para cada respuesta sobre cómo se encuentran los gases en la atmósfera.

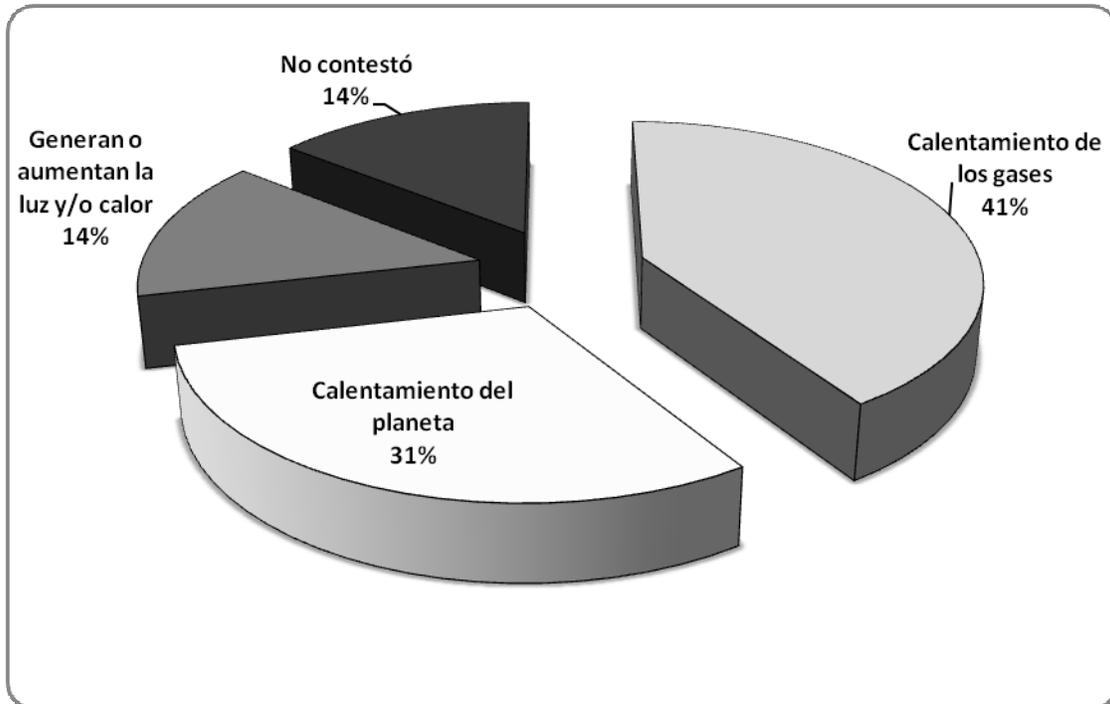
Algunos de los comentarios son los siguientes:

- **Karla** *“Son muchos y se encuentran muy densos y por eso no dejan salir el calor”*
- **Estefanía** *“en forma de capa, que impide la salida del calor, una tapa o especie de cobertura de gases”*

Esto se puede interpretar como que estas alumnas expresan que el calor se comporta como una sustancia que puede quedar “atrapado” por una “capa de gases”. Esta idea es ampliamente difundida entre los estudiantes. Se ha visto que la confusión radica en que “calor” es un término que se utiliza tanto en el lenguaje cotidiano como en el científico, pero de manera muy distinta. A partir del lenguaje y las experiencias de la vida diaria, los estudiantes construyen descripciones y explicaciones acerca del calor, que no suelen corresponder con el concepto termodinámico. Esta concepción del “calor”, aunada a la idea de “capa”, terminará causándole problemas en la comprensión y el aprendizaje del efecto invernadero (Kriner *et al*, 2003).

#### **1.4 - Las radiaciones en el efecto invernadero**

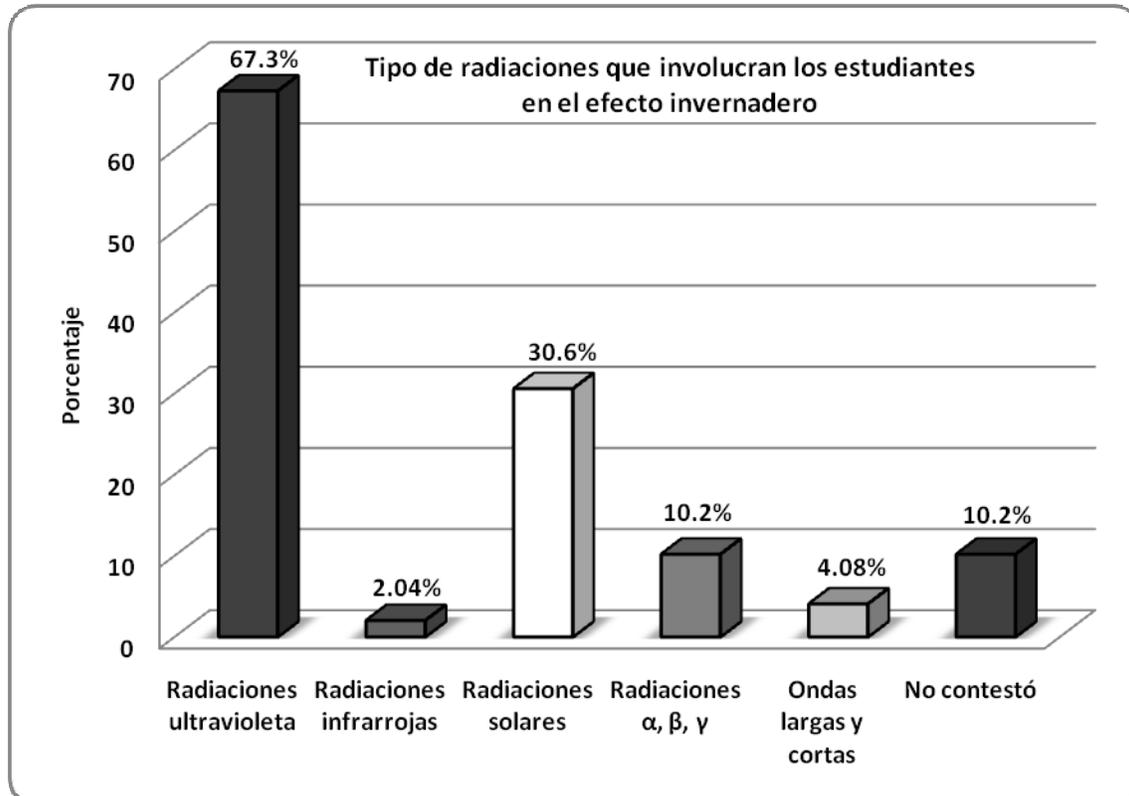
La pregunta 5 tiene el propósito de averiguar lo que saben los estudiantes sobre la función de las radiaciones solares en el efecto invernadero. Los resultados se presentan en la *Gráfica 6* que contiene las principales respuestas.



Gráfica 6 Porcentaje de alumnos para cada respuesta sobre el papel de las radiaciones en el efecto invernadero.

De lo expresado por los estudiantes se observa que no respondieron a la pregunta, ya que lo que enumeran son algunos de los efectos de las radiaciones en el efecto invernadero; por ejemplo: el calentamiento del planeta (31%), de los gases (41%) y que generan luz y/o calor (14%). Ningún alumno explica cómo se lleva a cabo el calentamiento de los gases o del planeta. En trabajos previos (Daskolia *et al*, 2006), se publicó un estudio con profesores a nivel preescolar en la ciudad de Atenas, y de igual forma que nuestros alumnos, los profesores sólo hacen referencia a los daños que pueden causar las radiaciones en la piel y su peligrosidad, pero en ningún momento explican qué función tienen las radiaciones en el calentamiento global del planeta.

El propósito de la pregunta 6 es investigar sobre cuáles son las radiaciones que se relacionan con el efecto invernadero. En la *Gráfica 7* se presentan los resultados.



Gráfica 7 Porcentaje de alumnos que mencionan el tipo de radiaciones que identifican como las responsables del efecto invernadero.

De la población total, el 67.3 % de alumnos reconoce a las radiaciones ultravioleta como la causa del efecto invernadero. Esta respuesta es interesante porque corrobora que los alumnos confunden al efecto invernadero con el adelgazamiento de la capa de ozono. Estos resultados coinciden con otros reportados (Boyes y Stanisstreet, 1993; Khalid, 2003; Papadimitriou, 2004), que detectan que los participantes piensan que los “hoyos” en la capa de ozono son los responsables del cambio climático global.

En la Gráfica 7 se puede ver que sólo el 2% de los alumnos reconocen a las radiaciones infrarrojas como las causantes del efecto invernadero. Otros autores explican (Gautier *et al*, 2006) que pocos alumnos universitarios incorporan dentro de sus explicaciones a las radiaciones como una de las causas de este fenómeno. Los autores señalan que el 2% lo explican con base en las radiaciones infrarrojas.

Ambos resultados demuestran que no se reconocen a las radiaciones infrarrojas como las responsables del efecto invernadero y para ellos son indistintas.

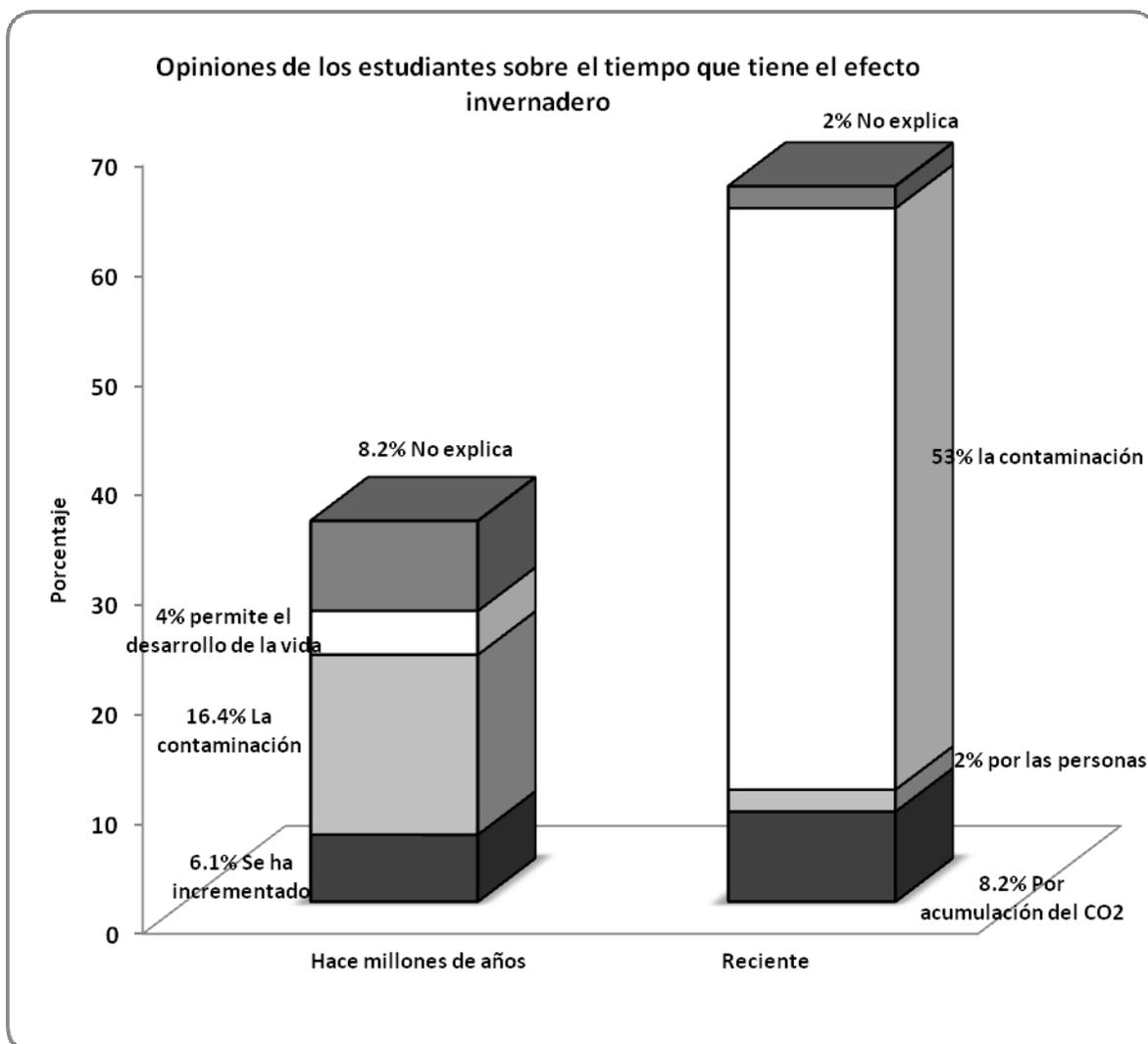
### **1.5 - El efecto invernadero ¿es un fenómeno reciente?**

El propósito de la pregunta 7 es apreciar si los alumnos reconocen el efecto invernadero como un fenómeno que ocurre desde hace millones de años o si piensan que es reciente. En esta gráfica también se consideran cuáles son las causas que están asociadas con este fenómeno.

En la *Gráfica 8* se presentan los resultados en dos columnas. La primera de ellas, corresponde a los alumnos que piensan que es un fenómeno que ocurre hace millones de años. En esta categoría se encuentra el 34.7% de la población total. Las razones que argumentan los jóvenes son:

- la contaminación (16.4%). Esta respuesta es incorrecta porque este fenómeno es reciente comparado con la edad de la Tierra.
- que permite el desarrollo para la vida (4%); esto es cierto, pero no es una causa, es una consecuencia.

De la población total, el 65.2% de estudiantes opina que es un fenómeno reciente, y nuevamente, la principal razón que exponen es por la contaminación (53%).



*Gráfica 8 Porcentaje de alumnos que opinan sobre el tiempo que tiene el efecto invernadero. En cada columna se mencionan los argumentos que se dan para emitir esa opinión.*

## 1.6 - El calentamiento en la atmósfera

Con las respuestas a la pregunta 8, los alumnos explican cómo es el proceso de calentamiento de la atmósfera en el efecto invernadero. Los resultados se concentran en el *Cuadro 6* y se encuentran agrupados tomando en cuenta a las radiaciones en sus explicaciones. Los alumnos que no las incluyen representan el

42.8% de la población total, y sólo mencionan una causa y una consecuencia del efecto invernadero.

Cuadro 6

	CATEGORÍA	EJEMPLO
No incluyen en su explicación a las radiaciones	Por la contaminación 10.2 %	<b>Teresa</b> “ por los contaminantes que quedan en la atmósfera” <b>Humberto</b> “ pues con todas las sustancias y desechos tóxicos que se arrojan a la atmósfera”
	Por los gases que forman una barrera e impide la salida del calor 32.6%	<b>Isaac</b> “Los gases contaminantes no salen de la atmósfera, se quedan en un nivel muy cercano a nosotros lo que generan enfermedades y un calentamiento” <b>Ángel</b> “Debido a que el efecto invernadero causa que el calor se concentre a lo largo de la Tierra”
Incluyen en su explicación a las radiaciones	Las radiaciones son las responsable 8.2 %	<b>Ricardo</b> “Por la concentración de las radiaciones solares” <b>Sarah</b> “ Los rayos emitidos por el Sol hacen que los gases que están flotando en el aire aceleren el calentamiento global”
	La destrucción de la capa de ozono que deja entrar radiaciones 22.4 %	<b>Karen</b> “ la sobrecarga de gases sobre la capa de ozono junto con los daños que provocan las radiaciones solares sobre la capa provocan el desgaste de la capa que deja pasar radiaciones y no regula la temperatura” <b>Thania</b> “Porque la capa de ozono se está debilitando y los rayos ultravioleta entran más directamente”
	Las radiaciones “calientan” a los gases 18.4 %	<b>Guillermo</b> “Las radiaciones calientan todos los gases y éstos no pueden salir de la atmósfera” <b>Eloísa</b> “ Porque con este fenómeno se impide la salida de rayos ultravioleta y al quedarse esto ahí, la atmósfera se calienta”
No contestó	8.2 %	

El 49% de la población total de estudiantes integra a las radiaciones en su argumentación. A pesar de que los jóvenes mencionan las palabras “radiaciones”, “calor”, “gases” y “rayos ultravioleta” en sus razonamientos, éstos no son detallados y no involucran la parte microscópica. Estas respuestas nos permitieron identificar dos de las causas que provocan concepciones alternativas erróneas que fueron reportadas previamente (Trinidad-Velasco y Garritz, 2003) y que son que los alumnos:

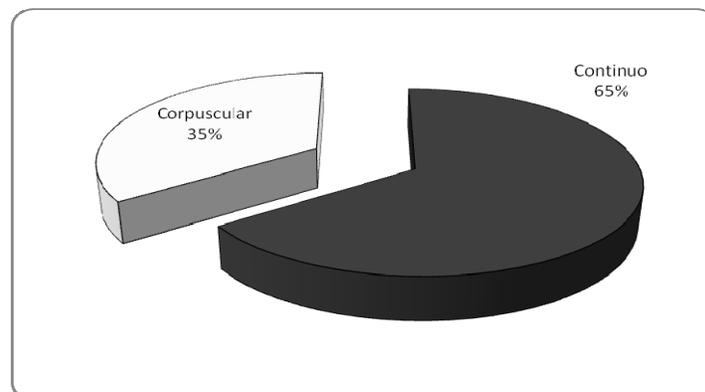
- tienen dificultad para incluir en sus conocimientos el razonamiento abstracto;
- construyen explicaciones de determinado fenómeno con la mínima cantidad de información.

### 1.7 - Modelo continuo o corpuscular

Las preguntas 9 y 10, están formuladas para detectar si los alumnos conciben a los gases como materia formada por átomos y moléculas, y por lo tanto si reconocen la discontinuidad de la materia.

- *Dentro del matraz que se muestra a continuación hay un gas. Imagina que tienes una lupa muy potente. Dibuja cómo se vería ese gas a través de esa lupa.*
- *Explica brevemente qué simboliza tu esquema de la pregunta anterior*

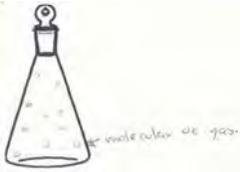
En la *Gráfica 9* se dan a conocer los resultados obtenidos tras averiguar cuáles son los conocimientos que usan los alumnos para describir un gas. Se recurrió al uso de un diagrama para que los alumnos dibujen cómo se imaginan un gas dentro de un matraz.



*Gráfica 9 Porcentaje de alumnos que utilizan el modelo corpuscular y el continuo para explicar el comportamiento de los gases.*

El 65% de la población de jóvenes utilizó un modelo continuo para explicar el comportamiento de un gas dentro de un recipiente. Sólo el 35% de la población recurre al modelo corpuscular y menciona en su discurso las palabras: partículas, átomos o moléculas; sin embargo, el hecho que dibujen y mencionen estos términos, no significa que utilicen el modelo corpuscular. En el *Cuadro 7* se presentan ejemplos con las respuestas que dan los alumnos cuando se les pide que expliquen qué simboliza su esquema.

Cuadro 7

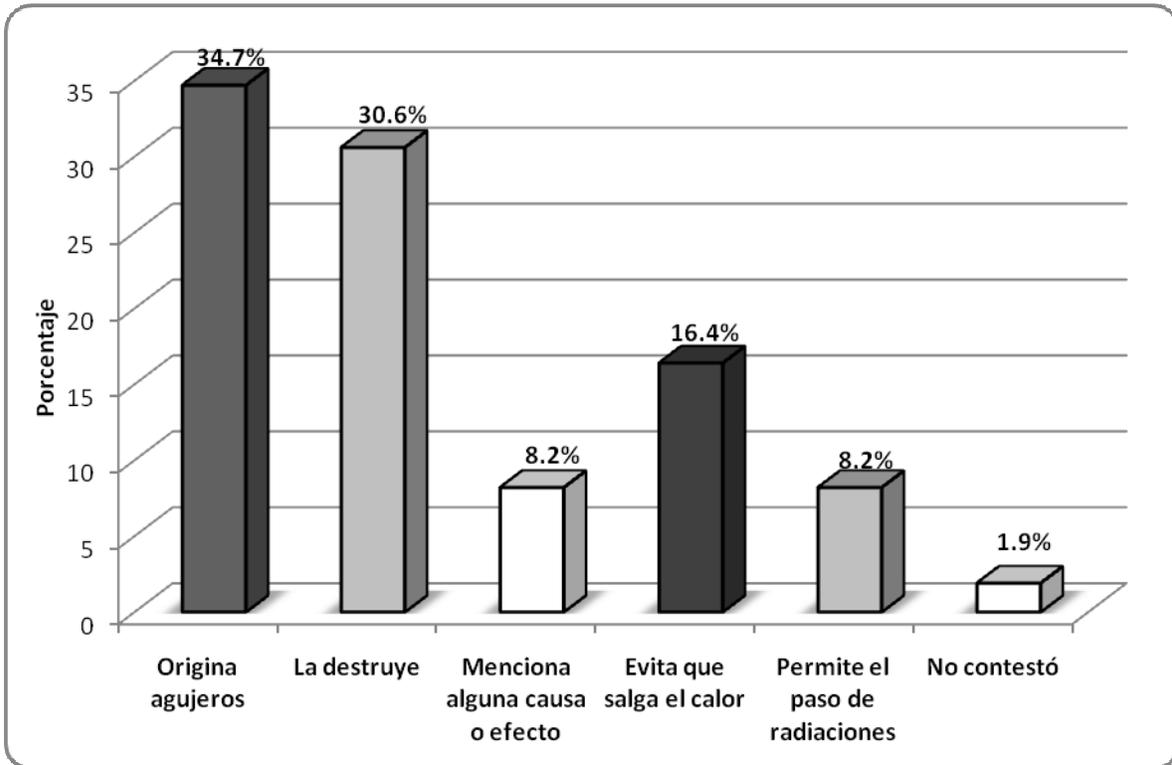
 <p><b>Karla</b> “...está en todo el matraz”</p>	 <p><b>Arturo</b> “son las moléculas del gas. Están con tanta separación...”</p>
 <p><b>Alberto</b> “...está arriba porque no puede salir”</p>	 <p><b>Eduardo</b> “Según las moléculas de un gas se encuentran muy separadas entre sí...”</p>
 <p><b>Eloisa</b> “...concentrado en el centro”</p>	 <p><b>Vania</b> “...está formado por partículas que andan errantes”</p>
 <p><b>Carolina</b> “el gas cuando está en reposo”</p>	 <p><b>José</b> “son moléculas las que constituyen un gas”</p>

La idea de la materia como un continuo la sugieren los esquemas de Alberto, Eloísa, Carolina y Karla donde además en sus respuestas no mencionan las palabras átomos, moléculas o partículas. En cambio Arturo, Eduardo, Vania y José dibujan puntos y en su discurso incluyen las palabras antes citadas.

Al respecto, es interesante lo que plantean Pozo y Gómez (2006), los autores expresan que los alumnos aceptan fácilmente lo que los profesores dicen acerca de la existencia de partículas que no pueden ver y entonces, las palabras “átomo” y “molécula” pasan a formar parte de su discurso. Esto se reafirma con la respuesta de Eduardo que inicia la frase con la palabra “según”; sin embargo éstas son inferencias a partir de lo escrito por los alumnos.

### **1.8 - La relación entre el efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono**

La pregunta 11, ¿cómo afecta a la capa de ozono el efecto invernadero?, tiene como propósito clarificar si los alumnos establecen alguna relación entre el efecto invernadero y la capa de ozono. En la *Gráfica 10* se encuentran los resultados expresados en porcentaje de alumnos. Las tres principales ideas que tienen los jóvenes son que el efecto invernadero provoca los “agujeros” en la capa de ozono (34.7%), que la destruye (30.6%) o que evita que salga el calor (16.4%). Esto pone de manifiesto, nuevamente, que los alumnos confunden el efecto invernadero con el adelgazamiento de la capa de ozono.



Gráfica 10 Respuestas de los alumnos acerca de cómo afecta a la capa de ozono al efecto invernadero.

Después de este primer análisis se presenta un resumen de los resultados encontrados:

*Cuadro 8*

**Resultados de la aplicación del Instrumento inicial para detectar las concepciones alternativas de los estudiantes**

Hay estudiantes que:

- sólo enumeran una causa o consecuencia del efecto invernadero (24.5%);
- confunden el efecto invernadero con el adelgazamiento de la capa de ozono (10.2%) o la inversión térmica (16.3%);
- explican que el calor se “queda atrapado” debido a los contaminantes (34.7%);
- identifican al dióxido de carbono como el único gas responsable del efecto invernadero (44.8%);
- reconocen al metano como el gas responsable del efecto invernadero (12.4%);
- identifican a los gases como los responsables que el calor no “salga” a la atmósfera (43%);
- asocian a las radiaciones con el calentamiento del planeta (31%);
- relacionan a las radiaciones ultravioleta como las responsables del efecto invernadero (67.3%);
- piensan que el efecto invernadero es un proceso reciente (65.2%)

De las concepciones alternativas identificadas en el cuestionario diagnóstico se tomaron como base sólo tres de ellas para el diseño de la propuesta didáctica, las cuales fueron:

- a) el reconocimiento del dióxido de carbono como el único gas responsable de este fenómeno.
- b) la confusión entre adelgazamiento de la capa de ozono y el efecto invernadero;
- c) la idea de que el efecto invernadero es un fenómeno reciente;

Estas ideas se trabajaron en las actividades que se presentan en los *Anexos A y B*. Después de realizar las actividades con los estudiantes se aplicó nuevamente el cuestionario (*Cuadro 1*). En la siguiente sección se comparan los resultados del instrumento diagnóstico antes y después de la intervención didáctica.

## **2. La interpretación del efecto invernadero por los estudiantes después de aplicar la propuesta didáctica**

Después de realizar el análisis de los resultados se procedió a diseñar la estrategia didáctica de acuerdo con Sánchez y Valcárcel (1993). Esta propuesta consta de tres actividades, las cuales se encuentran en los *Anexos A y B*. El tiempo invertido en desarrollar las actividades con los alumnos fue de siete sesiones de 50 minutos. Una vez realizadas las actividades se aplicó nuevamente el cuestionario. Éste fue contestado por 45 alumnos: 23 mujeres y 22 hombres.

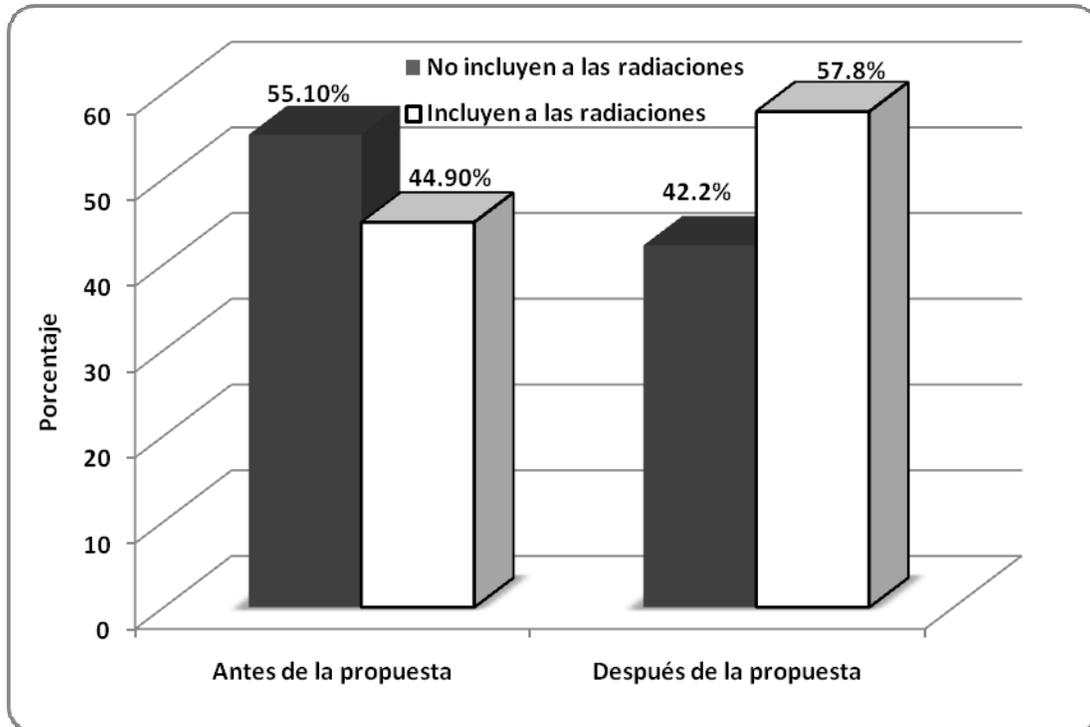
En esta sección se presentan los resultados de la comparación de cada una de las preguntas del cuestionario diagnóstico antes y después de realizar la propuesta didáctica.

### **2.1- Comparación de las categorías y subcategorías de la interpretación del efecto invernadero por parte de los estudiantes**

En la *Gráfica 12* se comparan los cambios entre las dos categorías propuestas donde se tomó como base la idea de las radiaciones en las explicaciones de los estudiantes. Hay que recordar que estas categorías surgieron de las preguntas 1 y 2 del cuestionario:

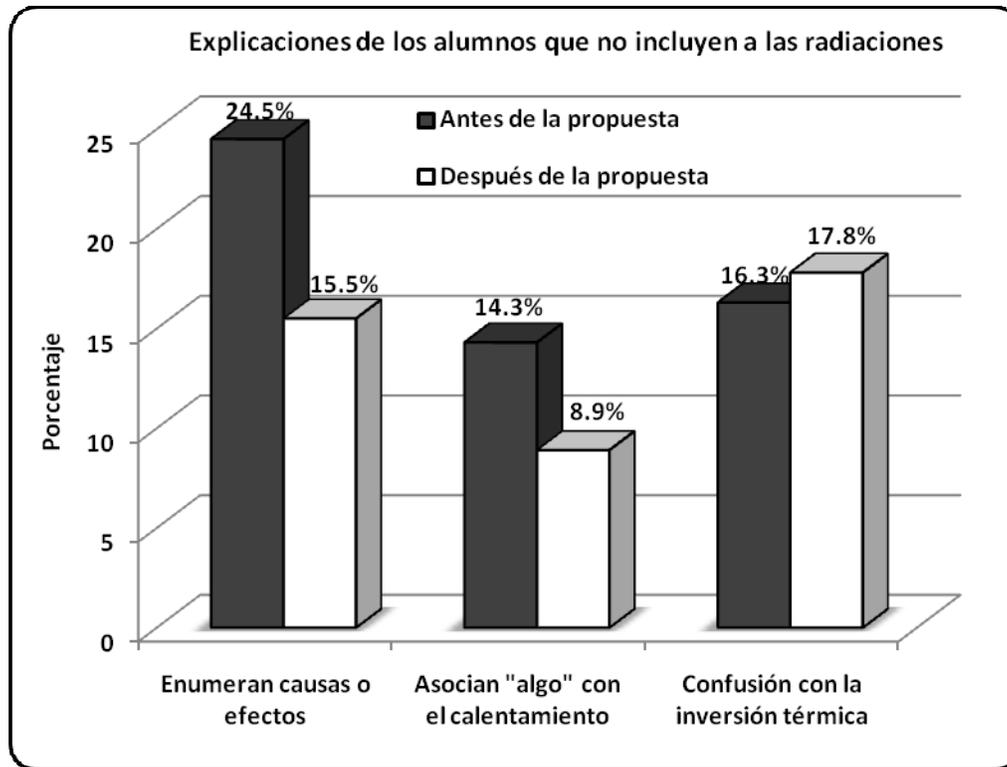
- ¿qué entiendes por efecto invernadero?
- realiza un dibujo que ilustre tu explicación acerca del efecto invernadero.

En la gráfica se observa que el porcentaje de estudiantes que incluyen en sus explicaciones a las radiaciones aumentó ligeramente después de la actividad (de 44.9% a 57.8%). Esto no significa que sus respuestas sean correctas pero sí que son más cercanas al conocimiento establecido por los científicos.



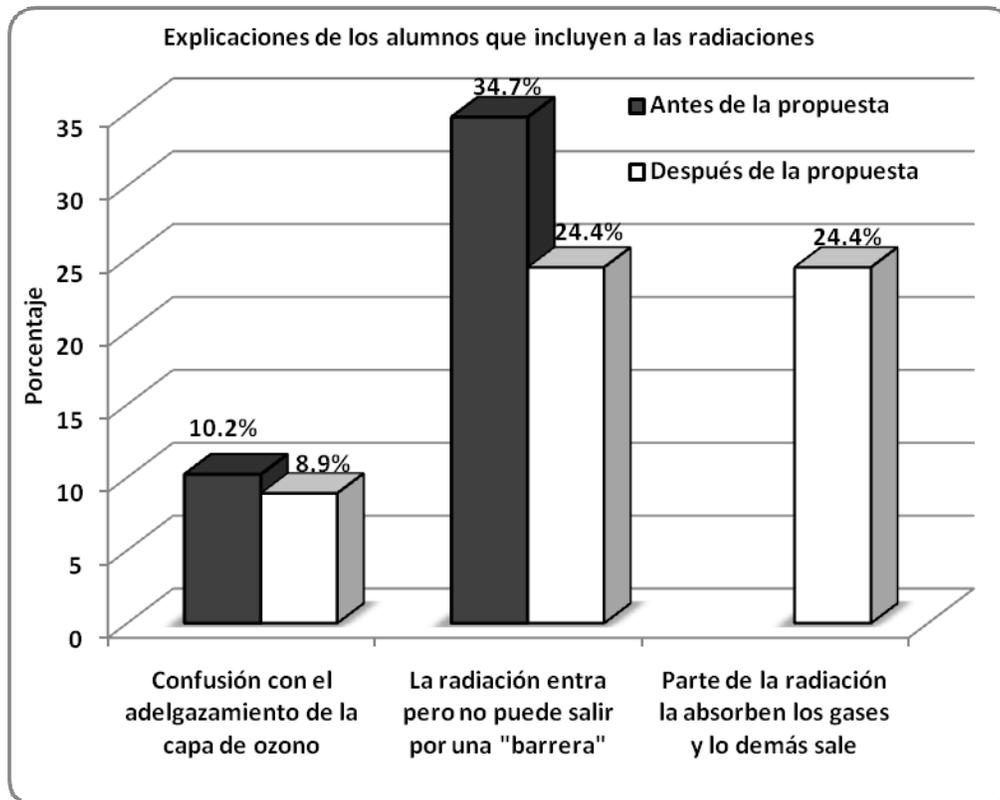
*Gráfica 12 Porcentaje de alumnos cuyas respuestas corresponden a cada una de las dos categorías propuestas para las preguntas 1 y 2 del cuestionario elaborado para detectar las concepciones alternativas de los estudiantes. Se reportan porcentajes antes y después de la aplicación de la propuesta.*

En la *Gráfica 13* se comparan las subcategorías propuestas para la categoría que incluye a los estudiantes que no incorporan a las radiaciones en sus explicaciones. Se observa que disminuye ligeramente el porcentaje de alumnos que sólo enumeran una causa o consecuencia del efecto invernadero (de 24.5% a 15.5%) así como los estudiantes que asocian “algo” con el calentamiento del planeta (de 14.3% a 8.9%); sin embargo, permanece casi constante el porcentaje de alumnos que confunde el efecto invernadero con la inversión térmica. Cabe recordar que uno de los objetivos al desarrollar la propuesta didáctica fue ayudar a los alumnos a identificar sólo algunas diferencias entre el adelgazamiento de la capa de ozono y el efecto invernadero, omitiéndose otros fenómenos quizá igual de importantes como la inversión térmica.



Gráfica 13 Comparación entre los porcentajes de cada subcategoría antes y después de la propuesta didáctica de los jóvenes que no incluyen a las radiaciones en sus explicaciones.

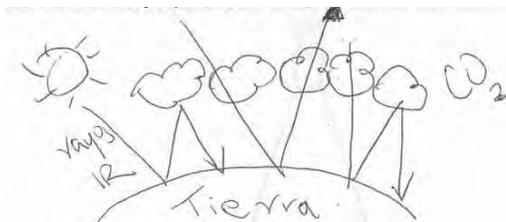
En la categoría donde los estudiantes incluyen a las radiaciones (Gráfica 14) se observa que el porcentaje de los alumnos que confunden este fenómeno con el adelgazamiento de la capa de ozono disminuyó ligeramente (de 10.2% a 8.9%). El porcentaje de estudiantes que considera que la radiación entra pero no puede salir a causa de una "barrera" también disminuyó (de 37.4% a 24.4%); también se detectó otra subcategoría en donde se agrupa a los alumnos que explican que una parte de la radiación la absorben los gases invernadero y otra proporción sale de la atmósfera (24.4%). Esta última subcategoría muestra una transición más cercana al punto de vista establecido por los científicos, ya que considera que las radiaciones provenientes del Sol son en parte reflejadas por nuestro planeta hacia el espacio exterior.



Gráfica 14 Comparación entre los porcentajes de cada subcategoría antes y después de la propuesta didáctica donde los jóvenes incluyen a las radiaciones en sus explicaciones.

Un ejemplo de esta última subcategoría es lo que expresa el alumno Manuel:

*"...el dióxido de carbono es el mayor responsable porque parte de la radiación la absorbe y otra sale"*

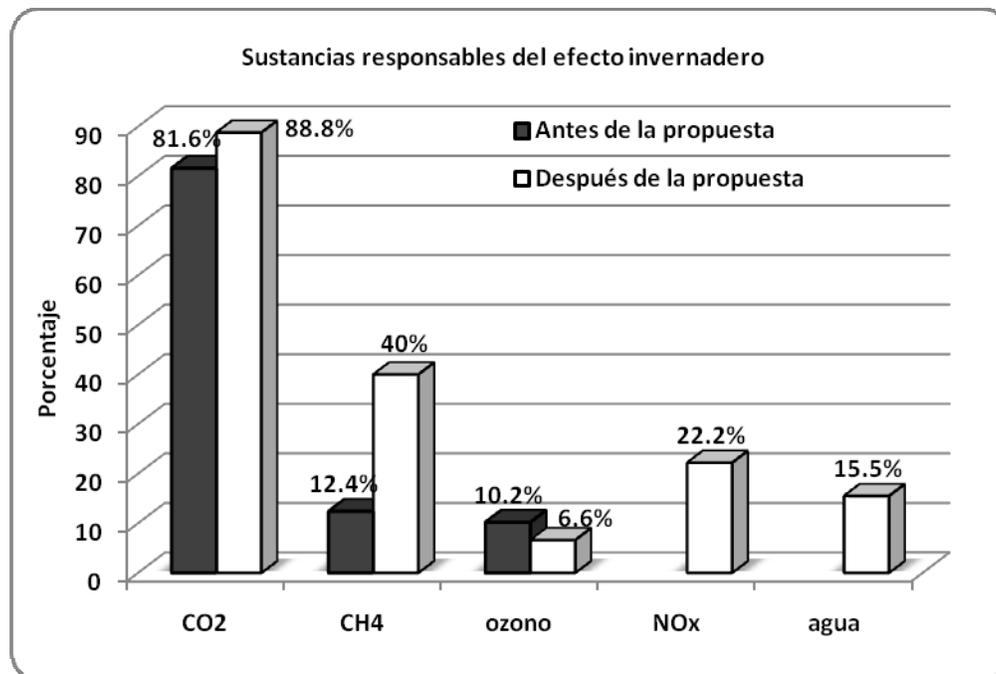


Al analizar los resultados de manera conjunta se aprecia que los jóvenes modificaron sus concepciones alternativas, ya que aumentó el porcentaje de alumnos que incluye a las radiaciones en sus explicaciones; no obstante, esto no significa que los argumentos que utilizan para explicar el efecto invernadero sean

correctos. Con este comparativo de los resultados no podemos saber si los estudiantes dejan la idea de que la capa de ozono y su disminución son responsables del efecto invernadero, porque las actividades que se trabajaron no estuvieron enfocadas en ayudar a modificar estas ideas en los alumnos.

## 2.2- Las sustancias responsables del efecto invernadero

En la *Gráfica 15* se comparan los porcentajes de las respuestas que dieron los alumnos a la pregunta de cuáles son las sustancias responsables del efecto invernadero en la Tierra. Se observa que el porcentaje de aprendices que citan al dióxido de carbono (de 81.6% a 88.8%) permaneció constante; sin embargo, aumentó el porcentaje de alumnos que mencionan al metano (de 12.4% al 40%) como uno de los gases que ocasionan el efecto invernadero. El porcentaje de estudiantes que consideran responsable al ozono disminuyó ligeramente después de la intervención didáctica (de 10.2% a 6.6%).



*Gráfica 15 Comparación entre los porcentajes de alumnos antes y después de la propuesta didáctica que hacen mención de cada una de las sustancias responsables del efecto invernadero.*

Otras dos sustancias que no mencionaron los alumnos en sus respuestas del primer cuestionario son los óxidos de nitrógeno y el agua. Una explicación del porqué ahora los estudiantes incluyen estas sustancias radica en la actividad “Los glaciares... una historia que contar” (ver Anexo A), porque ahí los alumnos trabajaron con las gráficas del metano y de los óxidos de nitrógeno, además, intercambiaron puntos de vista al respecto lo que les permitió incorporar las ideas. Esto los llevó a entender que hay otros gases que participan en el efecto invernadero. Al respecto Sanmartí, (2007, p.105) escribe:

*“Aprender ciencias comporta aprender a mirar y ver las experiencias desde puntos de vista distintos y a pensar sobre ellos desde concepciones que a menudo son diferentes de las intuitivas. Este mirar y pensar nuevo se genera al hablar, aunque sea hablar con uno mismo, y se concreta en el uso de un vocabulario y de unas expresiones específicas. En el proceso de intentar comunicar coherentemente unas ideas, éstas se reformulan y se priorizan unos datos sobre otros”.*

Al propiciar el diálogo entre los estudiantes cuando se contestaron las preguntas por equipo y posteriormente en la discusión grupal, se fomenta entre los jóvenes la necesidad de construir las ideas para poder comunicarlas, para lo cual tienen que entender la información que se presenta en forma gráfica y usar el vocabulario adecuado para expresar lo que reconocen como ideas válidas. Aquí es donde radica la importancia, como lo expresa la autora, de comunicarse verbalmente.

Durante el trabajo práctico los estudiantes construyeron un modelo del efecto invernadero haciendo uso de una caja de cartón con tierra cubierta con una bolsa de plástico. Después de irradiar la caja con la lámpara infrarroja se observó un líquido condensado en la bolsa de plástico. Esto generó entre los estudiantes las siguientes preguntas:

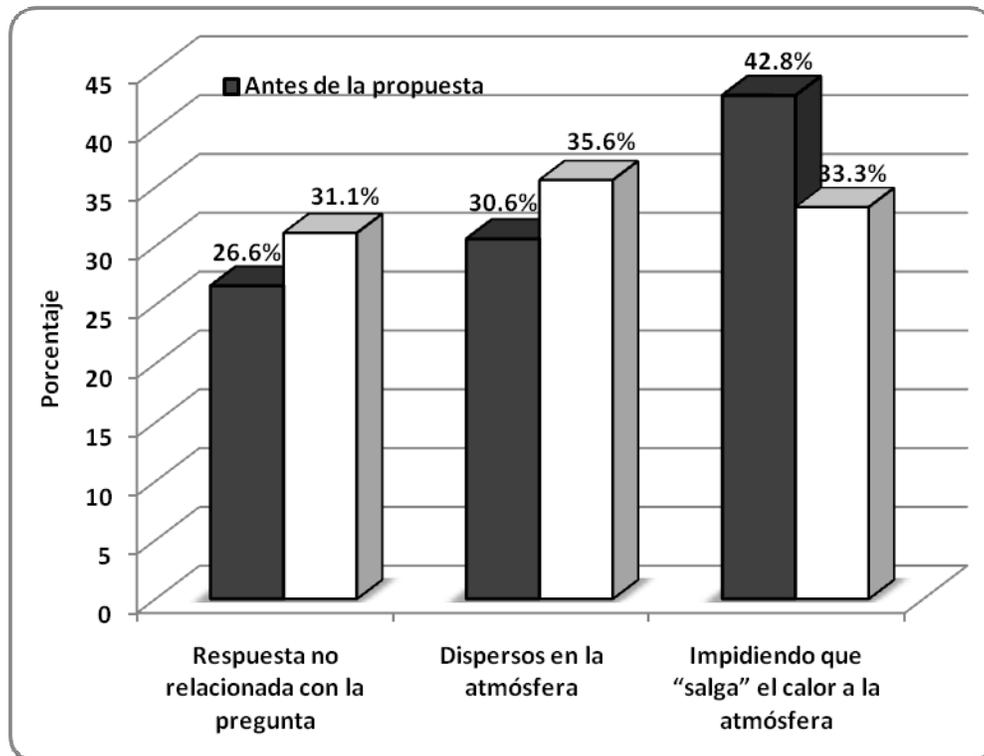
- ¿es agua?;
- ¿de dónde salió el agua?;

- ¿el agua hace que se eleve la temperatura?;
- ¿qué función tiene el agua en el efecto invernadero?

Estas interrogantes fueron discutidas en la plenaria que se desarrolló al final del trabajo práctico. En la misma los estudiantes dieron respuesta a la primera pregunta y sólo expresaron sus hipótesis respecto a las dos últimas. Posteriormente los alumnos consultaron las fuentes bibliográficas para comprobar sus hipótesis. En relación a ello, De Jong (1998) comenta que los estudiantes construyen sus conocimientos de forma activa, partiendo de las experiencias reales en conexión con sus conocimientos anteriores. Para los jóvenes, la experiencia real fue la construcción del modelo del efecto invernadero y la obtención de resultados. Los alumnos apelaron a sus conocimientos anteriores para tratar de explicar lo observado. Es importante destacar que el grado de motivación demostrado en el alumnado provocó en ellos la inquietud y la curiosidad de profundizar más sobre el tema.

### **2.3 - Los gases en la atmósfera**

En la *Gráfica 16* se observan las respuestas que dan los estudiantes a la pregunta de cómo están distribuidos los gases responsables del efecto invernadero en la atmósfera, junto con el porcentaje de estudiantes que se clasificaron en cada subcategoría.

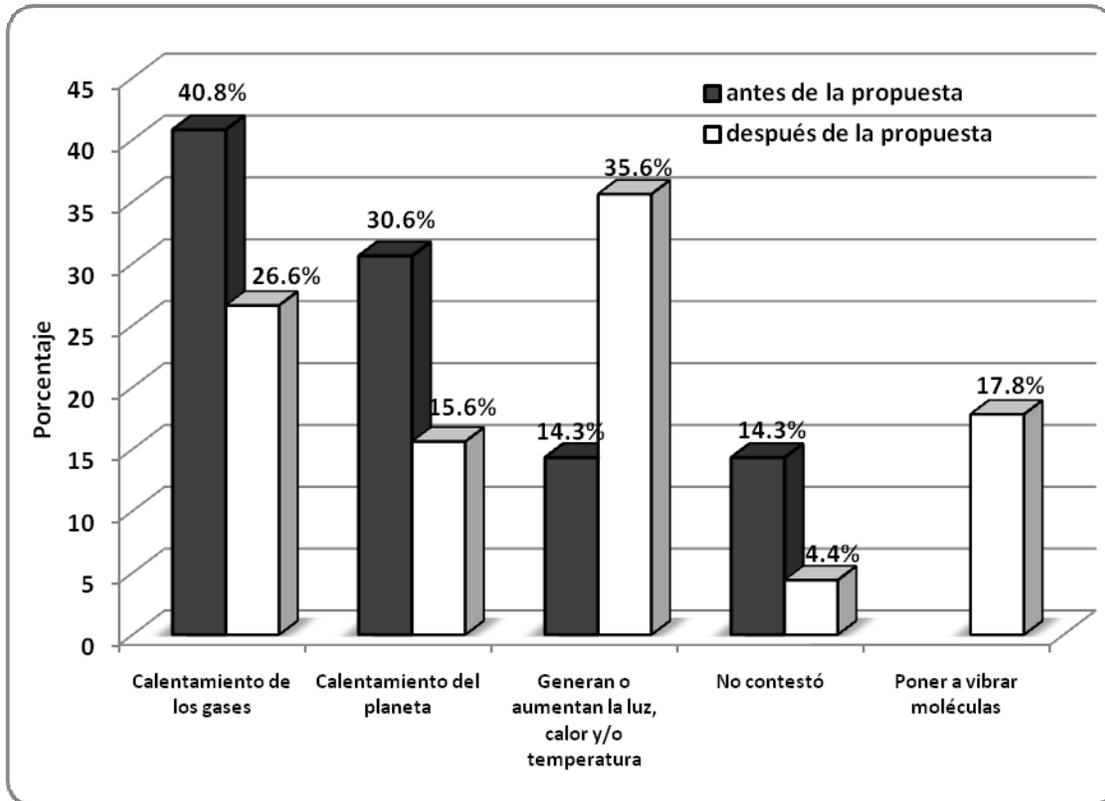


Gráfica 16 Porcentaje de alumnos que opinan sobre cómo se encuentran los gases responsables del efecto invernadero en la atmósfera.

El grupo de jóvenes que respondió que los gases están dispersos en la atmósfera aumentó ligeramente de 30.6% a 35.6% y el porcentaje de estudiantes cuya respuesta es *impidiendo que "salga" el calor a la atmósfera* disminuyó poco (de 42.8% a 33.3%). Por este ligero descenso no podemos afirmar que los estudiantes cambiaron sus concepciones alternativas, sino que incorporaron a sus ideas nuevos elementos al expresar que los gases se encuentran "dispersos", es decir, en toda la atmósfera. Este es un buen indicio que muestra que los estudiantes empiezan a reconocer el comportamiento de los gases.

## 2.4 - El papel de las radiaciones en el efecto invernadero

La Gráfica 17 muestra un comparativo de lo que expresan los estudiantes sobre cuál es el papel de las radiaciones en el efecto invernadero antes y después de trabajar la propuesta didáctica.

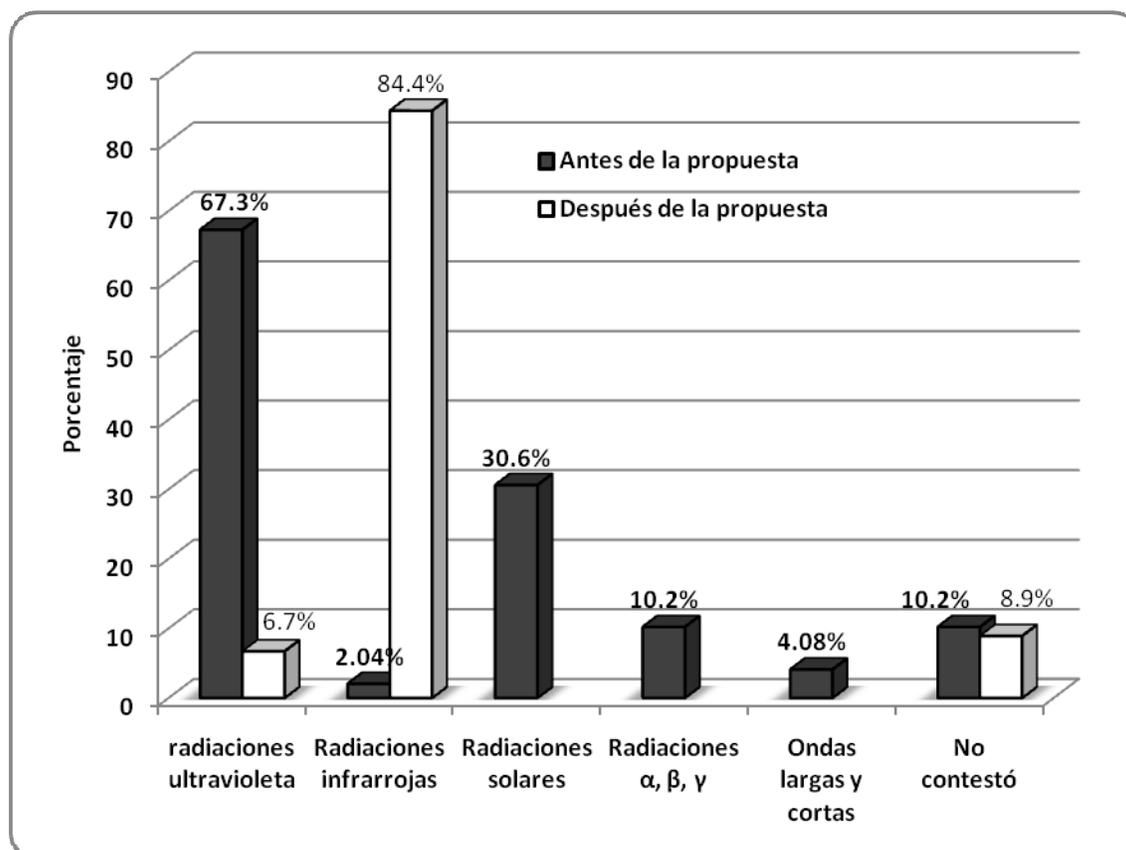


Gráfica 17 Porcentaje de alumnos que expresan cuál es la función de las radiaciones en el efecto invernadero antes y después de la propuesta didáctica.

El porcentaje de aprendices que dice que la función de las radiaciones es calentar a los gases, disminuyó después de la intervención didáctica (de 40.8% a 26.6%). Por otro lado, aumentó el porcentaje de alumnos que piensa que la función de las radiaciones es aumentar la luz, el calor y/o la temperatura (de 14.3% a 35.6%). La razón de este comportamiento podría ser que en el trabajo práctico “Modelando el efecto invernadero” se registraron mediciones de la temperatura cuando se expone la caja con tierra negra a una lámpara infrarroja y a una lámpara ultravioleta. Lo que observan los alumnos es una elevación de la temperatura; sin embargo, en sus explicaciones ellos adoptan de manera indistinta los términos “temperatura” y calor”. Esta es una concepción alternativa producto del lenguaje cotidiano que debe de ser abordado en el salón de clase abriendo un espacio especial para tratar este tema.

En esta pregunta resulta interesante la respuesta del 17.8% de la población total que contestó que las radiaciones ponen a vibrar a las moléculas. Esta idea surgió porque antes de iniciar el trabajo práctico, el profesor organizó una clase teórica sobre lo qué es el efecto invernadero. En ella se dio una breve explicación de este fenómeno a nivel molecular. Este resultado nos permite inferir que estos alumnos han empezado a comprender a nivel microscópico el efecto invernadero y transitan hacia conocimientos más cercanos a los científicos.

En la *Gráfica 18* se comparan los porcentajes de alumnos sobre cuáles son las radiaciones involucradas en el efecto invernadero.



*Gráfica 18* Porcentajes de alumnos antes y después de la propuesta didáctica donde mencionan el tipo de radiaciones responsables del efecto invernadero.

Después de trabajar la propuesta didáctica, los estudiantes que contestaron correctamente que las radiaciones infrarrojas son las responsables del efecto invernadero aumentó de 2.04% a 84.4%. Después de la propuesta no se presentaron respuestas que incluyeran a las radiaciones solares, a las radiaciones  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y a las ondas largas y cortas.

Uno de los objetivos principales al diseñar la propuesta didáctica fue que los estudiantes establecieran las diferencias entre el efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono. Una de las características que distingue a estos dos fenómenos es el tipo de radiación involucrada. Por ello, el trabajo práctico se diseñó de forma abierta para que los estudiantes respondieran a la pregunta que el profesor planteó desde el inicio de esta actividad:

*¿Cómo afectan la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta al efecto invernadero?*

El trabajo práctico cumplió los requisitos propuestos por De Jong (1998) para ser considerado como constructivista. Las características sugeridas por el autor son las siguientes:

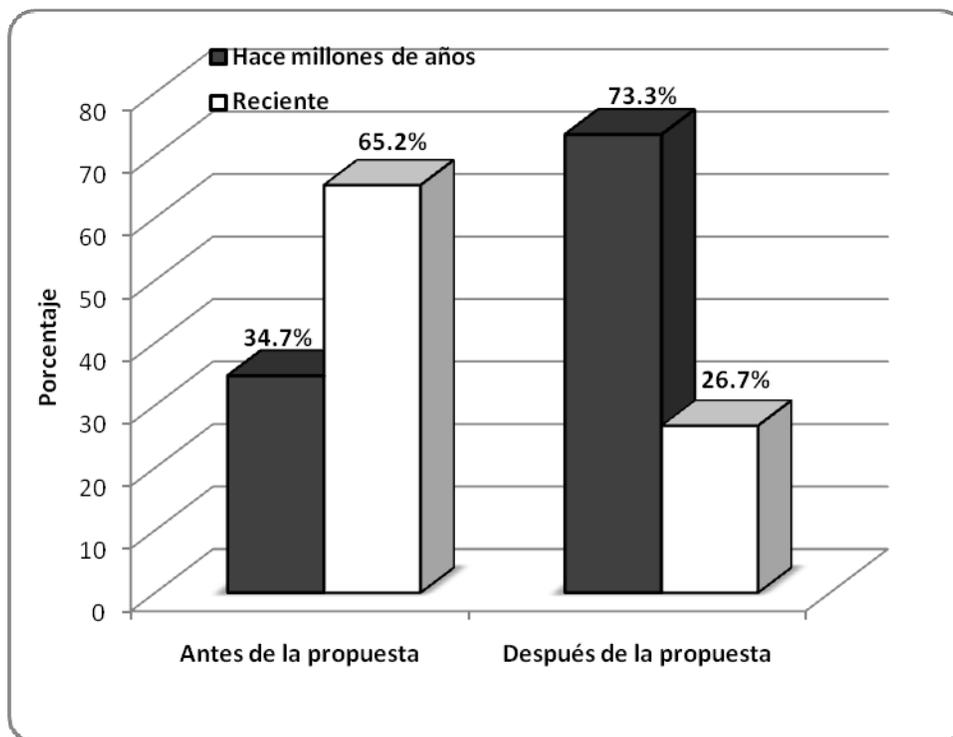
- a) formular una pregunta basándose en los conocimientos previos;
- b) proponer las soluciones probables;
- c) comprobar la solución;
- d) compartir y discutir los procedimientos y las soluciones finales.

Varios de los estudiantes se apropiaron del conocimiento al cumplir a cabalidad cada uno de los pasos anteriores, además de construir un esquema del efecto invernadero y medir el comportamiento de la temperatura al variar el tipo de radiaciones (ultravioleta e infrarroja). Por los resultados obtenidos podemos concluir que el trabajo práctico de forma semiabierto fue importante para el

aprendizaje de los estudiantes porque les permitió investigar, diseñar y proponer una metodología para contestar la pregunta guía.

## 2.5 - El efecto invernadero ¿es un fenómeno reciente?

En la *Gráfica 19* se muestra el porcentaje de los alumnos que piensan que el efecto invernadero es un fenómeno reciente y se compara con aquellos que piensan que lleva millones de años. En seguida se presentan los resultados de los estudiantes antes y después de trabajar con ellos.



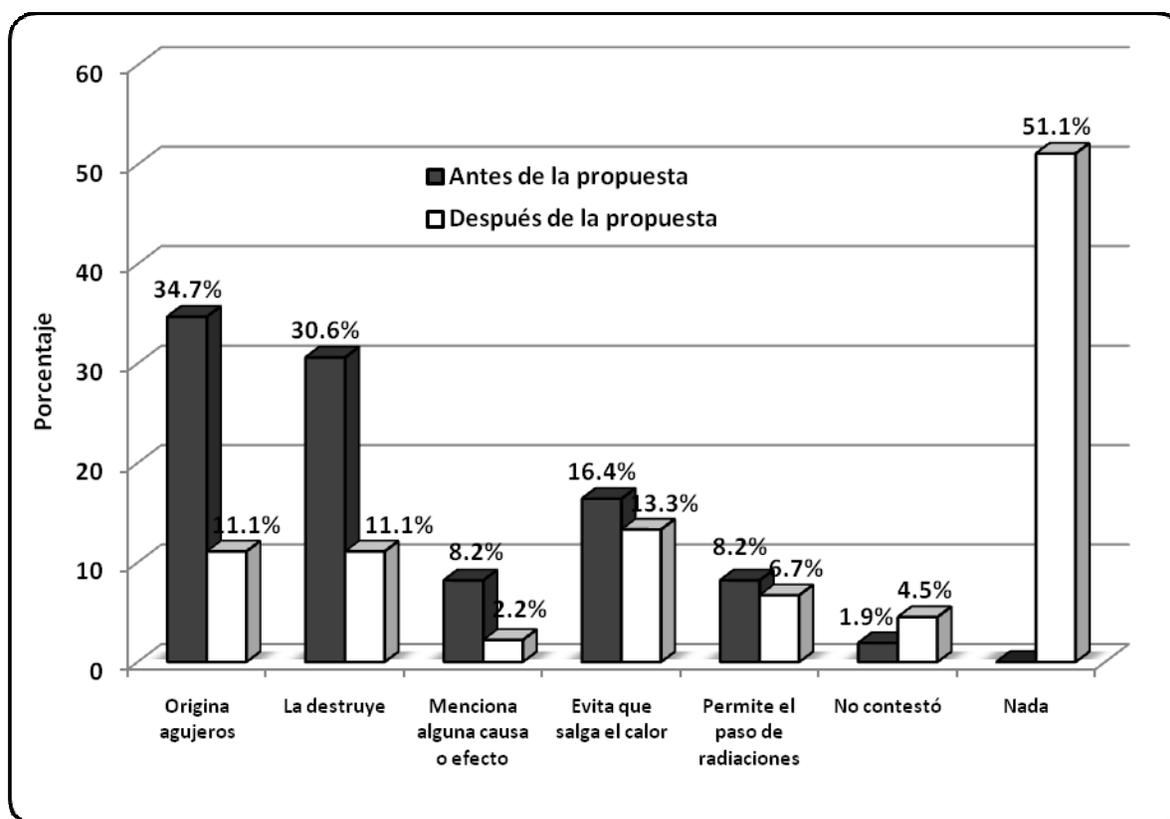
*Gráfica 19 Comparación de porcentajes de alumnos que opinan sobre la temporalidad en que se ha presentado el efecto invernadero.*

El porcentaje de alumnos que contestaron que es un fenómeno que lleva millones de años aumentó de 34.7% a 73.3%. Este cambio se atribuye a dos de las actividades planeadas. Por un lado, “Los glaciares... una historia que contar” (ver *Anexo A*), en la cual los alumnos responden a una serie de preguntas con base en la interpretación de gráficas. Esto permitió la reflexión acerca del paulatino

aumento de la temperatura y del dióxido de carbono hace millones de años, cuando no existía el hombre con sus actividades productivas complejas y por ende no había contaminación. En la otra actividad “El aliento de los dinosaurios” (ver Anexo A), se utilizaron esquemas y una serie de preguntas, que ayudaron a abordar la ley de la conservación de la materia en el ciclo del carbono, lo que permitió la discusión y crítica sobre el papel de la quema intensiva de los hidrocarburos en la atmósfera.

## 2.6 - La relación entre el efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono

Por último, en la *Gráfica 20* se aprecian los resultados acerca de las respuestas que expresan los alumnos sobre cómo afecta la capa de ozono al efecto invernadero antes y después de trabajar la propuesta didáctica.



*Gráfica 20 El porcentaje de las explicaciones que los alumnos dan acerca de cómo afecta a la capa de ozono el efecto invernadero.*

Lo interesante de esta gráfica es que el porcentaje de alumnos que afirmó que el efecto invernadero ocasiona agujeros en la capa de ozono (34.7%) o que la destruye (30.6%) disminuyó después de trabajar la propuesta didáctica. Con estas respuestas los alumnos reflejan que confunden ambos fenómenos. Después de trabajar con los estudiantes la propuesta didáctica, el porcentaje de alumnos que expresan que no afecta en nada corresponde al 51.1%. Consideramos que el trabajo práctico contribuyó a obtener este tipo de respuestas, porque al realizar mediciones de temperatura y utilizar una lámpara de luz ultravioleta se hace evidente que no interfiere este tipo de radiación en el efecto invernadero.

La solución de un problema a través de una pregunta guía demandó a los estudiantes: realizar una búsqueda bibliográfica, que propusieran una hipótesis y desarrollaran la metodología en el laboratorio para dar respuesta a la interrogante.

Los resultados obtenidos en esta exploración sugieren que este trabajo práctico:

- a) fomenta el trabajo en equipo;
- b) permite el desarrollo del diálogo, la argumentación, la tolerancia y la toma de decisiones;
- c) desarrolla en el estudiante la capacidad de análisis para resolver un problema,
- d) logra que los estudiantes abandonen su papel pasivo dentro del aula;
- e) reafirma el papel del profesor como un guía para el alumno.

Cabe aclarar que hemos elegido una estrategia didáctica para iniciar la enseñanza del efecto invernadero a nivel bachillerato, esto no implica que sea la mejor forma de enseñar ya que no existe la “mejor” manera; sin embargo, al planear la estrategia didáctica se consideraron los elementos que mencionamos en los capítulos anteriores para su construcción. Por lo anterior, la presente propuesta es

una invitación para que los profesores realicen estas actividades con sus alumnos y puedan ofrecer una forma distinta de ver el aprendizaje de la química.

Como final de este capítulo se hace un recuento de los resultados obtenidos después de la comparación entre los porcentajes de estudiantes que respondieron al cuestionario antes y después de la propuesta didáctica.

#### *Cuadro 9*

##### **Avances de los estudiantes con respecto a sus concepciones alternativas después de la aplicación de la estrategia didáctica**

Después de trabajar la propuesta didáctica con los estudiantes se observaron los siguientes avances:

- en la categoría donde los estudiantes incluyen a las radiaciones se detectó una subcategoría que agrupa a los alumnos que explican que una parte de la radiación la absorben los gases invernadero y otra sale de la atmósfera (24.4%);
- los estudiantes que mencionan al metano como otro de los gases responsables del efecto invernadero aumentó (del 12.4% al 40%);
- cuando se les pregunta a los estudiantes sobre cuál es el papel de las radiaciones en el efecto invernadero, el 17.8% contesta que la radiaciones ponen a vibrar a las moléculas, lo que nos permite inferir que estos alumnos han empezado a comprender el efecto de las radiaciones a nivel microscópico;
- aumentó el porcentaje de estudiantes que identifican a las radiaciones infrarrojas como las responsables del efecto invernadero (2.04% a 84.4%);
- después de las actividades aumentó el porcentaje de alumnos que reconocen al efecto invernadero como un fenómeno que lleva millones de años (34.7% a 73.3%);
- el 51.1% de alumnos respondió que la capa de ozono y el efecto invernadero no están relacionados.

Estos resultados están enfocados a la parte cuantitativa y podemos decir que el aprendizaje de los estudiantes mejoró en los aspectos mencionados anteriormente. También, esta propuesta didáctica ayudó a desarrollar varios de los aspectos contemplados en la alfabetización científica.

Uno de estos aspectos es el desarrollo de destrezas experimentales y la resolución de problemas. La forma semiabierta en que se diseñó el trabajo práctico contribuyó a que los estudiantes se enfrentaran a dar respuesta a la pregunta guía del experimento y para ello tuvieron que pensar, investigar y poner en práctica sus ideas; es decir, se promovió el acercamiento a la química desde la perspectiva de los científicos en donde no hay recetas que seguir sino más bien hay que indagar y experimentar. Para lograr este tipo de trabajo se partió de un tema común, el efecto invernadero, con el cual se motivó el interés de los estudiantes. Esto finalmente los llevó a desarrollar con entusiasmo su trabajo de aprendizaje.

También se promovió el desarrollo de actitudes y valores en los estudiantes al guiarlos hacia una reflexión de cómo benefician o perjudican sus acciones a nuestro planeta. Todo esto finalmente los llevará a tomar mejores decisiones.

# **Capítulo 4**

## **Conclusiones**

## CONCLUSIONES

Las concepciones alternativas detectadas con el instrumento diseñado fueron que los estudiantes:

- enumeran sólo una causa o consecuencia de este fenómeno (24.5%);
- confunden el efecto invernadero con el adelgazamiento de la capa de ozono (10.2%) o la inversión térmica (16.3%);
- explican que el calor se “queda atrapado” debido a los contaminantes (34.7%);
- identifican al dióxido de carbono como el único gas responsable del efecto invernadero (44.8%);
- reconocen al metano (12.4%) como otro gas responsable del efecto invernadero;
- asocian a las radiaciones con el calentamiento del planeta (31%);
- asocian a las radiaciones ultravioleta con el efecto invernadero (67.3%);
- piensan que el efecto invernadero es un proceso reciente (65.2%);

Algunas de las dificultades para realizar este trabajo fueron:

- la gran cantidad de estudiantes para desarrollar este tipo de actividades, donde se requiere una atención personalizada del profesor hacia los alumnos;
- el periodo de suspensión de clases debido a la influenza retrasó la aplicación final del cuestionario.

Después de trabajar la estrategia didáctica con los estudiantes consideramos que fue adecuada porque:

- el 24.4% de los estudiantes explican que una parte de la radiación la absorben los gases invernadero y otra sale de la atmósfera; al inicio ningún alumno daba esta explicación;
- el 40 % de los estudiantes mencionan al metano como otro gas responsable del efecto invernadero; antes de trabajar la propuesta didáctica tan solo el 12.4% de los estudiantes lo mencionaba;
- el 84.4% de los estudiantes identifican a las radiaciones infrarrojas como las responsables del efecto invernadero; al inicio este porcentaje era del 2.04%;
- aumentó el porcentaje de estudiantes que reconocen a efecto invernadero como un fenómeno que lleva millones de años (del 34.7% al 73.3%);
- el 51.1% de estudiantes no relaciona el efecto invernadero con el adelgazamiento de la capa de ozono; antes de trabajar esta propuesta todos los alumnos cometían este error.

Lo anterior nos indica que hubo una construcción gradual del conocimiento del efecto invernadero, es decir, los estudiantes después de la enseñanza formal adquirieron las herramientas que les permitieron explicar mejor este fenómeno.

Desde el punto de vista cualitativo, esta propuesta didáctica llevó a los estudiantes a acercarse a la química desde un evento cotidiano como lo es el efecto invernadero.

Por la forma en que se planearon las actividades se fomentó el trabajo cooperativo, la autonomía y la participación activa de los estudiantes. Esto los motivó y los llevó a realizar las actividades con entusiasmo y mucho interés, el

cual se reflejó en las plenarias organizadas de forma grupal destinadas a expresar sus dudas, sus hipótesis y sus conclusiones.

Desde el marco del constructivismo, la indagación de las concepciones alternativas de los estudiantes fue importante porque guió el diseño de la propuesta didáctica. De esta forma, los estudiantes confrontaron sus ideas e iniciaron el proceso de construcción del conocimiento hasta llegar a conclusiones que son más cercanas a las propuestas por los científicos.

La cantidad de estudiantes con la que se desarrolló la propuesta didáctica es una dificultad que refleja las condiciones normales de trabajo en el Escuela Nacional Preparatoria. El número de estudiantes que cada profesor debe atender es sin duda una debilidad de nuestro sistema educativo, que entorpece la aplicación de nuevas técnicas de enseñanza basadas en el constructivismo; sin embargo, con este trabajo mostramos que a pesar de estas dificultades es posible trabajar bajo esta perspectiva con los alumnos, obteniéndose buenos resultados. Por lo anterior es posible sugerir que hace falta generar más y mejores estrategias para abordar otros temas con un enfoque constructivista. Ese es el reto al que nos sumamos como docentes de una disciplina como la química, tan fascinante como complicada.

# **Bibliografía**

**BIBLIOGRAFÍA**

- Anderson 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
- Ausubel D., Novak, J.D. y Hanesian H. (1983). *Psicología Educativa*, México: Editorial Trillas.
- Boyes E. y Stanisstreet M. (1993), The greenhouse effect. Children's perception of causes, consequences and cures, *International Journal of Science Education*, **15**(5), 531-552.
- Boyes E., Stanisstreet, M. y Spiliotopoulou V. (1999), The ideas of Greek high school students about the "ozone layer", *Science Education*, **83**(6), 724-737.
- Bulwik M. y Lastres L. (1995), El efecto invernadero en la clase de Química, *Educación química*, **6**(3), 186-192.
- Cambio climático en México. Consultada por última vez en noviembre 2, 2009 en [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/mapasitio.html](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/mapasitio.html)
- Campanario J. y Moya A. (1999), ¿Cómo enseñar ciencias?, *Enseñanza de las ciencias*, **17**(2), 179-192.
- Carrascosa J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, **2**(2), 183-208. Consultada por última vez en noviembre 9, 2009, [http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero\\_2\\_2/Carrascosa\\_2005A.pdf](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_2/Carrascosa_2005A.pdf)
- Carretero M. (2002). *Construir y enseñar. Las ciencias experimentales*, Buenos Aires: Aique Grupo Editor.
- Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Consultada por última vez en noviembre 2, 2009 en <http://www.atmosfera.unam.mx/cclimatico/index.html>
- 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.
- De Jong O. (1998), Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones, *Enseñanza de las ciencias*, **16**(2), 305-314.
- Delval J. (2001), Hoy todos somos constructivistas. *Educere* **5**(15), 353-359, Consultada por última vez en noviembre 9, 2009 en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/356/35651520.pdf>

- Driver R., Guesne E. y Tiberghien A. (1999), *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Ed. Morata.
- Dunnivant F., Moore A., Alfano J., Brzenk R., Buckley P. y Newman M. (2000), Understanding the greenhouse effect: Is global warming real, *Journal Chemical Education*, **77**(12), 1602, 1603
- Ekborg M. y Areskoug (2006), How student teachers' understanding of the greenhouse effect develops during a teacher education programme. *NorDiNa*, 5, 17-29. Consultada por última vez en noviembre 9, 2009, [http://www.naturfagsenteret.no/tidsskrift/Nordina\\_506\\_Ekborg\\_Areskoug.pdf](http://www.naturfagsenteret.no/tidsskrift/Nordina_506_Ekborg_Areskoug.pdf)
- El interés de la paleoclimatología. Consultada por última vez en noviembre 2, 2009 en [http://portal.aragon.es/portal/page/portal/MEDIOAMBIENTE/CALIDAD\\_AMBIENTAL/CCLIMA/ATLAS/ATLAS/5.1.PDF](http://portal.aragon.es/portal/page/portal/MEDIOAMBIENTE/CALIDAD_AMBIENTAL/CCLIMA/ATLAS/ATLAS/5.1.PDF)
- Environmental knowledge for Change. Consultada por última vez en noviembre 2, 2009 en <http://www.grida.no/publications/vg/climate/>
- Flores F. y Gallegos L. (2009), El cambio conceptual, su origen, desarrollo y significado en la enseñanza de la ciencia. En Bello, S. (coordinadora). *Hacia el cambio conceptual en el enlace químico*, (pp 12-34). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Furió C., Vilches A., Guisasola J. y Romo V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica?, *Enseñanza de las ciencias*, **19**(3), 365-376.
- Galagovsky, L. (2005), La enseñanza de la química pre-universitaria: ¿qué enseñar, cómo, cuánto, para quiénes?, *Revista Química Viva* **4**(1), 8-22. Consultada por última vez en noviembre 9, 2009, <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/863/86340102.pdf>
- García A. (2003). Las concepciones de los estudiantes de bachillerato acerca del enlace químico. Tesis para obtener el grado de maestra en pedagogía, Facultad de filosofía y Letras, UNAM.
- García A. (2007). Representaciones múltiples de la estructura de la materia en estudiantes de secundaria y bachillerato. Tesis para obtener el grado de doctora en pedagogía, Facultad de filosofía y Letras, UNAM.
- García A. Garritz A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: El estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, **24**(1), 111-124.
- García A. Garritz A. y Chamizo J. (2009), Enlace Químico. Una aproximación constructivista a su enseñanza. En Bello S. (coordinadora). *Hacia el cambio conceptual en el enlace químico*, (pp 93-147). Universidad Nacional Autónoma de México.

- Garritz A. y Chamizo J. (2001). *Química*. México: Editorial Addison Wesley.
- Gautier C., Deutsch K. y Rebich S. (2006). Misconceptions about the greenhouse effect, *Journal of geoscience education*, **54**(3), 386-395.
- Gilbert, J., Osborne R. y Fensham P (1982), Children' science and its consequences for teaching, *Science Education*, **66**(4), 623-633
- Greenhouse effect. Consultada por última vez en noviembre 9, 2009, <http://www.energyeducation.tx.gov/pdf/43binv.pdf>.
- Henriksen E., Jorde D. (2001), High school students' understanding of radiation and the environment: can museums play a role?, *Science education*, **85**(2), 189-206.
- Hewitt P. (1999). *Física conceptual*. México: Addison Wesley Longman.
- Hewson P. y Beeth M. (1995), Enseñanza para un cambio conceptual: ejemplos de fuerza y movimiento. *Enseñanza de las ciencias*, **13**(1), 25-35.
- Hillman M., Stanisstreet M. y Boyes E. (1996), Enhancing understanding in student teachers: The case of auto-pollution, *Journal of education for Teaching*, **22**(3), 311-325.
- Intergovernmental panel of climate on climate change. Consultada por última vez en noviembre 2, 2009 en <http://www.ipcc.ch/index.htm>
- Khalid T. (2003), Pre-service high school teachers' Perceptions of here environmental phenomena, *Environmental education research*, **9**(1), 35-46.
- Kind V. (2004). *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México: Aula Siglo XXI/Santillana.
- Koulaidis V. y Christidou V. (1999), Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implication,. *Science education*, **83**(5), 559-576.
- Kriner, A., Castorina J. y Cerne V. (2003). El "adelgazamiento de la capa de ozono": algunos obstáculos para su aprendizaje. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, **2**(2). Consultada por última vez en noviembre 9, 2009, <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero2/Art4.pdf>
- Marín, N., Solano I. y Jiménez E (1999). Tirando del hilo de la madeja constructivista, *Enseñanza de las ciencias*, **17**(3), 479-492.
- Marín, N. (2003), Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las ciencias*, número extra, 43-55.
- Mayer M. (1998), Educación ambiental: de la acción a la investigación. *Enseñanza de las ciencias*, **16**(2), 217-231.

¿Qué es la paleoclimatología? Consultada por última vez en noviembre 2, 2009 en <http://wdc.cricyt.edu.ar/paleo/es/primer.html>

Okhee L., Lester B., Ma L., Lambert J. y Jean-Baptise M. (2007), Conceptions of the greenhouse effect and global warming among elementary students from diverse languages and cultures, *Journal of geosciences education* **55**(2), 117-125.

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.

Papageorgiou G. y Tsiropoulou S., (2004), The impact of experiments on students' knowledge and explanations of significant aspects of the greenhouse effect, *Journal of Science Education* **5**(1), 28-33

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

Pozo J. y Gómez M. (2006). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Editorial Morata.

Sánchez G., De Pro Bueno A. y Valcárcel M. (1997), La utilización de un modelo de planificación de unidades didácticas: El estudio de las disoluciones en la educación secundaria, *Enseñanza de las ciencias*, **15**(1), 35-50.

Sánchez G. y Valcárcel M. (1993), Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales, *Enseñanza de las ciencias*, **11**(1), 33-44.

Sanmartí N (2007). Hablar, leer y escribir para aprender ciencia. En Álvarez T., Fernández P. (coordinadores). *La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo*, (pp 103-128). Ministerio de Educación, Cultura y Deportes, Secretaría General Técnica, España.

Sanmartí N. y Alimenti G. (2004), La evaluación refleja el modelo didáctico: Análisis de actividades de evaluación planteadas en clases de química, *Educación Química* **15**(2), 120-128.

Sanmartí N., Márquez C. y García P. (2002), Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias, *Aula de Innovación Educativa*, 113, 8-14.

Silver J. (2008), *Global warming & climate change desminysified. A self-teaching guide*. New York: Mc Graw Hill.

Taylor N. y Lyons, T., (2008), Effective Earth and space science analogies, en Harrison A., Coll R. editores. *Using analogies in middle and secondary science classrooms*. California: Corwing Press.

Solomon S., Qin D. y Manning M., (ed). *Climate Change 2007. The physical science basis*. Cambridge University, Press.

Trinidad-Velasco R. y Garritz A. (2003), Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia, *Educación química* **14**(2), 92-105.

Wandersee J., Mintzes J. y Novak J. (1994). Research on alternative conceptions in science. En Gabel D.L., (ed) *Handbook of research on science teaching and learning*, (pp. 177-210), Nueva York: Macmillan Publishing Company.

**Anexo A**

**Guía para el profesor**

## Descripción de las actividades

En esta sección se encuentra desarrollada la propuesta didáctica en forma detallada. Ésta se presenta en dos versiones: una para el profesor y otra para el alumno.

En esta versión para el profesor se hacen recomendaciones para facilitar la función del docente como guía en el salón de clase. Cada actividad incluye los objetivos, las habilidades que el alumno desarrollará, los materiales requeridos para la actividad, el tiempo aproximado de realización, las concepciones alternativas que podrían interferir en el aprendizaje, el procedimiento y algunas de las respuestas que pueden esperarse por parte de los estudiantes.

La actividad ***El aliento de los dinosaurios*** consta de dos dinámicas. En la primera los alumnos relacionan el ciclo del carbono con la ley de la conservación de la materia. Los estudiantes trabajan con material impreso que contiene varios esquemas. En cada uno deben de explicar de dónde proviene el carbono. Al finalizar esta actividad se sugiere concluir con una discusión grupal.

La segunda dinámica hará reflexionar a los estudiantes sobre las distintas fuentes de dióxido de carbono y el papel de las reacciones de combustión en este ciclo. El material presenta un esquema con varios dibujos, donde el estudiante debe indicar con flechas cuál es el flujo del carbono. Con las preguntas que se incluyen los alumnos reflexionarán sobre las repercusiones del uso de los combustibles fósiles. Al finalizar esta actividad se encuentra información para el profesor acerca de las transformaciones del carbono en este ciclo.

El objetivo del trabajo práctico ***“Modelando el efecto invernadero”*** es que los estudiantes diseñen un experimento para responder una pregunta que los llevará a reflexionar sobre el papel de la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta en el efecto invernadero. En el protocolo para el profesor se detalla la metodología y las

recomendaciones para guiar a los alumnos durante la realización del experimento. Es un trabajo semiabierto porque se sugiere que el profesor le proporcione al estudiante el material que ocupará para el diseño del mismo. También se propone una autoevaluación para el alumno así como la ponderación que puede hacer el profesor respecto al trabajo desempeñado por los estudiantes. Además se brinda información acerca de la analogía que se sugiere utilizar para explicar el efecto invernadero.

***Los glaciares...una historia que contar*** es una actividad diseñada para que los alumnos reflexionen acerca de cuáles son los gases involucrados en el efecto invernadero, las repercusiones en la naturaleza de este fenómeno, los principales países productores de dióxido de carbono, las actividades humanas que generan los gases invernadero, así como la responsabilidad de cada uno de nosotros en la producción de dióxido de carbono. El material para los estudiantes contiene una serie de gráficas con preguntas que los guiarán en una discusión por equipo y finalmente grupal. Para las conclusiones grupales se sugiere el uso de acetatos como apoyo en la explicación de los estudiantes. La elaboración de un ensayo a partir de las ideas discutidas en la plenaria se recomienda como una evaluación para los alumnos. En el material para el profesor se incluyen los parámetros para elaborar el ensayo. Como apoyo para el profesor hay información disponible acerca de las investigaciones hechas por los científicos sobre los gases que formaban la atmósfera hace miles de años.

## El aliento de los dinosaurios

### Objetivos:

Al finalizar esta actividad, los alumnos tendrán la capacidad de contestar las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las principales fuentes naturales que producen dióxido de carbono?
- ¿De qué forma el uso de combustibles fósiles afecta el ciclo del carbono?
- ¿Qué otras actividades humanas modifican el ciclo del carbono?
- ¿Cómo se relaciona el ciclo del carbono con la ley de la conservación de la materia?

### Habilidades que el alumno deberá desarrollar:

A través de esta actividad el alumno desarrollará habilidades como el trabajo en equipo, la capacidad de diálogo para establecer discusiones y obtener conclusiones, y la expresión oral de sus ideas frente al grupo.

### Materiales

Hojas de trabajo

### Tiempo aproximado

Una sesión de 50 minutos

### Antecedentes

Una concepción alternativa ampliamente difundida entre los alumnos acerca del efecto invernadero es que lo piensan como un fenómeno reciente. Esta actividad tiene como objetivo analizar el ciclo del carbono para que los estudiantes:

- reconozcan que el dióxido de carbono se encuentra en la atmósfera terrestre desde hace millones de años;
- identifiquen las fuentes naturales del carbono;
- entiendan de qué manera las actividades humanas alteran este ciclo;
- reflexionen acerca de los efectos del uso intensivo de los combustibles fósiles;
- relacionen al ciclo del carbono con la ley de la conservación de la materia.

### Procedimiento

Esta actividad está diseñada para realizarse en equipos de trabajo de dos estudiantes.

El profesor entregará a cada equipo el material impreso.

## **Actividad 1**

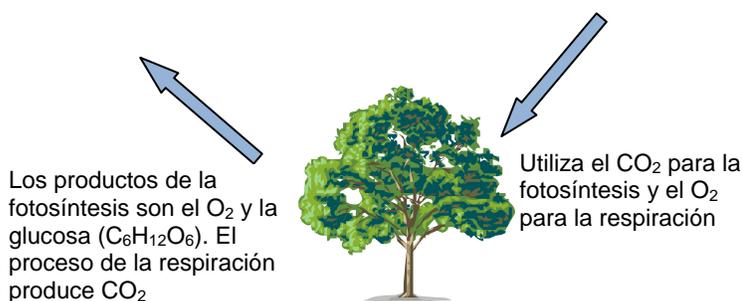
El propósito es que los alumnos identifiquen algunas de las transformaciones químicas del carbono.

En la primera hoja se muestran esquemas de cosas relacionadas con el ciclo del carbono. En cada uno de ellos hay flechas que indican el flujo de materia en este ciclo. Se pedirá al estudiante que explique qué sucede con el carbono. Los estudiantes deberán relacionarlo con la ley de la conservación de la materia. A continuación se muestran algunas de las respuestas que se esperan para que el profesor vaya guiando la discusión en este sentido.

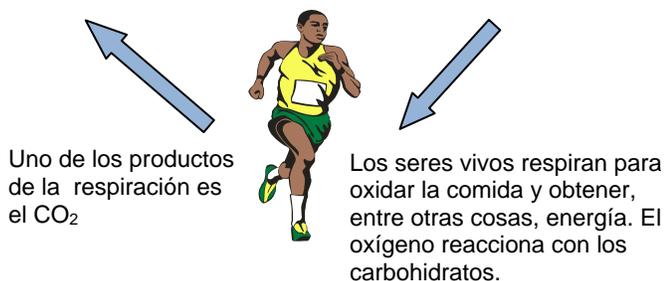
### **Hoja de trabajo 1**

En los siguientes esquemas se observan algunos ejemplos que involucran transformaciones del dióxido de carbono en otros compuestos. Explica en cada caso, de dónde proviene el carbono.

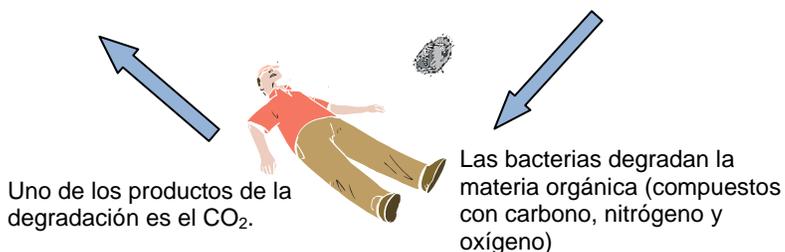
En la fotosíntesis las plantas utilizan el  $\text{CO}_2$  para sintetizar glucosa y oxígeno. La glucosa es el monómero de la celulosa que sirve como tejido de sostén de las plantas. Las plantas también respiran y utilizan el oxígeno. Uno de los productos de la respiración es el  $\text{CO}_2$



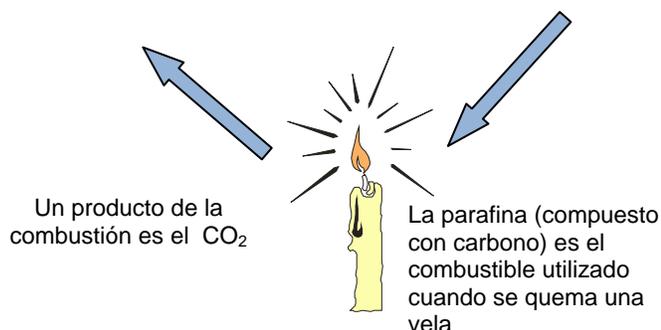
Durante la respiración se llevan a cabo un conjunto de reacciones químicas mediante las cuales se obtiene energía a partir de la degradación de azúcares. Uno de los productos de estas reacciones es el  $\text{CO}_2$ .



Los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica producen  $\text{CO}_2$ , agua, minerales y sustancias complejas. El conjunto de éstas se denomina humus.



Para que se realice la reacción de combustión es necesario el oxígeno, el combustible (fuente de carbono) y una chispa. Uno de los productos de la reacción es el dióxido de carbono



En los esquemas mostrados ¿se cumple la ley de la conservación de la materia?  
Si

Elije un ejemplo para justificar tu respuesta En esta pregunta se busca que los alumnos expliquen la ley de la conservación de la materia con alguno de los casos anteriores. Los estudiantes, por ejemplo, deben mencionar que el carbono que se desprende en forma de dióxido de carbono en la combustión de una vela se encuentra presente en la parafina.

Durante 10 minutos, los alumnos discutirán con su pareja de trabajo cada una de las respuestas. Una vez transcurrido el tiempo, el profesor elegirá a distintos equipos para que expongan sus conclusiones. Se propone que la elección de los ponentes sea al azar.

Esta discusión se puede hacer al final, después de realizar las dos actividades.

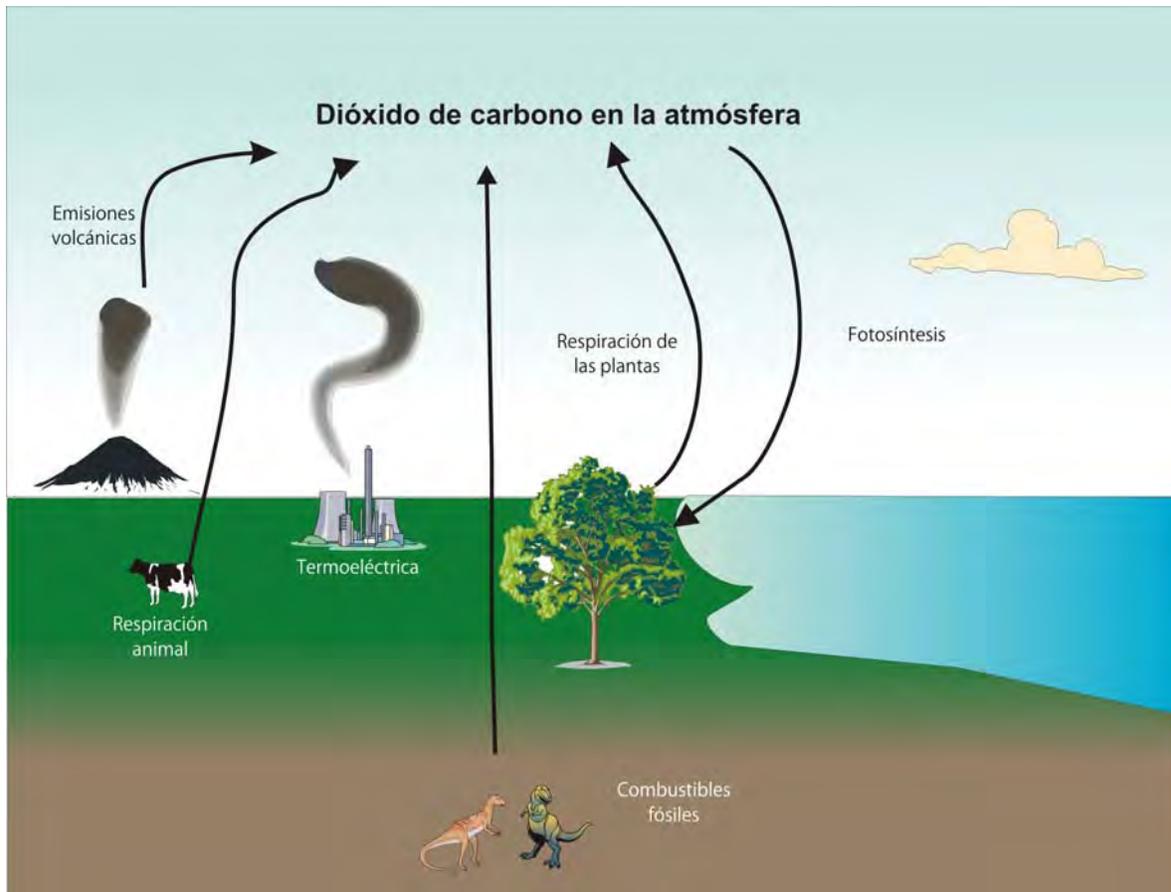
### Actividad 2

A cada equipo se le entregará un esquema del ciclo del carbono en donde se incluyen algunas de sus posibles fuentes. Los estudiantes deberán señalar con flechas los flujos que tiene el carbono en este ciclo. El esquema estará acompañado por una serie de preguntas que servirán como guía para la discusión final.

## Hoja de trabajo 2

Esta actividad se sugiere hacerla con equipos de dos personas. Se presentan a continuación algunas de las respuestas esperadas de los alumnos.

En el siguiente esquema se encuentran algunas fuentes de dióxido de carbono. Por medio de flechas, señala el flujo del carbono en este ciclo.



Cuando termines con el esquema, contesta las siguientes preguntas.

1. ¿Por qué piensas que los dinosaurios están incluidos dentro de este esquema? Porque a partir de ellos se formaron los combustibles fósiles que, al quemarse, son una de las principales fuentes de CO<sub>2</sub> en la atmósfera de hoy
2. ¿De qué manera influyen en el ciclo del carbono las actividades humanas? Da un ejemplo para sustentar tu respuesta. Aumentando la cantidad de CO<sub>2</sub>. Por ejemplo, para producir la electricidad que llega a nuestras casas se queman combustibles fósiles. Éstos se utilizan para calentar agua cuyo vapor mueve las turbinas que generan la corriente eléctrica. Sólo un

porcentaje muy pequeño de electricidad se obtiene a partir de las hidroeléctricas y de las nucleoeeléctricas.

3. ¿Cómo impacta el uso de combustibles fósiles al ciclo del carbono?  
Elevando los niveles de CO<sub>2</sub>
4. El pasado 28 de marzo, México se unió al evento internacional “La Hora del Planeta”. Esta es una iniciativa a nivel mundial dedicada a tomar acciones ante el cambio climático. Este evento consistió en apagar las luces durante una hora de nuestros hogares, negocios y edificios gubernamentales. Con esto se pretende empezar a asumir nuestra responsabilidad para así empezar a involucrarnos con el futuro de nuestro planeta. ¿De qué forma piensas que afectó al ciclo de carbono la “Hora del Planeta”?  
Disminuyendo las emisiones de dióxido de carbono a la Tierra, al dejar de consumir electricidad por una hora
5. El dióxido de carbono es uno de los gases responsables del efecto invernadero. Después de analizar el ciclo del carbono, ¿consideras que el efecto invernadero es un fenómeno reciente o más bien es un fenómeno que se lleva a cabo desde hace millones de años? Justifica tu respuesta  
La producción de CO<sub>2</sub> lleva mucho tiempo, ya que las erupciones volcánicas se han manifestado antes de que el ser humano existiera sobre la Tierra.
6. Explica con base en el esquema si en el ciclo del carbono se cumple la ley de la conservación de la materia.  
Si se cumple, porque sólo se está transformando. Por ejemplo, durante la fotosíntesis, las plantas sintetizan la glucosa a partir del CO<sub>2</sub>. Las plantas también respiran y durante este proceso obtienen energía a partir de la degradación de la glucosa. Un producto de la respiración es el CO<sub>2</sub> que regresa a la atmósfera
7. Si se cumple la ley de la conservación de la materia en el ciclo del carbono, ¿Por qué la cantidad de dióxido ha aumentado en los últimos años?  
Los combustibles fósiles son sumideros de carbono, es decir, son compuestos de carbono que se pueden almacenar por miles de millones de años. En la actualidad ha aumentado la quema de los combustibles fósiles como producto de la actividad humana. Esto ha originado que se produzca mayor cantidad de dióxido de carbono que se emite a la atmósfera, donde se acumula.

Después de discutir los alumnos las respuestas con su equipo de trabajo, el profesor elegirá a distintos equipos para que expongan sus conclusiones. Se propone que la elección de los ponentes sea al azar.

A continuación se presenta parte de la información que se puede utilizar con los estudiantes sobre el tema:

*El dióxido de carbono constituye el 0.03% de la composición atmosférica terrestre y juega un papel crucial en el mantenimiento de la vida en la Tierra. En la naturaleza existe un equilibrio entre los procesos que lo producen y aquellos que lo consumen.*

*Algunas de las fuentes de dióxido de carbono son:*

- *Durante la fotosíntesis se producen carbohidratos que ingieren los animales cuando se alimentan de plantas. Las plantas y los animales convierten los carbohidratos en dióxido de carbono que después es liberado a la atmósfera como producto de desecho de la respiración.*
- *Cuando las plantas y los animales mueren, las bacterias degradan los compuestos orgánicos a otros más simples como el dióxido de carbono.*
- *Las actividades humanas influyen en el flujo del dióxido de carbono. Actualmente se emiten 30 Gt de este gas por año (treinta mil millones de toneladas). Una de las principales causas es el uso de los combustibles fósiles. Estos son recursos energéticos no renovables que se formaron de la descomposición de restos fósiles expuestos a altas presiones y temperaturas. Al morir los organismos, sus restos se depositaron y acumularon en el lecho de las plataformas continentales, quedando sepultados por los sedimentos provenientes de la tierra firme. Esta situación generó un ambiente anaerobio que favoreció la formación de un barro rico en materia orgánica, que en el transcurso de millones de años se transformó en petróleo.*

*El ciclo del carbono involucra una transformación de la materia en la atmósfera, los océanos, las rocas y en los organismos vivos y muertos. Los átomos de carbono se intercambian permanentemente entre todas estas fuentes. Por ejemplo, cada vez que exhalamos aire, liberamos dióxido de carbono de nuestros pulmones a la atmósfera. Este compuesto contiene átomos de carbono de las plantas y animales que comemos. Los átomos de carbono que hoy están en nuestro cuerpo, anteriormente podrían haber estado en distintas plantas y animales, quizás hasta en dinosaurios y otras criaturas que ya se extinguieron.*

*El dióxido de carbono es el principal gas responsable del efecto invernadero y del cambio climático. La prevención del cambio climático exige mantener los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera por debajo de un cierto nivel, que actualmente ya superamos. Para volver a un estado óptimo, o, en cualquier caso, para estabilizar los niveles de CO<sub>2</sub>, podemos reducir las emisiones de este gas a la atmósfera por medio de tres mecanismos: quemar menos*

*combustibles fósiles, capturar el gas de la atmósfera o fijarlo en la biósfera. Este último mecanismo es el que corresponde a los sumideros de carbono.*

*Un sumidero es un ecosistema capaz de absorber más CO<sub>2</sub> del que emite, actuando como una trampa de carbono, por ejemplo la vegetación terrestre.*

*Las plantas, al mismo tiempo que absorben CO<sub>2</sub> a través de la fotosíntesis, también lo emiten mediante su respiración pero en menor cantidad, por lo que el saldo neto de emisión es negativo, contribuyendo así a la reducción de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera a través de los denominados reservorios de carbono; sin embargo, el almacenamiento de carbono en los bosques tiene un carácter temporal, ya que el CO<sub>2</sub> almacenado en la biomasa vuelve a la atmósfera cuando se produce la deforestación o los incendios forestales.*

*El almacenamiento del carbono en el suelo se produce a través de la formación y descomposición de la materia orgánica capaz de almacenar el carbono durante milenios. De esta forma, los suelos constituyen un sumidero permanente.*

*Los depósitos de gas natural, petróleo y carbón sin explotar han sido por millones de años sumideros de carbono. El desequilibrio empezó con la extracción y la quema de estos combustibles.*

## Trabajo práctico

### Modelando el efecto invernadero

#### Objetivos:

Al final de esta actividad los alumnos tendrán la capacidad de contestar las siguientes preguntas:

- ¿Qué condiciones son necesarias para que se presente el efecto invernadero?
- ¿Cuál es el papel que juegan la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta en el efecto invernadero?

#### Habilidades que el alumno deberá desarrollar:

A través de este trabajo práctico, el alumno desarrollará habilidades como trabajar en equipo, establecer hipótesis, diseñar un experimento, identificar las variables que intervienen en el efecto invernadero, elaborar e interpretar gráficas y obtener conclusiones.

#### Tiempo aproximado

Cuatro sesiones de 50 minutos.

#### Antecedentes

Una de las concepciones alternativas de los estudiantes sobre el efecto invernadero es que por los “agujeros” que existen en la capa de ozono “entran” los rayos ultravioleta y al llegar a la superficie terrestre “rebotan”. Además explican que los rayos no pueden salir al espacio exterior porque lo impiden los gases producidos por la contaminación, o también piensan que la misma capa de ozono evita que salga la radiación, lo que ocasiona el calentamiento global.

La finalidad de esta actividad es que los alumnos:

- construyan un modelo del efecto invernadero para explicar este fenómeno;
- identifiquen las variables importantes para reconocer el efecto invernadero;
- deduzcan el papel que juegan la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta en el efecto invernadero.

#### Antes del trabajo práctico

Esta actividad está concebida como un trabajo práctico semiabierto donde los alumnos tendrán que proponer el diseño y estructura del experimento con la ayuda del profesor.

Como primer paso, el maestro explicará que la actividad consiste en diseñar la metodología para poder contestar la siguiente pregunta:

*¿Cómo afectan la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta al efecto invernadero?*

Para el diseño del experimento el maestro mostrará a los alumnos el material que podrán utilizar. La finalidad de esta acción es que los alumnos decidan los posibles ajustes a la metodología propuesta.

El profesor solicitará a los estudiantes que consulten la página en internet <http://www.energyeducation.tx.gov/pdf/43binv.pdf>.

En esta página se muestra un trabajo práctico muy semejante al que llevarán a cabo los estudiantes; sin embargo, deberán adaptar el procedimiento para contestar la pregunta guía que se planteó desde el inicio.

El profesor le entregará a cada equipo un formato con tres preguntas que orientarán el diseño de su experimento, y les solicitará a los alumnos el diseño de una tabla para el registro de los datos.

### Para el alumno

**Pregunta guía**  
**¿CÓMO AFECTAN LA RADIACIÓN INFRARROJA Y LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA AL EFECTO INVERNADERO?**

<p><b>1. ¿Qué vamos a hacer?</b> <i>En esta parte se espera que los alumnos enumeren el material y expliquen con detalle el procedimiento que realizarán para contestar la pregunta guía de este trabajo práctico.</i></p>	<p><b>2. ¿Cuáles son las variables a medir?</b> <i>Los alumnos definirán las variables que van a medir. En este caso son el tiempo y la temperatura.</i></p>	<p><b>3. ¿Qué crees que pasará en cada caja de cartón?</b> <i>Cada equipo elaborará su hipótesis. Tendrán que incluir lo que esperan que suceda con la temperatura en ambas cajas.</i></p>
--	--	--

A continuación se presenta el procedimiento de este trabajo práctico. Con este material escrito, el profesor podrá guiar el diseño del experimento de los alumnos.

En este trabajo práctico es necesario utilizar una lámpara de luz ultravioleta y otra de luz infrarroja para comparar los resultados.

## Modelando el efecto invernadero

### Materiales

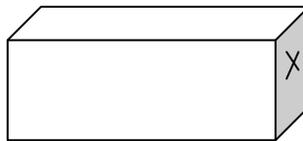
2 cajas de cartón (20 x 10 x 6 cm)  
 1 bolsa de plástico transparente  
 2 termómetros de mercurio  
 1 soporte universal  
 1 pinza de tres dedos  
 1 cronómetro  
 1 lámpara con foco infrarrojo  
 1 lámpara con luz ultravioleta  
 1 balanza  
 Tijeras  
 Cinta adhesiva  
 Papel milimétrico

### Sustancias

tierra negra

### Procedimiento

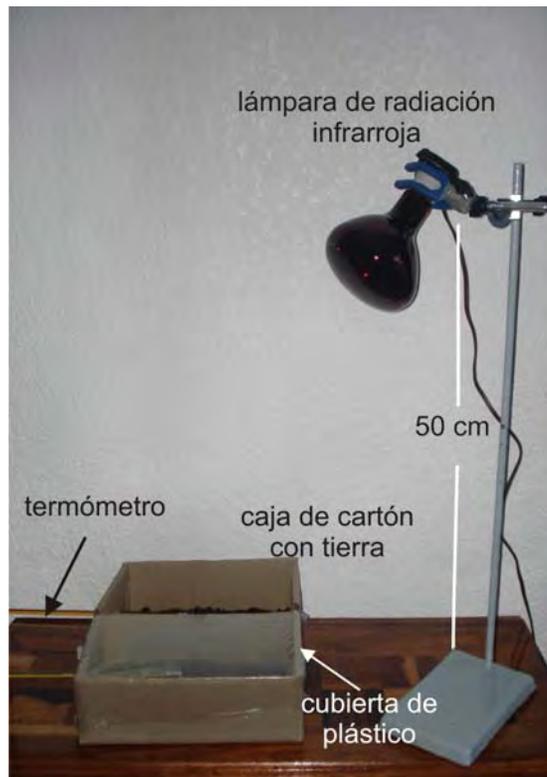
1. Hacer un corte de 0.5 cm en el centro de una cara, como se muestra con una **X** en la Figura 1.



*Esquema para hacer la hendidura a la caja e introducir el termómetro*

2. Introducir un termómetro por la hendidura que se le hizo a la caja.
3. El termómetro debe quedar suspendido dentro de la caja sin que toque ninguna pared.
4. El bulbo del termómetro debe quedar por dentro más o menos a la mitad de la caja. Hacer el mismo procedimiento con la segunda caja.
5. Colocar en cada caja 100 g de tierra negra.
6. Fijar la lámpara de infrarrojo o ultravioleta con la pinza de tres dedos al soporte universal a una altura de 50 cm (ver la fotografía).
7. Cubrir una caja con la bolsa de plástico y sujetarla con cinta adhesiva a las paredes de la caja.
8. Para realizar las mediciones de la temperatura, la escala del termómetro debe quedar fuera de la caja.
9. Medir la temperatura en cada una de las cajas. Esta será la temperatura inicial.
10. Situar las cajas como se muestra en la fotografía.
11. Orientar la lámpara infrarroja o ultravioleta, según sea el caso, de tal forma que proporcione luz a ambas cajas.

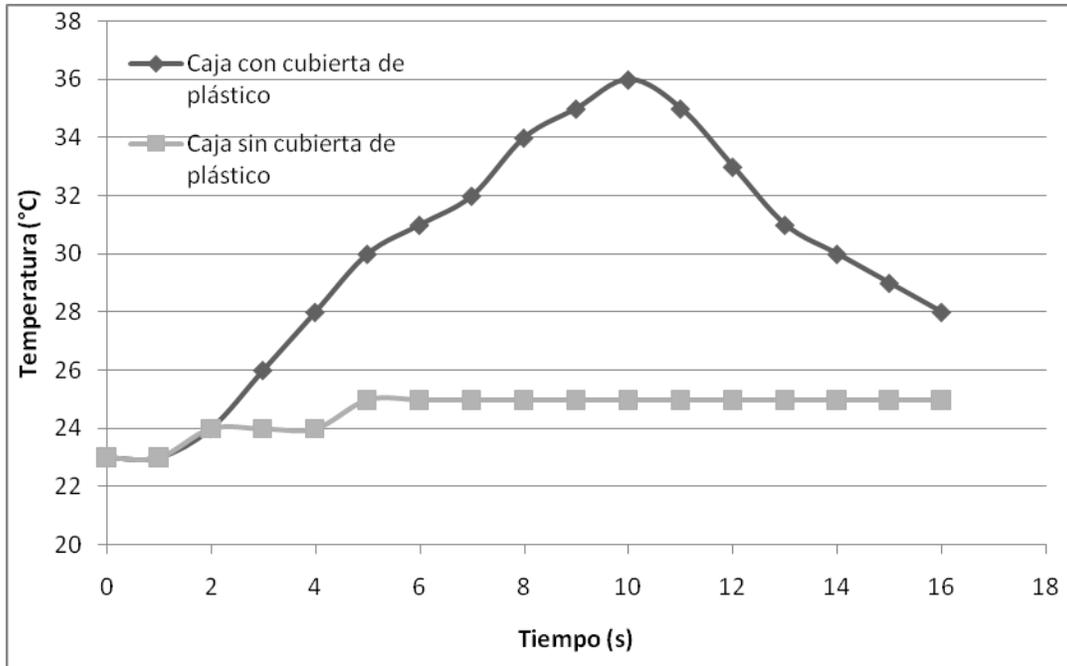
12. Simultáneamente encender la lámpara y activar el cronómetro. Es importante que sea al mismo tiempo.
13. Cada minuto y durante 10 minutos, leer la temperatura en los termómetros, durante 10 minutos.
14. Anotar los resultados en la hoja de datos preparada para tal efecto.
15. Desconectar la lámpara y continuar el registro de la temperatura cada minuto durante 6 minutos más.
16. Una vez realizados los registros de temperatura, elaborar una gráfica de tiempo contra temperatura y contestar las preguntas planteadas para el alumno.



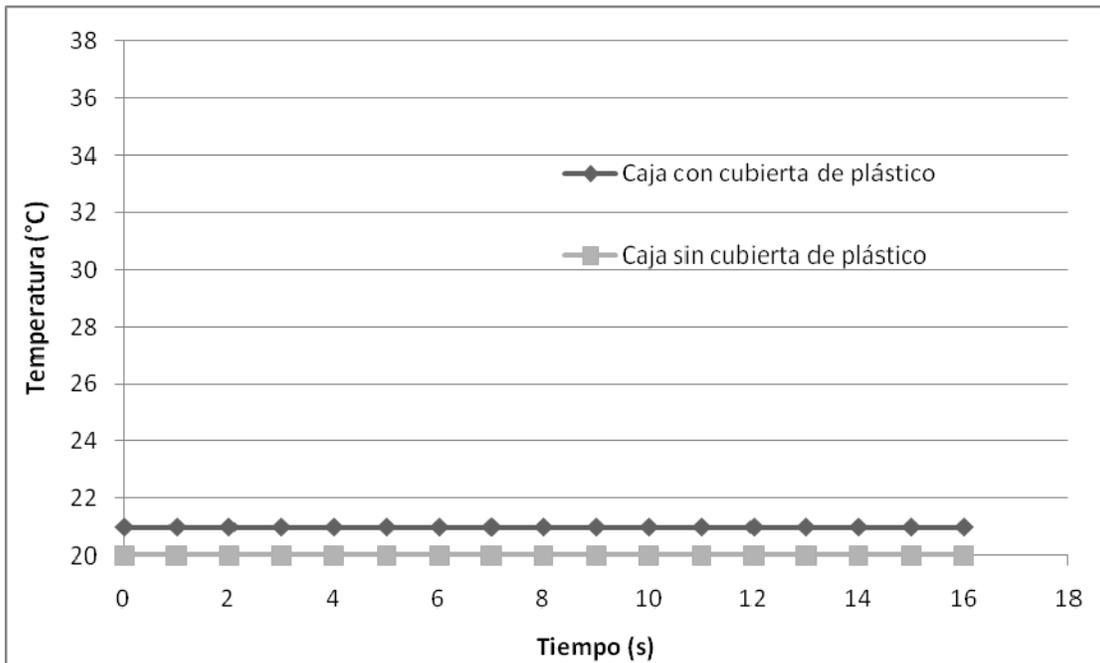
Fotografía de la forma en que se coloca la lámpara durante el experimento

A continuación se presentan los datos obtenidos con cada una de las lámparas así como las gráficas correspondientes (*Gráficas 1 y 2*). El propósito de incluir los datos y las gráficas es para darle una alternativa al profesor en caso de no contar con las lámparas de radiación infrarroja y radiación ultravioleta. Los alumnos pueden realizar el análisis a partir de estos datos; sin embargo, es mejor que los estudiantes realicen el trabajo práctico.

Tiempo (s)	Lámpara infrarroja Temperatura (°C)		Lámpara ultravioleta Temperatura (°C)	
	Con cubierta de plástico	Sin cubierta de plástico	Con cubierta de plástico	Sin cubierta de plástico
0	23	23	21	20
1	23	23	21	20
2	24	24	21	20
3	26	24	21	20
4	28	24	21	20
5	30	25	21	20
6	31	25	21	20
7	32	25	21	20
8	34	25	21	20
9	35	25	21	20
10	36	25	21	20
11	35	25	21	20
12	33	24	21	20
13	31	24	21	20
14	30	24	21	20
15	29	24	21	20
16	28	24	21	20



Gráfica 1 Temperaturas (°C) en la caja de cartón con cubierta y sin ella cuando se irradian con una lámpara de luz infrarroja.



Gráfica 2 Temperaturas (°C) en la caja de cartón con cubierta y sin ella cuando se irradian con una lámpara de luz ultravioleta.

## El día del trabajo práctico

Se pedirá a cada equipo que exponga y justifique brevemente las sugerencias de material y metodología para el desarrollo de su experimento.

Algunas recomendaciones que hará el profesor respecto al diseño y ejecución del experimento son las siguientes:

- Una caja servirá de testigo para comparar los resultados.
- Un termómetro se instalará dentro de cada caja para la medición de la temperatura.
- En cada caja se introducirá una determinada cantidad de tierra que simula la superficie terrestre.
- El intervalo de tiempo para la medición de la temperatura en las cajas será de un minuto. Se registrarán 10 lecturas con la presencia de la lámpara. Una vez que se desconecte la lámpara se obtendrán 6 datos más.

A continuación se presentan las actividades que realizarán los estudiantes después del trabajo práctico. Se incluyen las respuestas esperadas con el propósito de facilitar la guía del trabajo práctico por parte del profesor.

### Para el alumno

Después del trabajo práctico, realiza una gráfica en papel milimétrico que incluya los datos de las temperaturas registradas en cada caja (con cubierta de plástico y sin ella).

A continuación se presentan algunas de las respuestas esperadas por parte de los alumnos.

Contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué se cubre una caja con plástico y la otra no?

Para comparar los resultados obtenidos entre la caja cubierta, que simula un invernadero, y la caja sin cubrir, que es el control.

2. ¿Cuál es el propósito de colocar la tierra dentro de las cajas?

Simula a la superficie terrestre

3. ¿Para qué se registró la temperatura después de que se desconectó la lámpara? Mientras la lámpara está encendida la temperatura aumenta. Una vez que la lámpara se desconecta la temperatura desciende. Por lo tanto, la radiación infrarroja es la responsable de la elevación de la temperatura. En el caso de la luz ultravioleta no se observa ningún cambio.

4. Observa en la gráfica el comportamiento de la temperatura en cada curva. ¿Cómo explicas estos cambios?

Lo que ocasiona la elevación de la temperatura es la radiación infrarroja y la cubierta de plástico.

5. De acuerdo al experimento ¿cuáles son las variables que influyen en el efecto invernadero? El tipo de radiación y la cubierta de plástico (simula los gases responsables del efecto invernadero)

6. ¿Cómo relacionas los resultados obtenidos con el efecto invernadero?

Los gases responsables del efecto invernadero ocasionan que se eleve la temperatura de la Tierra por efecto de las radiaciones infrarrojas.

La radiación ultravioleta no influye en la elevación de la temperatura.

Se discutirá en una plenaria las respuestas a las preguntas anteriores, así como la respuesta a la pregunta guía del experimento.

*¿Cómo afectan la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta al efecto invernadero?*

- *La radiación infrarroja eleva la temperatura de la caja*
- *La radiación ultravioleta no afecta la temperatura*

La discusión dará pauta para que el profesor explique cómo se lleva a cabo el efecto invernadero. En el anexo se presenta información que puede ser de utilidad.

### **Límites de la analogía**

Es importante que durante la discusión el profesor aclare que este experimento es una analogía y haga hincapié en las limitaciones y alcances de éste. A continuación se enlistan algunos de los límites de esta analogía:

- la temperatura dentro de la caja se eleva rápidamente en comparación con la atmósfera terrestre;
- en la caja hay una barrera sólida, el plástico, que disminuye la transferencia de calor entre la caja y el ambiente.
- para que la temperatura dentro de la caja disminuya basta con destaparla; sin embargo, en la atmósfera terrestre esto no es posible.

## Autoevaluación

Para el diseño de esta forma de evaluación se tomó como base la propuesta de Sanmartí, *et al* (2002)

El profesor le entregará a cada equipo el siguiente cuadro para que realicen su autoevaluación, lo que permitirá que los alumnos reflexionen acerca de su desempeño en el laboratorio y lo que podrían mejorar.

### AUTOEVALUACIÓN

<p><b>Nuestro experimento: ¿CÓMO AFECTAN LA RADIACIÓN INFRARROJA Y LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA AL EFECTO INVERNADERO?</b></p> <p>EQUIPO _____</p> <p>INTEGRANTES _____</p> <p>¿Qué hemos hecho? ¿Para qué?  <i>En esta primera parte los alumnos reflexionarán acerca de las acciones que realizaron para contestar la pregunta guía.</i></p> <p>b) Después de exponer nuestro experimento e investigar ¿qué mejoramos?  <i>De acuerdo con los resultados obtenidos, los estudiantes discutirán sobre las mejoras que podrían hacerle a su experimento.</i></p>
---

En seguida se presenta una sugerencia de los rubros que el profesor puede evaluar de los alumnos en el desarrollo de la actividad.

### EVALUACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR

EQUIPO \_\_\_\_\_

	Diseño del experimento		Presentación de resultados		autoevaluación	TOTAL
	Planteamiento del diseño del experimento	Identificación de las variables a controlar	Elaboración de la gráfica	Conclusiones con base en los resultados obtenidos	Mejoras factibles al experimento	
PORCENTAJE	30	10	10	30	20	65

Las personas que investigan en ciencia consolidan sus conocimientos científicos cuando los comparten con la comunidad científica a través de la comunicación escrita y de la discusión entre pares. De manera similar, los jóvenes que aprenden ciencia realizando una actividad científica, como un trabajo práctico, no sólo reconocen nuevas ideas e identifican evidencias, sino que también aprenden a hablar y escribir sobre éstas.

Este trabajo práctico está diseñado para que se establezca el diálogo entre el profesor y los alumnos acerca de las acciones encaminadas para contestar la pregunta guía. Esto permitirá que los alumnos se expresen de manera oral y escrita. Por esta razón, en el proceso de evaluación se consideran los rubros del diseño del experimento, la presentación de los resultados y la autoevaluación. En cada rubro los alumnos deben discutir con sus pares y llegar a un consenso.

Para la evaluación del diseño del experimento se consideran el planteamiento del experimento y la identificación de las variables. El primero tiene un mayor peso en la evaluación porque es el eje de la actividad. Para proponer un diseño los estudiantes tienen que investigar, leer, dialogar y llegar a un acuerdo con sus compañeros de trabajo.

La presentación de los resultados implica la elaboración de las gráficas y su interpretación para obtener las conclusiones y contestar la pregunta guía. Por ello tiene mayor ponderación en la evaluación la elaboración de conclusiones.

La autoevaluación conlleva una reflexión acerca de las acciones realizadas y las mejoras que podrían hacerse. Los alumnos tienen que dialogar y llegar a un acuerdo.

## Anexo

A continuación se presenta información que puede ser de utilidad para el profesor:

Tomado de Hewitt P. (1999) Física conceptual. pp 337, 338, Addison Wesley Longman

*Un automóvil estacionado bajo el Sol en un día caluroso y con las ventanillas cerradas se puede calentar mucho interiormente. Esto es un ejemplo del efecto invernadero llamado así porque es similar al efecto de elevación de temperatura que se produce en los invernaderos de cristal donde se cultivan plantas. Para entender el efecto del invernadero es necesario conocer dos conceptos:*

- *El primero que todos los objetos irradian y que la longitud de onda de la radiación depende de la temperatura del objeto que emite la radiación. Los objetos cuya temperatura es alta irradian ondas cortas; los objetos que están a una temperatura baja irradian ondas largas.*
- *El segundo concepto que debemos conocer es que la transparencia de cosas tales como el aire y el vidrio, depende de la longitud de onda de la*

*radiación. El aire es transparente a las ondas infrarrojas (largas) y a las ondas visibles (cortas), a menos que el aire contenga mucho dióxido de carbono y vapor de agua, en cuyo caso es opaco a las ondas infrarrojas. El vidrio es transparente a las ondas de luz visible pero es opaco a las ondas infrarrojas.*

*Veamos ahora por qué el auto se calienta tanto cuando está bajo el Sol. En comparación con el auto, la temperatura del Sol es muy alta. Esto significa que las ondas que el Sol emite son muy cortas. Estas ondas cortas atraviesan con facilidad la atmósfera terrestre y el vidrio de las ventanillas del auto. De esta manera, la energía del Sol penetra al interior del auto donde se absorbe casi toda a excepción de la que se refleja. El interior del auto se calienta y como el Sol, emite sus propias ondas, pero, a diferencia del Sol, éstas son más largas. Esto se debe a que la temperatura del interior del auto es mucho más baja. Las ondas largas que se irradian de regreso se topan con el vidrio de las ventanillas, que es opaco. De esta manera, la energía que se irradia de regreso permanece en el interior del auto y lo calienta aún más. Por más que el interior del auto se caliente, nunca alcanzará una temperatura suficiente para irradiar ondas capaces de atravesar el vidrio.*

*Se produce el mismo efecto en la atmósfera terrestre, que es transparente a la radiación solar. La superficie de la Tierra absorbe esta energía e irradia de regreso una parte de la misma a longitudes de onda más largas. La energía que la Tierra irradia se llama radiación terrestre. Los gases atmosféricos (principalmente dióxido de carbono y vapor de agua) absorben y emiten de regreso a la Tierra gran parte de esta radiación terrestre de longitud de onda larga. Así pues, la radiación de longitud de onda larga que no consigue escapar a la atmósfera terrestre calienta el planeta. Este proceso de calentamiento global es muy agradable, pues en su ausencia la Tierra tendría una fría temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ . A lo largo de los últimos 500 000 años la temperatura promedio de la Tierra ha fluctuado entre  $10^{\circ}\text{C}$  y  $27^{\circ}\text{C}$ , y hoy en día se encuentra en el punto alto. Nuestra inquietud ambiental actual es que los crecientes niveles de dióxido de carbono y de otros gases en la atmósfera puedan hacer que la temperatura aumente y produzcan un nuevo equilibrio térmico desfavorable para la biósfera.*

*Es interesante señalar que en el invernadero para plantas el calentamiento se debe principalmente a la capacidad del vidrio para impedir que las corrientes convectivas mezclen el aire exterior más frío con el aire interior más cálido. Así pues, el efecto de invernadero desempeña una función importante en el calentamiento de la Tierra que en el de un invernadero.*

*La cantidad de radiación solar que llega a la Tierra, promediada a lo largo de unos pocos años, compensa exactamente la radiación terrestre que nuestro planeta emite al espacio. Este equilibrio da por resultado la temperatura promedio de la Tierra, la cual permite hoy en día la existencia de la vida tal como la conocemos. A*

*lo largo de un periodo de siglo o incluso de décadas, la temperatura promedio de la Tierra puede cambiar por causas naturales y también a resultado de la actividad humana. La incorporación de ciertos materiales en la atmósfera modifica la absorción y la reflexión de la radiación solar. La quema de combustibles fósiles calienta el ambiente. Excepto cuando la fuente de energía es el Sol, el viento o el agua, el creciente consumo de energía en la Tierra aporta calor. Estas actividades pueden alterar el equilibrio de la radiación y modificar la temperatura promedio de la Tierra.*

*Una convicción importante es que “nunca podrás cambiar sólo una cosa”. Si cambias una cosa, cambias otra. Una temperatura terrestre ligeramente mayor significa océanos un poco más calientes, y esto a su vez significa una evaporación ligeramente mayor que genera nevadas algo más intensas en las regiones polares. La fracción de la Tierra que hoy se encuentra cubierta de hielo y nieve es mayor que el área total que se utiliza como terrenos de cultivo. Estas áreas blancas más extensas reflejan más radiación solar, y esto puede dar lugar a un descenso significativo en la temperatura del planeta. Así pues si sobrecalentamos hoy la Tierra, quizá ésta se enfríe mañana ¡y se desencadene así la próxima glaciación! Aunque puede ser que no ocurra así. No lo sabemos.*

*Para explicar a nivel molecular se apela a la naturaleza discontinua de la materia. Sólo así se logran explicar las consecuencias de la radiación y la forma en que este tipo de radiación, al interaccionar con las moléculas produce un incremento en la temperatura. La radiación infrarroja es absorbida por las moléculas y su efecto es ponerlas a vibrar y girar con más energía (Garriz y Chamizo, 2001). El aumento de energía vibracional de las moléculas es lo que explica un incremento en la temperatura.*

## Los glaciares... una historia que contar

### Objetivos:

Al final de esta actividad los alumnos contestarán las siguientes preguntas:

- ¿Qué relación hay entre la producción de los gases de efecto invernadero y el aumento de la temperatura en nuestro planeta?
- ¿Cuál es la relación entre la producción de los gases de efecto invernadero y la actividad humana?
- ¿Cuáles son los principales países productores de dióxido de carbono?
- ¿Cuáles son las principales fuentes antropogénicas del dióxido de carbono?

### Habilidades que el alumno deberá desarrollar:

A través de esta actividad el alumno desarrollará habilidades como el trabajo en equipo, la interpretación y el análisis de gráficas para establecer una hipótesis y la elaboración de un texto breve que incluya sus puntos de vista de manera argumentada.

### Materiales

Gráficas impresas en papel  
Proyector de acetatos  
Acetatos

### Tiempo aproximado

Dos sesiones de 50 minutos cada una.

### Antecedentes

Una de las concepciones alternativas de los alumnos sobre el efecto invernadero es que el dióxido de carbono es el único gas responsable. Las finalidades de esta actividad son que los estudiantes:

- se percaten que hay otros gases involucrados en este fenómeno, como el metano y el óxido nitroso;
- relacionen la producción de dióxido de carbono con el incremento de la temperatura en la Tierra;
- encuentren que el aumento de los gases invernadero empieza a partir de la Revolución Industrial;
- identifiquen los principales países responsables de la producción de dióxido de carbono y
- mencionen las principales fuentes antropogénicas del dióxido de carbono.

### Procedimiento

Se sugiere realizar esta actividad en equipos de trabajo de dos personas.

El profesor entregará a cada equipo el material impreso que contiene las gráficas para que las interpreten. Cada gráfica estará acompañada por preguntas que servirán como guía para que los alumnos visualicen los aspectos relevantes. El

profesor tendrá disponibles las gráficas impresas en acetatos para que los alumnos expongan sus conclusiones ante sus compañeros.

Antes de iniciar la actividad se les pedirá a los alumnos que observen la información y detecten que varias de las gráficas presentan datos que datan de hace millones de años. La pregunta que se debe hacer es:

¿Cómo obtienen los científicos datos precisos sobre las concentraciones de gases en la atmósfera de hace millones de años? Esta pregunta abrirá la pauta para que expresen lo que saben los alumnos. A continuación se presenta parte de la información que se puede utilizar con los estudiantes sobre el tema.

*La paleoclimatología es la ciencia que se dedica al estudio del clima pasado (de la raíz griega “paleo” que significa “antiguo”) Asimismo, el paleoclima se refiere a las condiciones atmosféricas que existieron antes de que los seres humanos hicieran mediciones instrumentales de temperatura, precipitación, presión, velocidad y dirección del viento.*

*Las variaciones climáticas provocan importantes modificaciones en la adaptación y distribución de la flora, la fauna y en la estructuración geológica de los sedimentos. Así, aquellos que se encuentran fosilizados quedan como testimonios que atestiguan estos cambios.*

*Los indicadores “proxy”, son registros naturales de la variabilidad climática que se pueden obtener de los anillos del tronco de los árboles, de núcleos de hielo, de polen fosilizado, de sedimentos oceánicos y de fósiles.*

*El hielo ubicado en la parte más alta de las montañas y en regiones polares se acumula capa sobre capa por miles de años. Los paleoclimatólogos realizan perforaciones para extraer el hielo profundo y obtienen muestras de los llamados “núcleos o testigos de hielo”. Estos núcleos contienen polvo, burbujas de aire o isótopos de oxígeno, que se utilizan para interpretar el clima pasado. Además, contienen registros de composición paleoatmosférica, incluyendo concentraciones de gases traza e impurezas químicas de origen terrestre y marino.*

Una vez discutido este aspecto, se indicará a los alumnos que tienen 20 minutos para realizar la actividad.

A continuación se muestran las gráficas que se entregarán a los alumnos. Cada una de ellas contiene una breve descripción inicial para el profesor y las preguntas guía para los estudiantes.

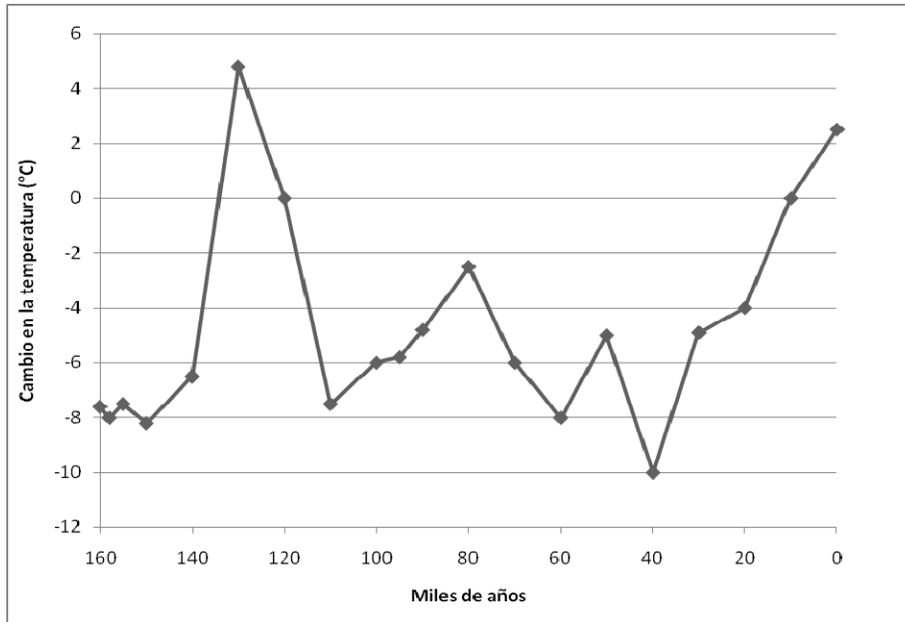
## Ejercicio 1

En la *Gráfica 1* se visualizan los cambios de temperatura (°C) y en la *Gráfica 2* se presenta la concentración de dióxido de carbono (ppm) desde hace 160 millones de años. El propósito es que los alumnos relacionen el aumento de la temperatura promedio de la Tierra con el incremento en la cantidad de dióxido de carbono.

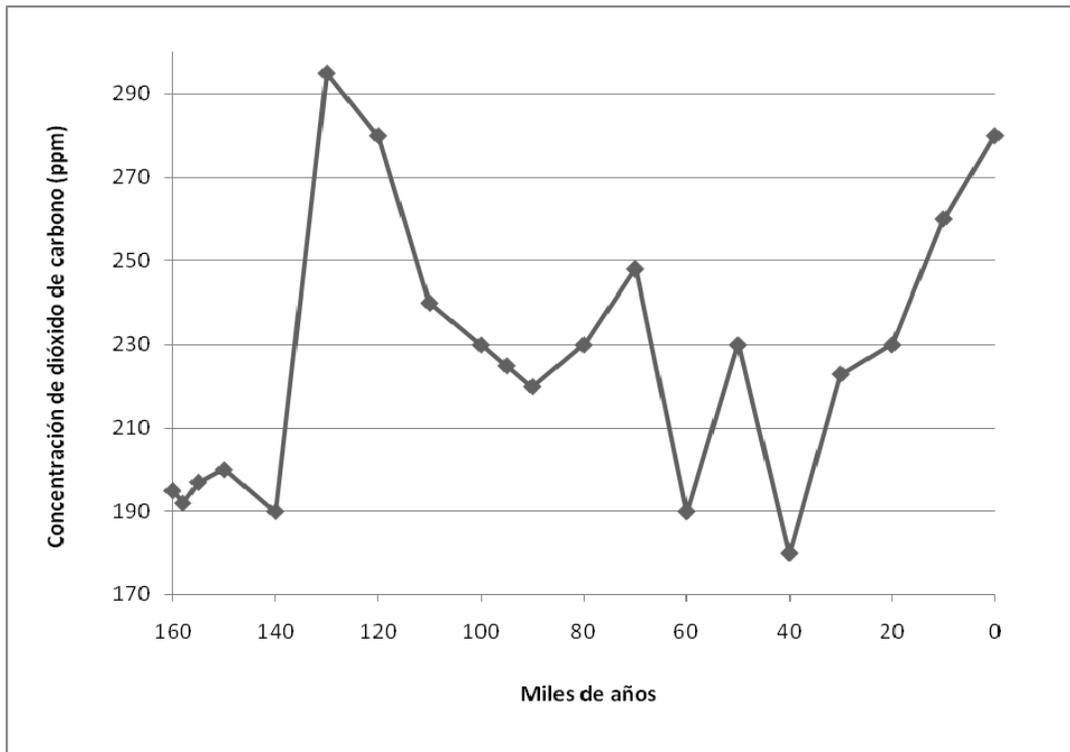
Las preguntas para dirigir el análisis de las *Gráficas 1 y 2* son:

1. ¿En qué unidades se expresan la temperatura y la cantidad de dióxido de carbono?
2. ¿Qué relación hay entre la producción de dióxido de carbono y la temperatura a través del tiempo?
3. ¿Hace cuántos miles de años se registraron los máximos de temperatura?
4. ¿Hace cuántos miles de años se registraron los máximos en la concentración de dióxido de carbono?
5. ¿Hace cuántos miles de años se registraron los mínimos de temperatura?
6. ¿Hace cuántos miles de años se registraron los mínimos en la concentración de dióxido de carbono?
7. Hace 130 000 años se observa un máximo en la temperatura y también en la concentración de dióxido de carbono. Si en esa época no había automóviles ni se quemaban combustibles fósiles, ¿qué fenómenos podrían explicar ese aumento?
8. ¿A qué puedes atribuir las variaciones en la concentración de dióxido de carbono en los últimos 50 años?

Después del análisis de las gráficas los estudiantes reconocerán que la concentración de dióxido de carbono y la variación de temperatura en la atmósfera de la Tierra presentan un comportamiento similar. Además, los alumnos identificarán los puntos máximos de temperatura que ocurrieron hace miles de años en donde no existían los índices de contaminación que prevalecen actualmente, y lo relacionarán con el proceso geológico de vulcanismo.



Gráfica 1 Cambio de la temperatura de la atmósfera de la Tierra a través del tiempo. Tomada y modificada del artículo publicado por Stephen H. Schneider "The Changing Climate" in *Scientific American*, vol 261(3):70-80. <http://ublib.buffalo.edu/libraries/projects/cases/picture3.html>



Gráfica 2 Concentración de dióxido de carbono en la atmósfera de la Tierra a través del tiempo. Tomada y modificada del artículo publicado por Stephen H. Schneider "The Changing Climate" in *Scientific American*, vol. 261(3):70-80. <http://ublib.buffalo.edu/libraries/projects/cases/picture3.html>

## Ejercicio 2

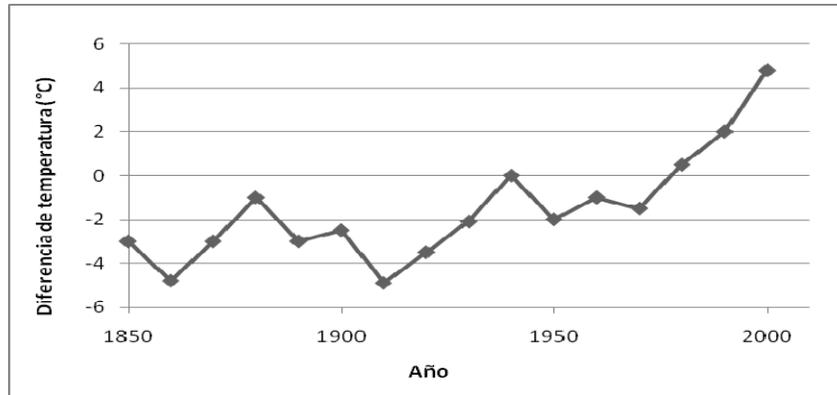
En la *Gráfica 3* se muestran los registros del cambio en la temperatura de la atmósfera terrestre (°C), en la *Gráfica 4* se presenta el incremento en el nivel medio del mar (mm) y en la *Gráfica 5* la superficie cubierta (millones de km<sup>2</sup>) por hielo en el Hemisferio Norte. Todas estas gráficas muestran las variaciones a través del tiempo. El propósito es que los alumnos relacionen estas tres variables con el cambio climático global.

En este ejercicio los alumnos tendrán que observar como del año 1950 al 2000 se ha incrementado la temperatura promedio 0.7°C aproximadamente. Este hecho parece traer como consecuencia el aumento del nivel promedio del mar a razón de 1,8 mm/año debido al deshielo de los glaciares y los casquetes polares.

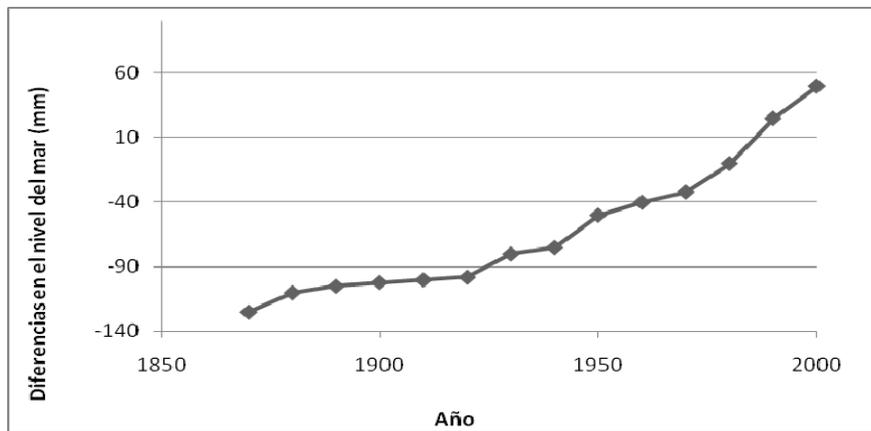
Las preguntas que se harán a los alumnos respecto a estas tres gráficas son las siguientes:

1. En la *Gráfica 4*, ¿en qué unidades están expresados los cambios en el nivel promedio del mar?
2. La *Gráfica 5*, sólo establece registros a partir de 1920 ¿qué explicación podrías dar al respecto?
3. ¿En qué unidades se expresa la superficie cubierta de hielo?
4. ¿Cuál es la tendencia general de los valores de temperatura en nuestro planeta?
5. De 1950 al 2000, ¿cuánto se ha incrementado la temperatura promedio de la Tierra?
6. Del año 1870 al 2000 ¿cuántos milímetros ha subido el nivel promedio de las aguas oceánicas?
7. ¿En qué año se alcanzó la disminución más notable en la superficie cubierta con hielo?
8. De acuerdo con las tres gráficas ¿qué relación existe entre la temperatura, el nivel promedio del mar y la superficie cubierta de hielo?

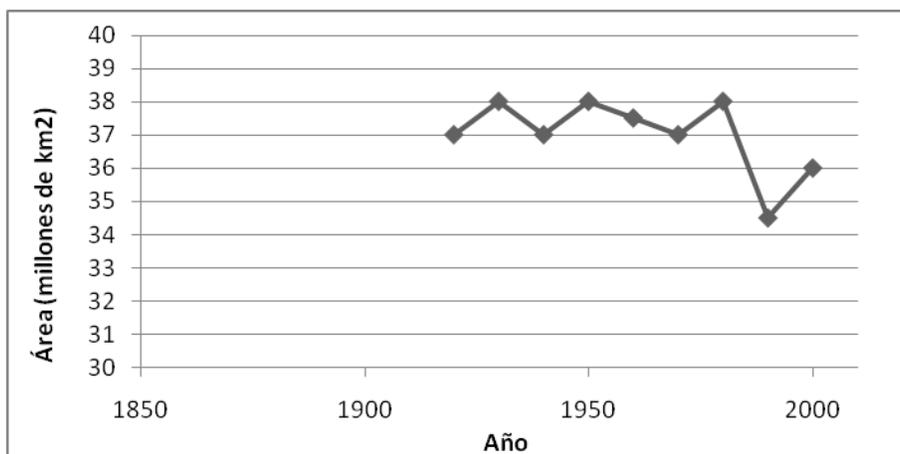
En el reporte los estudiantes deberán hacer hincapié en la relación existente entre la modificación de la temperatura atmosférica, el nivel promedio del mar y la superficie cubierta de hielo.



Gráfica 3 Diferencias en la temperatura de la atmósfera de la Tierra. Tomada y modificada del Cambio Climático 2007. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>



Gráfica 4 Diferencias en el nivel del mar (mm). Tomada y modificada del Cambio Climático 2007. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>



Gráfica 5 Superficie cubierta por hielo en el Hemisferio Norte. Tomada y modificada del Cambio Climático 2007. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>

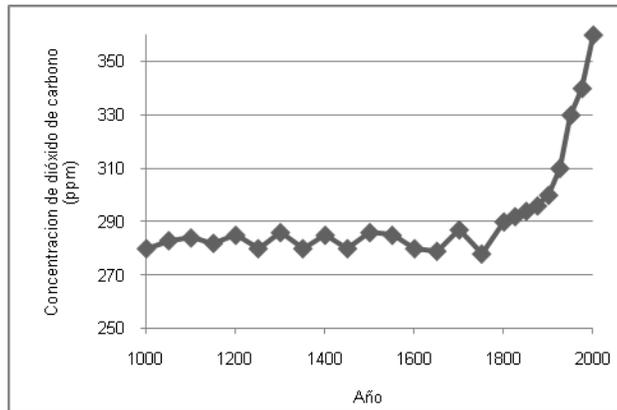
### Ejercicio 3

Las *Gráficas 6, 7 y 8* resumen la concentración de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso del año 1000 a la fecha. El objetivo de estas gráficas es que el alumno observe que estos tres gases tienen el mismo comportamiento a lo largo del tiempo. Los tres registros muestran un incremento de las emisiones antropogénicas a partir de la Revolución Industrial.

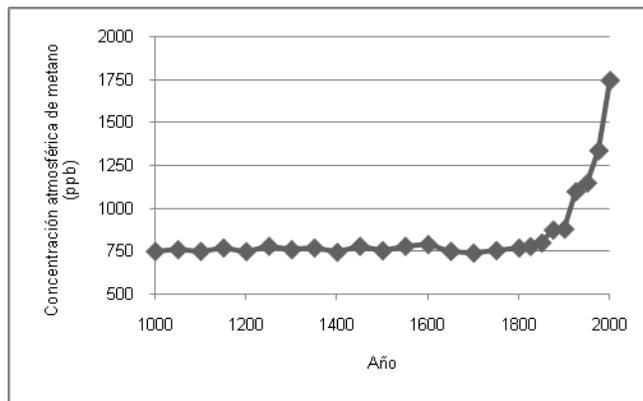
Las preguntas guía para los alumnos son las siguientes:

1. Menciona ¿cuáles son los gases que se incluyen en estas gráficas?
2. ¿En qué unidades se expresa la concentración para cada uno de los gases?, (investiga qué significan esas unidades)
3. ¿Cuál de los tres gases se produce en mayor cantidad?
4. ¿Qué tendencia siguen los tres gases a lo largo del tiempo?
5. ¿A partir de qué año inicia el aumento en la concentración de estos gases en la atmósfera?
6. ¿A qué etapa histórica de la civilización humana corresponde el aumento en la concentración de estos gases?
7. ¿Cómo explicas el aumento en la concentración de estos gases?
8. Investiga qué relación tienen el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso con el efecto invernadero.

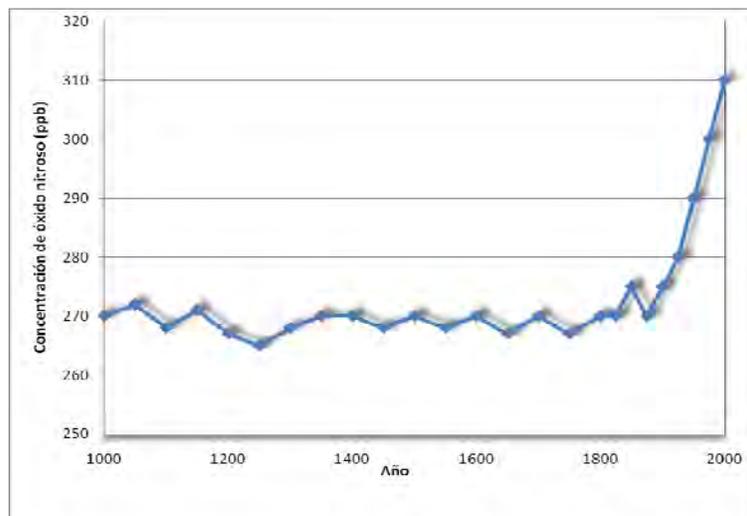
Después del análisis de estas gráficas los estudiantes identificarán al metano y al óxido nitroso como otros gases que participan en el efecto invernadero. Además vincularán la producción de estos gases con las actividades antropogénicas del siglo XX.



Gráfica 6 Concentración de dióxido de carbono (ppm), a través de los años. Tomada y modificada del Cambio Climático 2001. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>



Gráfica 7 Concentración de metano (ppb) a través de los años. Tomada y modificada del Cambio Climático 2001. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>



Gráfica 8 Concentración de óxido nítrico (ppb). Tomada y modificada del Cambio Climático 2001. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>

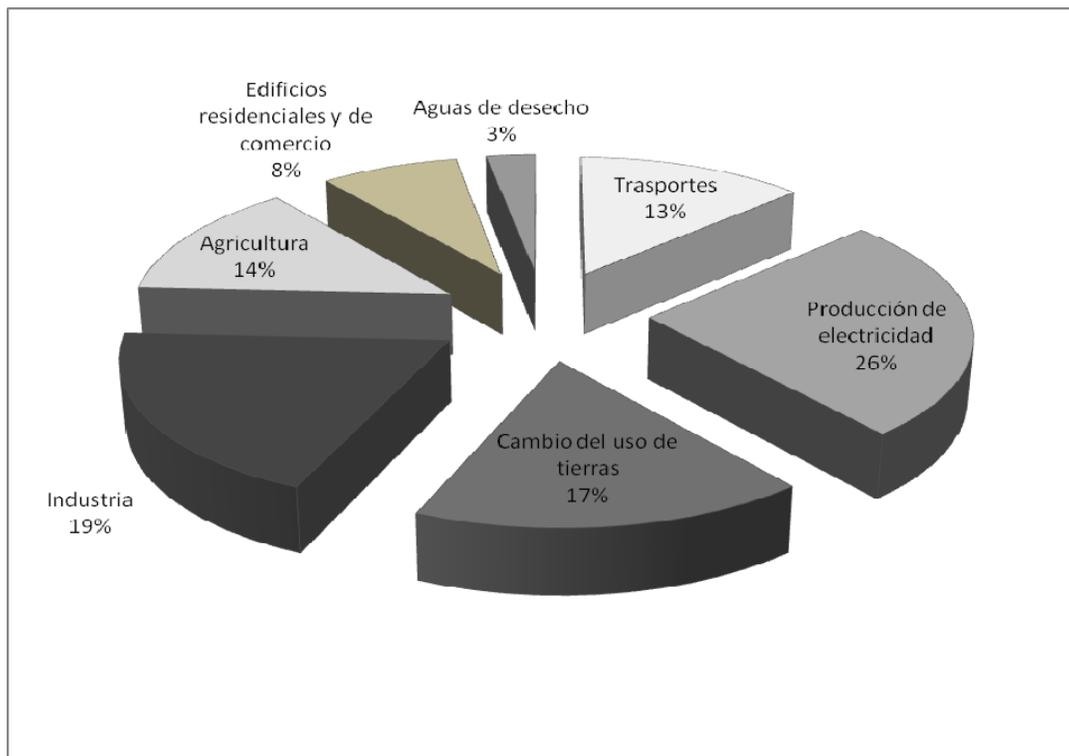
## Ejercicio 4

En la Gráfica 9 se muestran las principales actividades antropogénicas que producen los gases invernadero. El propósito de esta gráfica es que los estudiantes identifiquen cuáles son las actividades antropogénicas que producen en mayor proporción los distintos gases invernadero.

Las preguntas guía son las siguientes:

1. ¿Cuáles son las tres principales actividades que producen los gases invernadero?
2. De las actividades mencionadas, ¿qué recomendaciones harías tú para disminuir estas emisiones?
3. Utiliza los datos para explicar ¿por qué es importante apagar la luz de la cocina cuando no la están usando?

En el reporte se espera que los estudiantes reflexionen acerca de su contribución como habitantes de la Tierra para disminuir la producción del dióxido de carbono.



Gráfica 9 Principales actividades antropogénicas productoras de los gases invernadero. Tomada y modificada del Cambio Climático 2007. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>

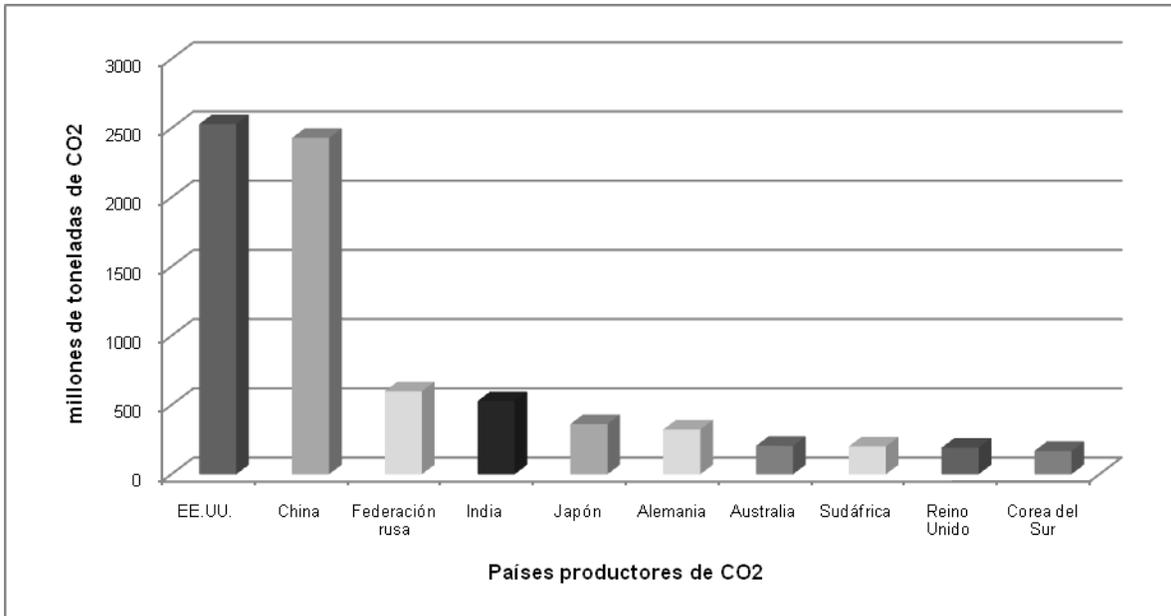
## Ejercicio 5

En la Gráfica 10 se muestran los diez principales países productores de dióxido de carbono. El objetivo de esta gráfica es que los estudiantes relacionen el grado de desarrollo económico e industrial con la producción de dióxido de carbono.

Las preguntas guía para esta gráfica son:

1. ¿En qué unidades se expresa la cantidad de dióxido de carbono?
2. Menciona los tres principales países productores de dióxido de carbono en el año 2007
3. ¿A qué atribuyes que estos países sean los principales países productores de dióxido de carbono? Considera para tu respuesta la ubicación geográfica, las actividades económicas que realizan y la densidad de población.
4. ¿Cuánto más CO<sub>2</sub> produce Estados Unidos que China?
5. De estos dos países, ¿quién tiene mayor población?
6. ¿Cuántas veces más CO<sub>2</sub> produce la India que Japón?
7. De estos dos países, ¿quién tiene mayor población?
8. ¿Qué relación hay entre la producción de CO<sub>2</sub> y la densidad de población?

Al final, una conclusión que no deberá faltar en las respuestas de los alumnos es que no existe una relación entre la cantidad de las emisiones de dióxido de carbono y la densidad de población. Se deberá discutir el porqué Estados Unidos es el país que más CO<sub>2</sub> produce por habitante.



*Gráfica 10 Los principales países productores de dióxido de carbono. Tomada y modificada del BBC mundo.com, datos de noviembre del 2007. [http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid\\_7095000/7095676.stm](http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_7095000/7095676.stm)*

Después de la discusión de las gráficas por equipo, se convocará a una plenaria. El profesor elegirá aleatoriamente a un equipo responsable para que, con ayuda de las gráficas impresas en acetatos, exprese sus conclusiones. Esto permitirá un intercambio de opiniones entre los estudiantes y favorecerá que todos obtengan las conclusiones de manera colectiva.

## Evaluación

Para el diseño de esta forma de evaluación se tomó como base la propuesta de Sanmartí, *et al* (2002)

El profesor solicitará a cada equipo la elaboración de un ensayo que deberá incluir como argumentos las conclusiones obtenidas durante el desarrollo de las actividades. Algunos de los temas sugeridos son:

- Evidencias del cambio climático
- El cambio climático ¿es real?
- Las actividades antropogénicas y el cambio climático
- Mi contribución para disminuir las emisiones de los gases invernadero
- El cambio climático y las repercusiones territoriales en mi país

A los alumnos se les entregará la siguiente hoja de trabajo donde se incluyen las pautas para desarrollar el ensayo así como los puntos que contemplará su evaluación.

## Hoja de trabajo para el alumno

Para la evaluación de esta actividad deberán desarrollar un ensayo que incluirá como argumentos las conclusiones obtenidas durante la discusión de las gráficas.

Elijan un título de los que se proponen a continuación;

- Evidencias del cambio climático
- El cambio climático ¿es real?
- Las actividades antropogénicas y el cambio climático
- Mi contribución para disminuir las emisiones de los gases invernadero
- El cambio climático y las repercusiones territoriales en mi país

Para escribir su ensayo consideren los siguientes puntos:

<b>Argumentación</b>
Nuestra idea es que....
Nuestras razones son...
Los argumentos en contra de nuestra idea pueden ser...
La evidencia que daría para convencer a otros es que...

Los criterios para la evaluación del ensayo serán los siguientes, considérenlos para el desarrollo de su ensayo:

<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Si</b>	<b>R</b>	<b>No</b>	<b>¿Qué aconsejarías para mejorarlo?</b>
¿La idea que se defiende es relevante en relación al problema planteado?				
¿Las razones o argumentos tienen base científica?				
¿Se consideran los puntos de vista contrarios?				
¿Las evidencias que utilizan convencen?				
¿El ensayo está bien escrito?				
La ortografía del escrito es buena				
La redacción del escrito es adecuada				

R= regular

## **Bibliografía**

Cambio climático en México. Consultada por última vez en noviembre 2, 2009 en [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/mapasitio.html](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/mapasitio.html)

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Consultada por última vez en noviembre 2, 2009 en <http://www.atmosfera.unam.mx/cclimatico/index.html>

El interés de la paleoclimatología. Consultada por última vez en noviembre 2, 2009 en [http://portal.aragon.es/portal/page/portal/MEDIOAMBIENTE/CALIDAD\\_AMBIENTAL/CCLIMA/ATLAS/ATLAS/5.1.PDF](http://portal.aragon.es/portal/page/portal/MEDIOAMBIENTE/CALIDAD_AMBIENTAL/CCLIMA/ATLAS/ATLAS/5.1.PDF)

Environmental knowledge for Change. Consultada por última vez en noviembre 2, 2009 en <http://www.grida.no/publications/vg/climate/>

Intergovernmental panel of climate on climate change. Consultada por última vez en noviembre 2, 2009 en <http://www.ipcc.ch/index.htm>

¿Qué es la paleoclimatología? Consultada por última vez en noviembre 2, 2009 en <http://wdc.cricyt.edu.ar/paleo/es/primer.html>

**Anexo B**  
**Guía para el alumno**

## Introducción a las actividades

Los combustibles fósiles son la principal fuente de energía utilizada a partir de la Revolución Industrial; sin embargo, la quema de éstos ha provocado un aumento significativo en los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera. Los científicos coinciden en pensar que este incremento está alterando el clima de la Tierra y consideran que este gas es uno de los responsables del efecto invernadero. Si continuamos con la quema de combustibles a este ritmo, se estima que podría duplicarse la concentración de dióxido de carbono para el año 2050 (Brown *et al*, 1997).

Como residentes de este planeta es necesario adoptar y promover medidas en nuestra vida diaria encaminadas a mitigar las emisiones de dióxido de carbono. Si estas medidas se realizan de manera colectiva y organizada será posible mantener las condiciones necesarias para seguir habitando nuestro planeta.

Para iniciar con estas acciones, te presentamos una propuesta enfocada a que:

- comprendas cuáles son algunas de las condiciones necesarias para que se produzca el efecto invernadero;
- determines cuál es el papel que juegan la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta en el efecto invernadero;
- reflexiones acerca de los efectos del uso intensivo de los combustibles fósiles;
- entiendas de qué manera las actividades humanas alteran el ciclo del carbono;
- identifiques cuáles son las principales fuentes antropogénicas de dióxido de carbono;
- propongas alternativas para la disminución de las emisiones de dióxido de carbono.

## El aliento de los dinosaurios

### Hoja de trabajo 1

En los siguientes esquemas se observan algunos ejemplos que involucran transformaciones del dióxido de carbono en otros compuestos. Explica en cada caso, de dónde proviene el carbono.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

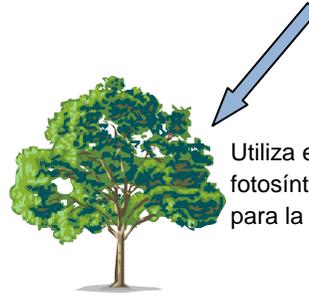
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Los productos de la fotosíntesis son el  $O_2$  y la glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ). El proceso de la respiración produce  $CO_2$



Utiliza el  $CO_2$  para la fotosíntesis y el  $O_2$  para la respiración

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Uno de los productos de la respiración es el  $CO_2$



Los seres vivos respiran para oxidar la comida y obtener, entre otras cosas, energía. El oxígeno reacciona con los carbohidratos.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Uno de los productos de la degradación es el  $CO_2$ .



Las bacterias degradan la materia orgánica (compuestos con carbono, nitrógeno y oxígeno)

---

---

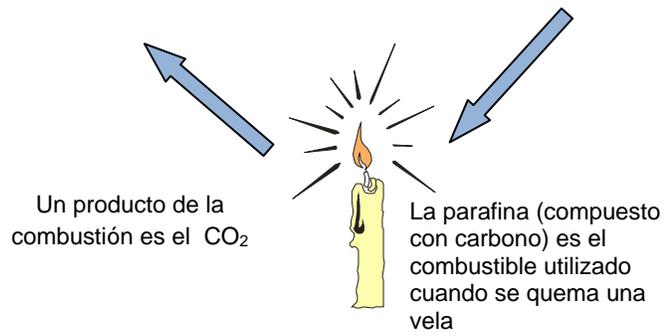
---

---

---

---

---



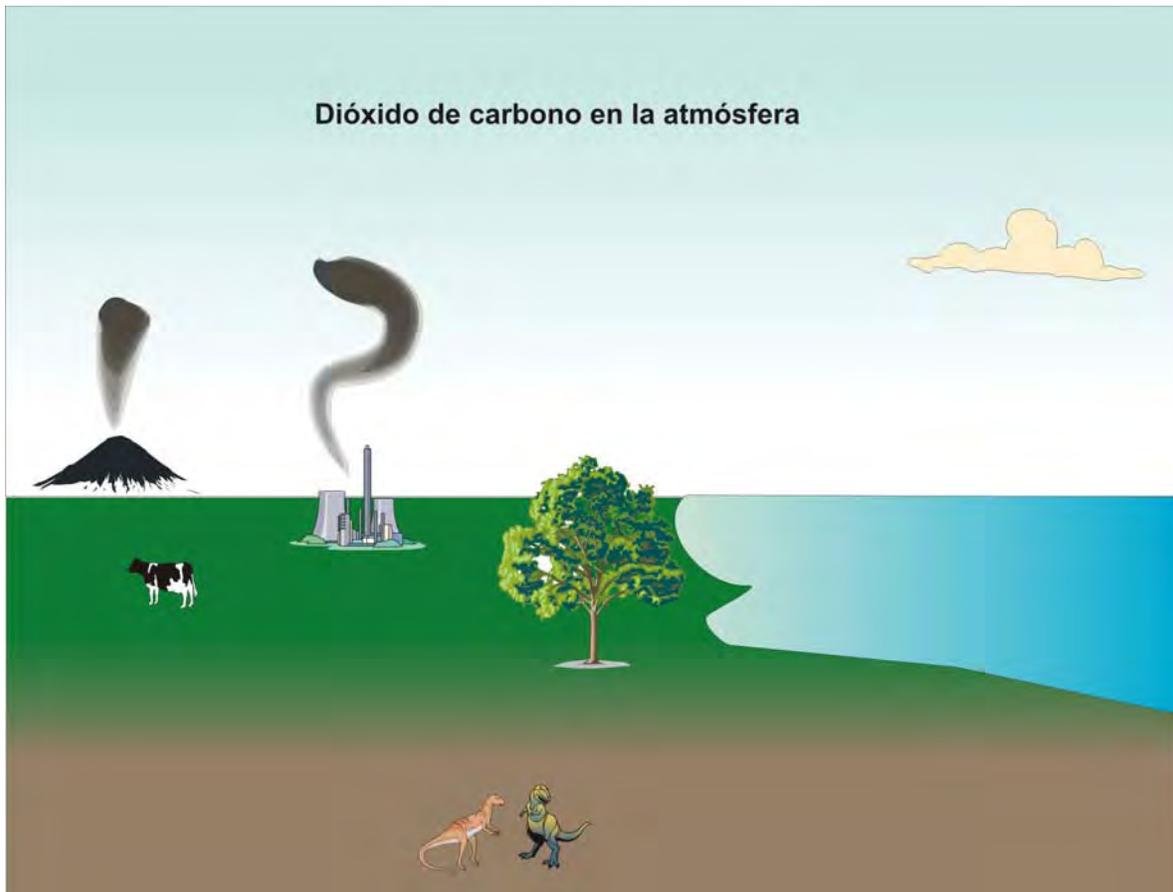
En los esquemas mostrados ¿se cumple la ley de la conservación de la materia?

\_\_\_\_\_

Elige un ejemplo para justificar tu respuesta

## Hoja de trabajo 2

En el siguiente esquema se encuentran algunas fuentes de dióxido de carbono. Por medio de flechas, señala el flujo del carbono en este ciclo.



Cuando termines con el esquema, contesta las siguientes preguntas.

1. ¿Por qué piensas que los dinosaurios están incluidos dentro de este esquema?
2. ¿De qué manera influyen en el ciclo del carbono las actividades humanas? Da un ejemplo para sustentar tu respuesta.
3. ¿Cómo impacta el uso de combustibles fósiles al ciclo del carbono?

4. El pasado 28 de marzo, México se unió al evento internacional “La Hora del Planeta”. Esta es una iniciativa a nivel mundial dedicada a tomar acciones ante el cambio climático. Este evento consistió en apagar las luces durante una hora de nuestros hogares, negocios y edificios gubernamentales. Con esto se pretende empezar a asumir nuestra responsabilidad para así empezar a involucrarnos con el futuro de nuestro planeta. ¿De qué forma piensas que afectó al ciclo de carbono la “Hora del Planeta”?
  
5. El dióxido de carbono es uno de los gases responsables del efecto invernadero. Después de analizar el ciclo del carbono, ¿consideras que el efecto invernadero es un fenómeno reciente o más bien es un fenómeno que se lleva a cabo desde hace millones de años? Justifica tu respuesta
  
6. Explica con base en el esquema si en el ciclo del carbono se cumple la ley de la conservación de la materia.
  
7. Si se cumple la ley de la conservación de la materia en el ciclo del carbono, ¿Por qué la cantidad de dióxido ha aumentado en los últimos años?

**Para el alumno**

**Modelando el efecto invernadero**

**Integrantes del equipo** \_\_\_\_\_

**Pregunta guía**

**¿CÓMO AFECTAN LA RADIACIÓN INFRARROJA Y LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA AL EFECTO INVERNADERO?**

<p><b>1. ¿Qué vamos a hacer?</b></p>	<p><b>2. ¿Cuáles son las variables a medir?</b></p>	<p><b>3. ¿Qué crees que pasará en cada caja de cartón?</b></p>
--------------------------------------	---	--

## **Modelando el efecto invernadero Después del trabajo práctico**

### **Para el alumno**

Después del trabajo práctico realiza una gráfica en papel milimétrico que incluya los datos de las temperaturas registradas, en cada caja (con cubierta de plástico y sin ella).

Contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué se cubre una caja con plástico y la otra no?
2. ¿Cuál es el propósito de colocar la tierra dentro de las cajas?
3. ¿Para qué se registró la temperatura después de que se desconectó la lámpara?
4. Observa en la gráfica el comportamiento de la temperatura en cada curva. ¿Cómo explicas estos cambios?
5. De acuerdo al experimento ¿cuáles son las variables que influyen en el efecto invernadero?
6. ¿Cómo relacionas los resultados obtenidos con el efecto invernadero?

**Modelando el efecto invernadero  
AUTOEVALUACIÓN**

Nuestro experimento: **¿CÓMO AFECTAN LA RADIACIÓN INFRARROJA Y LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA AL EFECTO INVERNADERO?**

EQUIPO \_\_\_\_\_

INTEGRANTES \_\_\_\_\_

¿Qué hemos hecho? ¿Para qué?

b) Después de exponer nuestro experimento e investigar ¿qué mejoramos?

## Los glaciares... una historia que contar

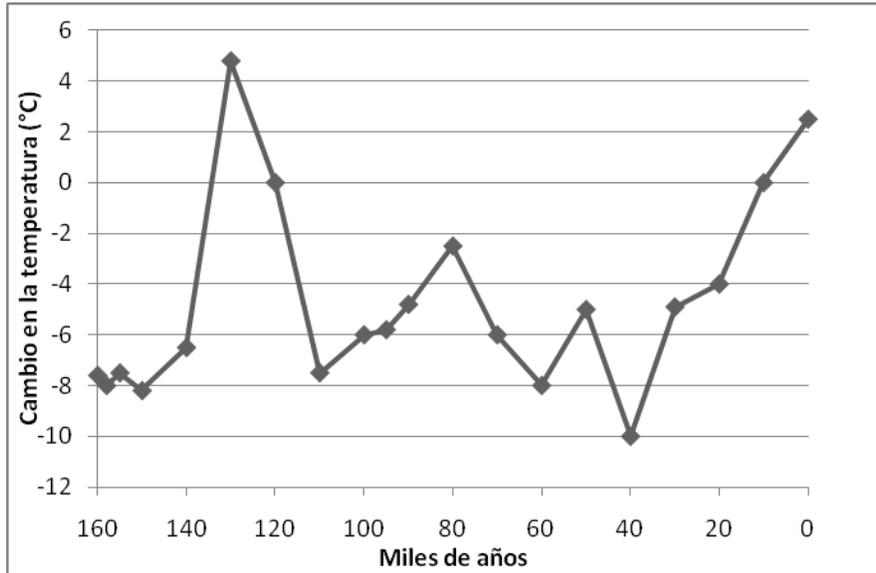
### INTEGRANTES

---

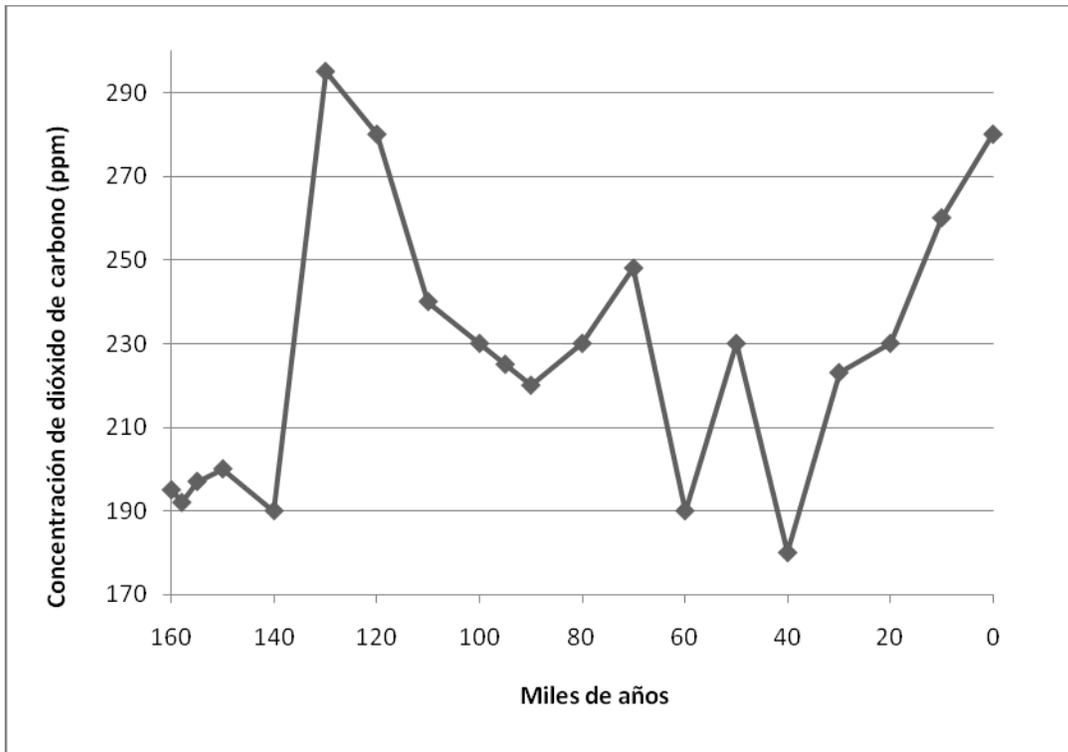
#### Ejercicio 1

Contesta las siguientes preguntas con base en las Gráficas 1 y 2:

1. ¿En qué unidades se expresan la temperatura y la cantidad de dióxido de carbono?
2. ¿Qué relación hay entre la producción de dióxido de carbono y la temperatura a través del tiempo?
3. ¿Hace cuántos miles de años se registraron los máximos de temperatura?
4. ¿Hace cuántos miles de años se registraron los máximos en la concentración de dióxido de carbono?
5. ¿Hace cuántos miles de años se registraron los mínimos de temperatura?
6. ¿Hace cuántos miles de años se registraron los mínimos en la concentración de dióxido de carbono?
7. Hace 130 000 años se observa un máximo en la temperatura y también en la concentración de dióxido de carbono. Si en esa época no había automóviles ni se quemaban combustibles fósiles, ¿qué fenómenos podrían explicar ese aumento?
8. ¿A qué puedes atribuir las variaciones en la concentración de dióxido de carbono en los últimos 50 años?



Gráfica 1 Cambio de la temperatura de la atmósfera de la Tierra a través del tiempo. Tomada y modificada del artículo publicado por Stephen H. Schneider "The Changing Climate" in Scientific American, vol 261(3):70-80. <http://ublib.buffalo.edu/libraries/projects/cases/picture3.html>

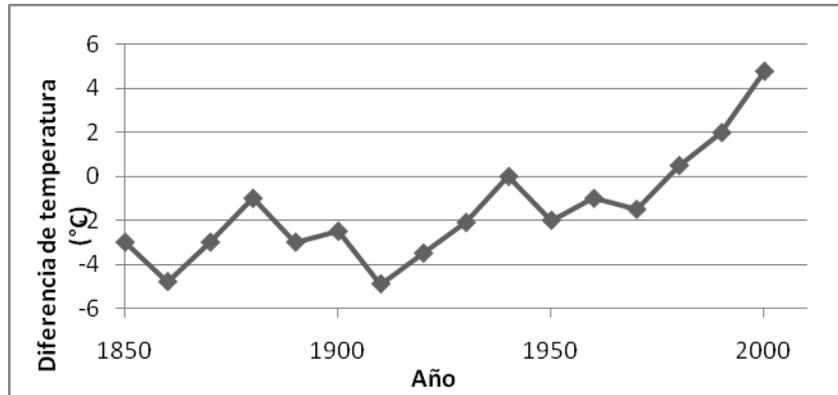


Gráfica 2 Concentración de dióxido de carbono en la atmósfera de la Tierra a través del tiempo. Tomada y modificada del artículo publicado por Stephen H. Schneider "The Changing Climate" in Scientific American, vol. 261(3):70-80. <http://ublib.buffalo.edu/libraries/projects/cases/picture3.html>

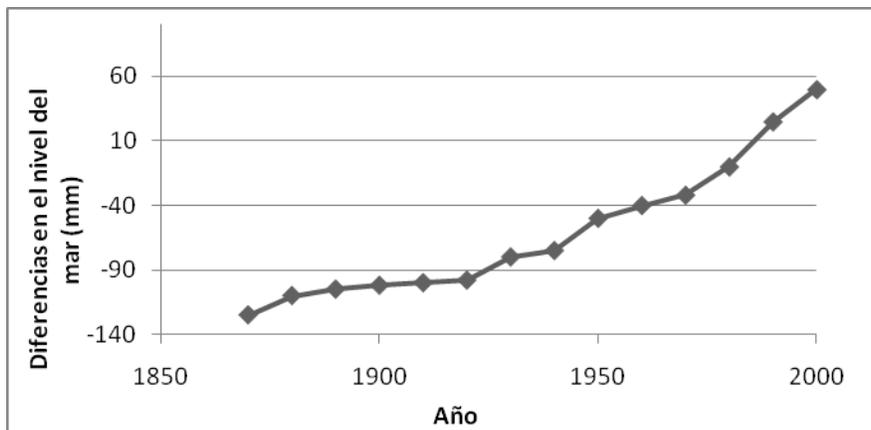
## Ejercicio 2

Contesta las siguientes preguntas con base en las Gráficas 3, 4 y 5.

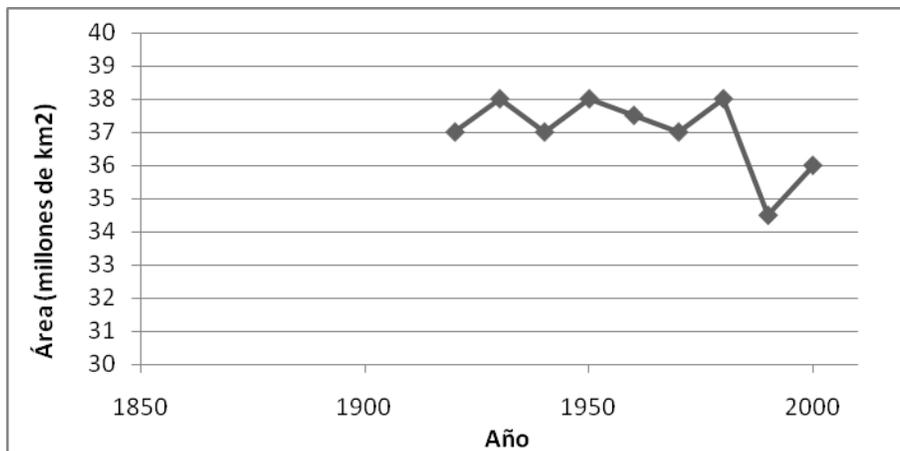
1. En la Gráfica 4, ¿en qué unidades están expresados los cambios en el nivel promedio del mar?
2. La Gráfica 5, sólo establece registros a partir de 1920 ¿qué explicación podrías dar al respecto?
3. ¿En qué unidades se expresa la superficie cubierta de hielo?
4. ¿Cuál es la tendencia general de los valores de temperatura en nuestro planeta?
5. De 1950 al 2000, ¿cuánto se ha incrementado la temperatura promedio de la Tierra?
6. Del año 1870 al 2000 ¿cuántos milímetros ha subido el nivel promedio de las aguas oceánicas?
7. ¿En qué año se alcanzó la disminución más notable en la superficie cubierta con hielo?
8. De acuerdo con las tres gráficas ¿qué relación existe entre la temperatura, el nivel promedio del mar y la superficie cubierta de hielo?



Gráfica 3 Diferencias en la temperatura de la atmósfera de la Tierra. Tomada y modificada del Cambio Climático 2007. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>



Gráfica 4 Diferencias en el nivel del mar (mm). Tomada y modificada del Cambio Climático 2007. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>

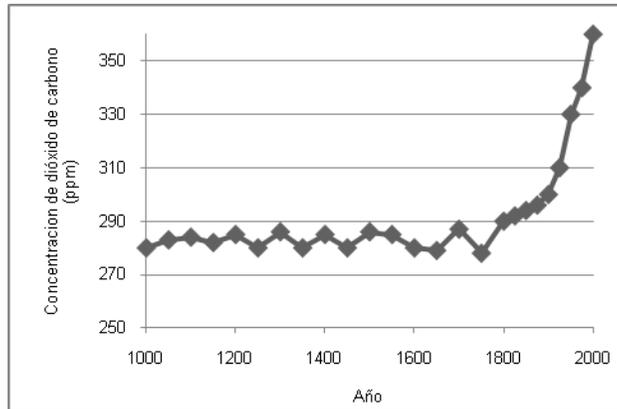


Gráfica 5 Superficie cubierta por hielo en el Hemisferio Norte. Tomada y modificada del Cambio Climático 2007. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>

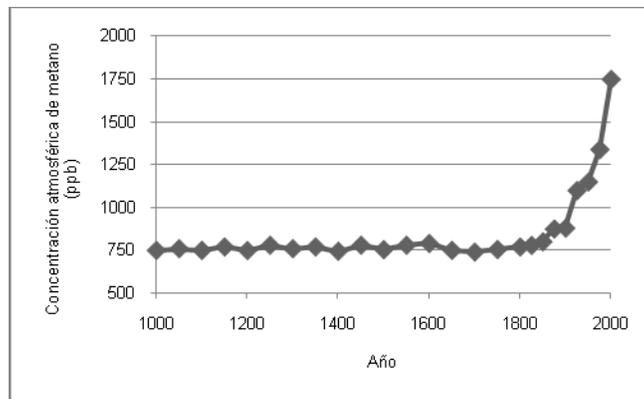
### Ejercicio 3

Contesta las siguientes preguntas de acuerdo con las Gráficas 6, 7 y 8:

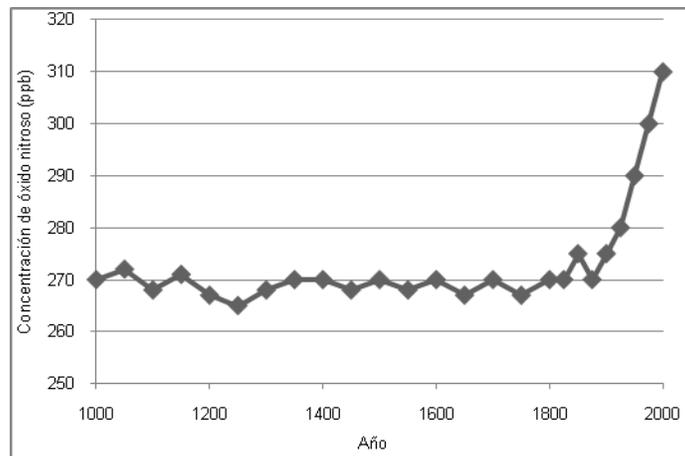
1. Menciona ¿cuáles son los gases que se incluyen en estas gráficas?
2. ¿En qué unidades se expresa la concentración para cada uno de los gases?, (investiga qué significan esas unidades)
3. ¿Cuál de los tres gases se produce en mayor cantidad?
4. ¿Qué tendencia siguen los tres gases a lo largo del tiempo?
5. ¿A partir de qué año inicia el aumento en la concentración de estos gases en la atmósfera?
6. ¿A qué etapa histórica de la civilización humana corresponde el aumento en la concentración de estos gases?
7. ¿Cómo explicas el aumento en la concentración de estos gases?
8. Investiga qué relación tienen el dióxido de carbono, el metano y el óxido nítrico con el efecto invernadero.



Gráfica 6 Concentración de dióxido de carbono (ppm), a través de los años. Tomada y modificada del Cambio Climático 2001. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>



Gráfica 7 Concentración de metano (ppb) a través de los años. Tomada y modificada del Cambio Climático 2001. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>



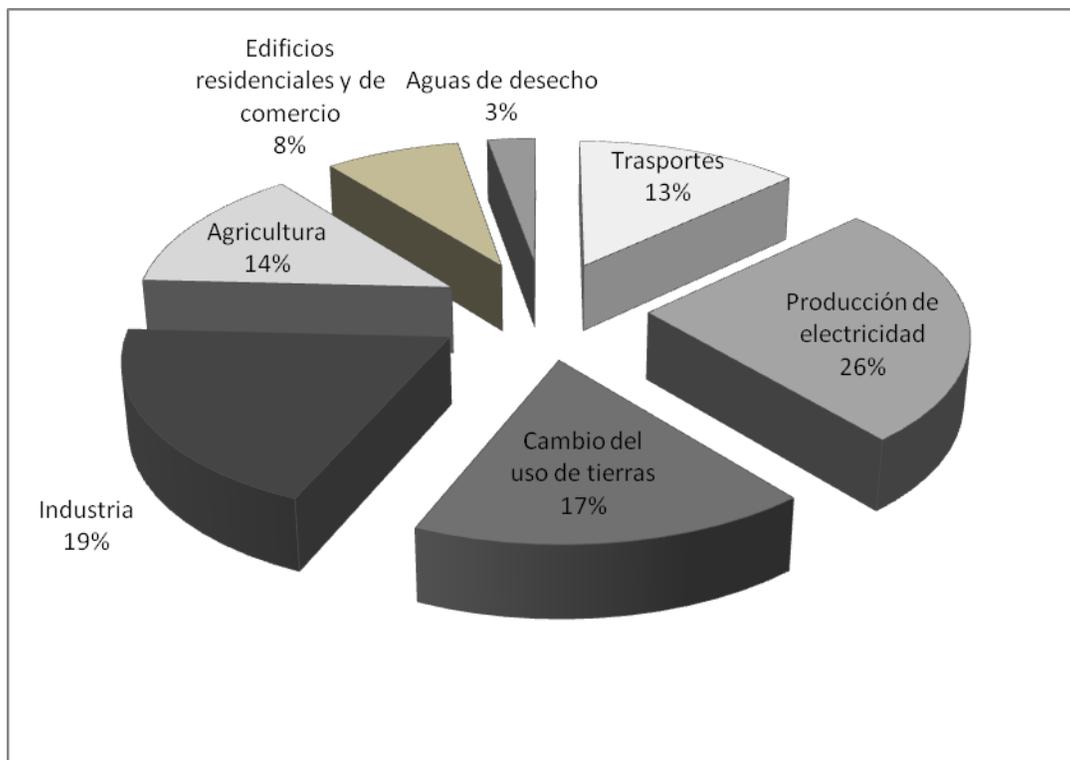
Gráfica 8 Concentración de óxido nítrico (ppb). Tomada y modificada del Cambio Climático 2001. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>

## Ejercicio 4

Contesta las preguntas de acuerdo a la Gráfica 9:

1. ¿Cuáles son las tres principales actividades que producen los gases invernadero?
2. De las actividades mencionadas, ¿qué recomendaciones harías tú para disminuir estas emisiones?
3. Utiliza los datos para explicar ¿por qué es importante apagar la luz de la cocina cuando no la están usando?

En el reporte se espera que los estudiantes reflexionen acerca de su contribución como habitantes de la Tierra para disminuir la producción del dióxido de carbono.

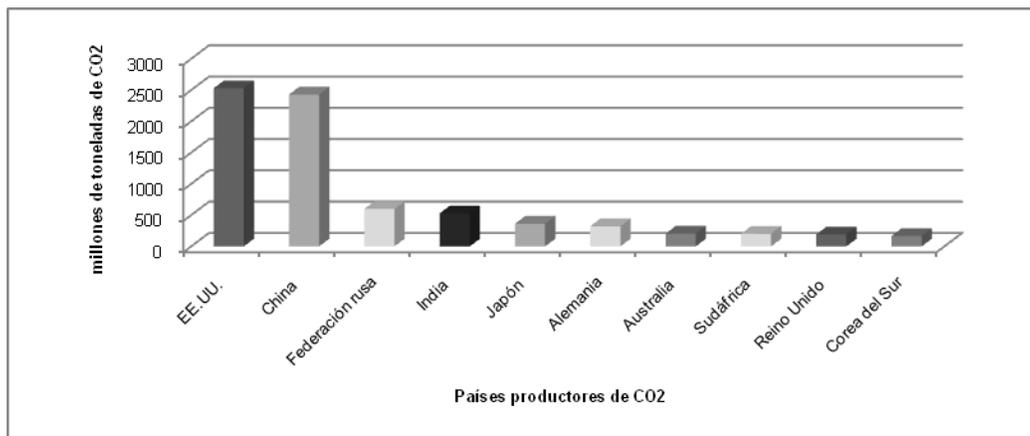


Gráfica 9 Principales actividades antropogénicas productoras de los gases invernadero. Tomada y modificada del Cambio Climático 2007. <http://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>

## Ejercicio 5

Contesta las preguntas con base en la Gráfica 10:

1. ¿En qué unidades se expresa la cantidad de dióxido de carbono?
2. Menciona los tres principales países productores de dióxido de carbono en el año 2007
3. ¿A qué atribuyes que estos países sean los principales países productores de dióxido de carbono? Considera para tu respuesta la ubicación geográfica, las actividades económicas que realizan y la densidad de población.
4. ¿Cuánto más CO<sub>2</sub> produce Estados Unidos que China?
5. De estos dos países, ¿quién tiene mayor población?
6. ¿Cuántas veces más CO<sub>2</sub> produce la India que Japón?
7. De estos dos países, ¿quién tiene mayor población?
8. ¿Qué relación hay entre la producción de CO<sub>2</sub> y la densidad de población?



Gráfica 10 Los principales países productores de dióxido de carbono. Tomada y modificada del BBC mundo.com, datos de noviembre del 2007. [http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid\\_7095000/7095676.stm](http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_7095000/7095676.stm)

## INTEGRANTES

### Hoja de trabajo para el alumno

Para la evaluación de esta actividad deberán desarrollar un ensayo que incluirá como argumentos las conclusiones obtenidas durante la discusión de las gráficas.

Elijan un título de los que se proponen a continuación;

- Evidencias del cambio climático
- El cambio climático ¿es real?
- Las actividades antropogénicas y el cambio climático
- Mi contribución para disminuir las emisiones de los gases invernadero
- El cambio climático y las repercusiones territoriales en mi país

Para escribir su ensayo consideren los siguientes puntos:

Argumentación
Nuestra idea es que....
Nuestras razones son...
Los argumentos en contra de nuestra idea pueden ser...
La evidencia que daría para convencer a otros es que...

Los criterios para la evaluación del ensayo serán los siguientes, considérenlos para el desarrollo de su ensayo:

Criterios de evaluación	Si	R	No	¿Qué aconsejarías para mejorarlo?
¿La idea que se defiende es relevante en relación al problema planteado?				
¿Las razones o argumentos tienen base científica?				
¿Se consideran los puntos de vista contrarios?				
¿Las evidencias que utilizan convencen?				
¿El ensayo está bien escrito?				
La ortografía del escrito es buena				
La redacción del escrito es adecuada				

R= regular