

# CONCEPCIONES DEL ALUMNADO DE BACHILLERATO SOBRE PROBLEMAS AMBIENTALES ATMOSFÉRICOS RELACIONADOS CON LA EMISIÓN DE GASES EN VEHÍCULOS ACTUALES DE COMBUSTIÓN INTERNA

**ETXABE URBIETA, JOSÉ MARÍA**

Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales.  
Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea.

---

**Palabras clave:** problemas ambientales, concepciones del alumnado, emisiones de óxidos de nitrógeno y carbono

## INTRODUCCIÓN

La implantación de la LOGSE ha propiciado la integración de la educación ambiental en la Educación Secundaria. Una de las áreas cuya participación es más significativa en esta línea transversal es el área de Ciencias de la Naturaleza.

Esta línea transversal posee ventajas como la motivación, la emoción, la reflexión; sin embargo encontramos escasos estudios que reflejen resultados sobre los aprendizajes científicos de los estudiantes sobre los problemas ambientales.

Así aprovechando que las pruebas de acceso a la universidad integran cuestiones sobre problemas ambientales y, asimismo, ya que nos brindan una inmejorable oportunidad para conocer las concepciones del alumnado al finalizar la Educación Secundaria, se han analizado las concepciones sobre problemas ambientales atmosféricos relacionados con los óxidos de nitrógeno y carbono, y se ha reflexionado sobre sus características cognitivas.

## OBJETIVOS

Esta investigación pretende determinar las interpretaciones del alumnado de bachillerato de la rama Ciencias de la Naturaleza y de la Salud en relación con las ventajas y desventajas, que desde el punto de vista medioambiental, se obtienen en el reactor catalítico que llevan los automóviles en el tubo de escape.

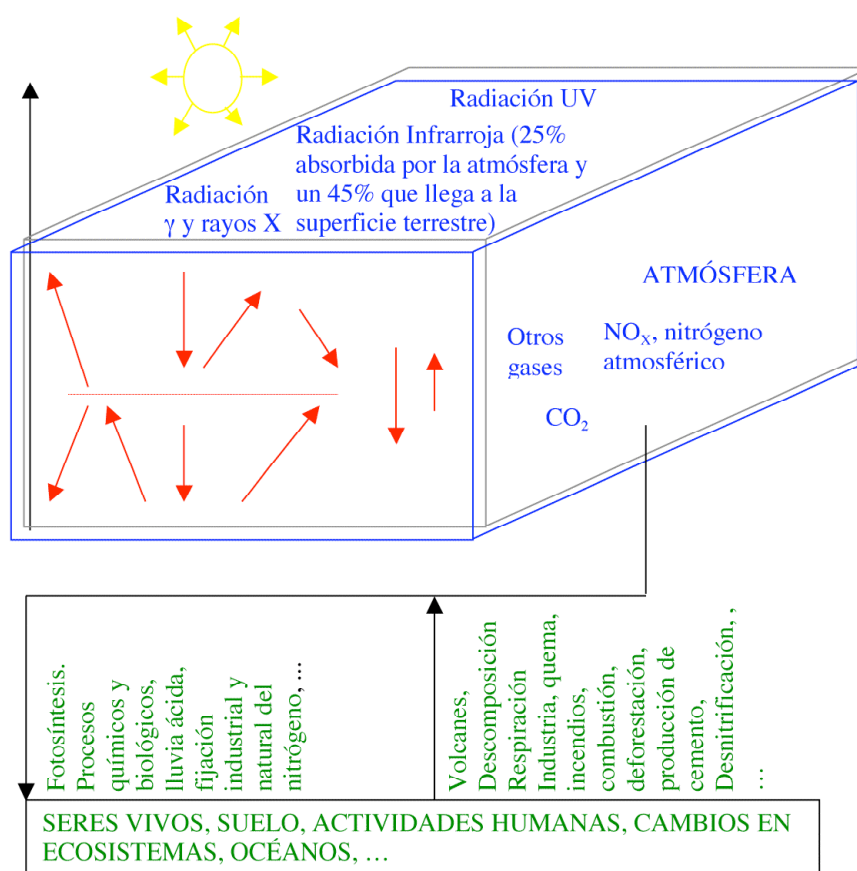
Se pretende:

- Analizar cómo han interiorizado los alumnos y alumnas los problemas ambientales atmosféricos relacionados con los óxidos de nitrógeno y carbono.
- Determinar cuáles son las características de las interpretaciones proporcionadas por el alumnado.

## MARCO TEÓRICO

Se ha constatado que las ideas de nuestros alumnos y alumnas, así como sus características cognitivas, influyen en los procesos de enseñanza /aprendizaje que tienen lugar en las aulas. Influyen diversos factores como los medios de comunicación (Jiménez, de Manuel, González y Salinas, 2000), interpretaciones erróneas, o simplistas que coexisten con conocimientos escolares y que se mantienen inalteradas a lo largo de numerosos años, aún a pesar de realizar aprendizajes científicos. Estas ideas científicas, tecnológicas, sociológicas y ambientales suponen un reto para la formación de la futura ciudadanía (Solbes y Vilches, 2004). A lo largo de las tres últimas décadas se han realizado numerosas investigaciones (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985) para conocer las características de las ideas del alumnado sobre diferentes temas curriculares, poniendo de manifiesto las dificultades que posee la comprensión de conceptos científicos.

Los problemas ambientales atmosféricos globales (Edwards, Gil, Vilches y Praia, 2004) suelen encuadrarse en torno al cambio climático, que se estructura a través del modelo de efecto invernadero. Este modelo se representa en la figura 1.



**FIGURA 1**  
**Representación de algunos fenómenos atmosféricos.**

Uno de los estudios sobre las concepciones del alumnado sobre procesos atmosféricos fue realizado con alumnado universitario de la Universidad de Cienfuegos (Delgado y Lois, 2003). Plantearon un ítem cerrado con tres problemas ambientales por este orden: “deterioro de la capa de ozono”, “precipitaciones ácidas” y “calentamiento global” a través de los cuales se subraya la existencia de percepción significativa de los problemas ambientales causados por procesos químicos y síntesis industriales. Los resultados muestran

que el alumnado señala como problema principal el “deterioro de la capa de ozono” mientras que conceden ligeramente menor importancia al “calentamiento global” y a las “precipitaciones ácidas”.

De acuerdo con Driver, Guesne, y Tiberghien (1985), el punto de partida de la investigación es el siguiente:

- El alumnado se centra sólo en aspectos limitados y contextuales: no considera otros gases responsables del efecto invernadero, difícilmente tienen cuenta datos cuantitativos, y se olvidan de otras causas naturales.
- El pensamiento del alumnado está dirigido e influido por factores que no están sólo basados en la ciencia. Por ejemplo no tienen en cuenta el efecto invernadero natural, se olvidan de las características de la energía radiante del sol, de su composición y de la radiación reflejada que no llega a la superficie terrestre. Además las ideas del alumnado son superficiales y permanentes.
- Muchos conceptos son utilizados por el alumnado de forma indiferenciada.
- El pensamiento del alumnado está centrado en cambios de origen humano. Es difícil que piensen sobre toda la energía absorbida por la superficie terrestre, sobre sus características, sobre los diferentes fenómenos que ocurren o sobre los balances de los químicos que influyen en la acidez de la lluvia.
- El pensamiento del alumnado es causal, simple y lineal. Difícilmente tienen en cuenta otras causas diferentes a la que se plantea y representaciones reversibles de los fenómenos.

## MUESTRA Y METODOLOGÍA

La obtención de resultados se ha circunscrito para una muestra de 30 alumnos/as de siete centros escolares públicos y privados que han realizado la prueba de acceso a la universidad que, en la convocatoria ordinaria de 2003 se han enfrentado en el ejercicio de Química a la siguiente cuestión optativa que posee dos apartados:

*Desde un punto de vista medioambiental, explica las ventajas y las desventajas que se obtienen en las siguientes reacciones que se producen en el reactor catalítico que llevan los automóviles en el tubo de escape:*

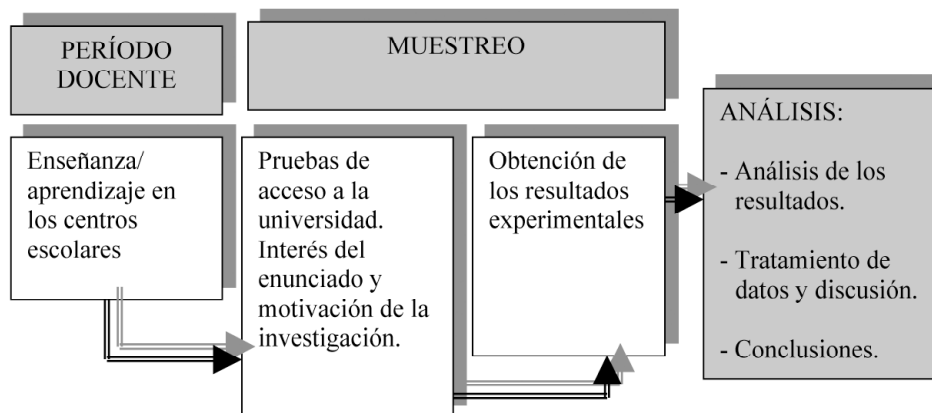
- a)  $2 \text{ NO} \Rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
- b)  $2 \text{ CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \Rightarrow 2 \text{ CO}_2(\text{g})$

El valor medio de los resultados académicos del examen completo de la muestra ha sido de  $5,2 \pm 1,6$  mientras que sobre 2 puntos que era el valor máximo de la cuestión objeto del estudio el valor medio del resultado ha sido de  $1,1 \pm 0,4$ .

La investigación se concibió al corregir los exámenes de química correspondientes a las pruebas de acceso a la Universidad en el año 2003. Se constató en la corrección de las pruebas la existencia de esquemas conceptuales alternativos a las ideas científicas aceptadas. Habida cuenta de la escasa bibliografía existente sobre la temática objeto de estudio así como el interés del tema (estrecha relación con la Educación Ambiental –línea transversal-, motivación del alumnado, aprendizajes realizados por el alumnado a lo largo de toda la enseñanza obligatoria, explicaciones del alumnado de diferentes centros escolares,...), se optó por solicitar y obtener una muestra representativa para realizar la investigación. El proceso se muestra en el esquema de la figura 2.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las respuestas a las cuestiones a y b se han recogido y analizado respectivamente elaborando las redes sistémicas.



**FIGURA 2**  
**Cronograma de la investigación didáctica.**

Red sistémica elaborada de las respuestas obtenidas en el apartado a.

— Se produce la descomposición (distribución) del óxido de nitrógeno produciendo nitrógeno y oxígeno **(5)**:

- El dióxido de nitrógeno es muy contaminante **(2)**:
- Reacciona con el agua dando **(2)**:
  - Produciendo  $\text{NO}_3 + \text{NO}$  **(1)**
  - Disminuyendo el pH **(1)**
- Con el agua de lluvia se produce ácido nítrico produciendo lluvia ácida **(18)**
  - Ello es una desventaja perjudicando el medio ambiente **(5)**
    - Para los seres vivos **(1)**
    - Para los animales **(1)**
    - Para las plantas **(5)**
    - Para las redes tróficas **(2)**
    - Para las rocas, fachadas **(2)**
- Provoca el efecto invernadero **(1)**
- No es contaminante **(24)**
- Es muy bueno **(6)**
  - Por que se genera oxígeno **(6)**:
    - Lo empleamos los seres vivos **(1)**
  - Es necesario **(9)**:
    - Para la respiración **(4)**
    - Para la fotosíntesis **(1)**
  - Antes era tóxico ya que generó la selección natural **(1)**
  - Puede ser beneficioso **(2)**
    - Por que también se genera nitrógeno **(9)**:
      - Es perjudicial **(4)**
      - Es beneficioso para las plantas **(1)**
      - Es beneficioso para la capa de ozono **(1)**
      - Es necesario para nuestro planeta **(2)**
      - No es perjudicial **(1)**
- Contamina menos. No es tan contaminante **(24)**
- Se genera  $\text{NO}$  **(2)** evitando la generación de este gas tan contaminante **(4)**
- El reactor catalítico influye **(4)**
- Se emplea para que la reacción llegue antes al equilibrio **(2)**:

- Eliminando antes las sustancias contaminantes **(1)**
- Incrementando la concentración de las sustancias contaminantes **(2)**
- Eliminando muy rápidamente las sustancias contaminantes sin que la atmósfera los pueda asimilar **(1)**
- El N<sub>2</sub> y el O<sub>2</sub> se encuentran en la atmósfera (5) siendo la composición de un 78% y un 21% **(1)**
- La causa ha sido la industrialización **(1)**
- También interviene el dióxido de azufre en otra reacción de oxidación siendo  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \Rightarrow 2\text{SO}_3$  y  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$  **(1)**

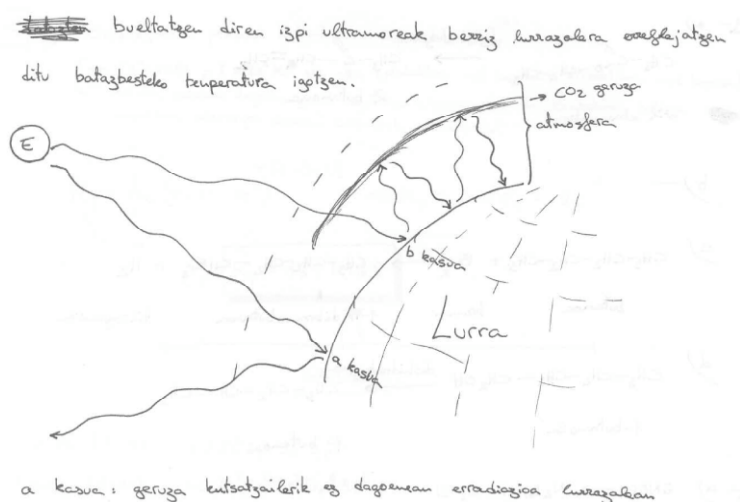
Red sistémica elaborada de las respuestas obtenidas en el apartado b.

- Es perjudicial **(18)**:
  - En grandes cantidades **(5)**
  - En elevadas concentraciones **(2)**
  - Para el medio ambiente provocando el efecto invernadero **(22)**:
    - Como un invernadero real formado por plástico y otros materiales **(1)**
    - Existe una capa de CO<sub>2</sub> **(1)**
    - Se produce el “rebote” quedando atrapado el calor **(8)**
      - Un 30% **(1)**
      - Sólo la radiación ultravioleta **(1)**
    - Manteniendo la temperatura **(1)**
    - Trae consigo incremento de temperatura **(9)**
      - Calentamiento global **(9)**
      - Suponiendo fusión de los polos **(9)**
      - Subiendo el nivel del mar (5), sumergiendo ciudades **(3)**
    - Se mueren los animales destrozando su hábitat **(1)**
    - Es un problema **(1)**
  - La causa es la industrialización **(1)**
- Está en su medida en el aire “natural” **(3)**
- Al principio se encontraba en estado natural y la temperatura era la adecuada **(1)**
- Se produce la oxidación del monóxido de carbono (3) gracias a los catalizadores **(1)**
- Se produce el doble de cantidad de dióxido de carbono  $\text{CO} \Rightarrow 2\text{CO}_2$  **(3)**
- Es beneficioso para las plantas **(6)**:
  - No lo pueden asimilar todo y la cantidad se incrementa en la atmósfera **(1)**
  - Es necesario **(1)**
  - A través de la fotosíntesis se transforma el CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> **(3)**
    - renovándose y equilibrando lo que existe en la atmósfera **(2)**
- Desaparece la capa de ozono **(3)**
  - No absorbe la radiación ultravioleta **(1)**
    - Provocando cáncer los rayos UVA **(1)**
- Se produce lluvia ácida **(1)**
- Es más contaminante (tóxico) el CO **(7)** y
  - es mejor expulsar CO<sub>2</sub> **(2)**
  - es no perjudicial **(1)**
- Hay que emplearlos con moderación **(1)**

Se constata la repetición de ideas y contenidos del enunciado, así como la existencia de numerosos errores conceptuales sobre los problemas ambientales. Apenas profundizan en los mecanismos (escasa profundización –argumentación– con confusiones y errores en las descripciones y explicaciones de los procesos químicos) Las descripciones son cualitativas y apenas argumentan sobre la base de datos cuantitativos. No se citan otras causas aparte de la que plantea el enunciado.

Las explicaciones del apartado a están basadas en declaraciones negativas (24) superando a las afirmativas (6), si bien las contestaciones afirmaciones se justifican en mayor medida. Pocas contestaciones señalan las

razones por las cuales los óxidos de nitrógeno son perjudiciales; el alumnado justifica más las ventajas o consecuencias del oxígeno respecto al nitrógeno. En aquellos casos en los cuales se justifica, se señala el efecto perjudicial de la lluvia ácida, si bien, prácticamente no profundizan en los mecanismos (escasa profundización con confusiones y errores en los procesos químicos –5 sobre 30, escribiendo con letras y, en menor medida, con el lenguaje específico de la química), apareciendo los óxidos de nitrógenos de forma indiferenciada. Las consecuencias relativas a los seres vivos y rocas se citan en pocos casos mientras que no se citan los perjuicios respecto al suelo.



**FIGURA 3**  
**Ejemplo de representación del alumnado.**

Las explicaciones del apartado b se basan principalmente en la característica “perjudicial” (18/30) más que en los beneficios de la disminución del CO (6/30). Citan principalmente el efecto invernadero, especificando en pocos casos las consecuencias catastróficas globales y consecuencias para la salud de las personas (figura 3).

En consecuencia se confirman las hipótesis planteadas:

- El alumnado se centra sólo en aspectos limitados y prácticos, centrados en el contexto del problema planteado.
- El pensamiento del alumnado está dirigido e influido por factores que no se basan sólo en la ciencia.
- Muchos conceptos son utilizados por el alumnado de forma indiferenciada. Por ejemplo confunden los lugares en los que tienen lugar los problemas atmosféricos ambientales (el efecto invernadero se produce en la misma delgada capa situada en la estratosfera llamada capa de ozono, que además, es la que se va deteriorando).
- El pensamiento del alumnado está centrado en los cambios de origen humano.
- El pensamiento del alumnado es causal, simple y lineal. Difícilmente tienen en cuenta otras causas diferentes a las que plantean, o las representaciones reversibles de los fenómenos naturales. Asimismo este pensamiento irreversible puede estar asociado al pensamiento catastrofista, más intuitivo y simple que el pensamiento complejo multidireccional (hipotético-deductivo) de la ciencia.
- El pensamiento del alumnado difícilmente se centra en secuencias temporales sobre la historia y evolución de la tierra. Se constata un empirismo ingenuo basado sólo en datos de origen humano.

Respecto a los aspectos cognitivo-lingüísticos:

- Realizan descripciones sin establecer comparaciones con otros problemas ambientales.
- Plantean escasas e insuficientes definiciones,

- Las explicaciones son simplistas, parciales, limitadas, ambiguas, mal estructuradas y escasamente basadas en los modelos (conceptos) científicos.
- Las justificaciones y argumentaciones se basan en un pensamiento concreto, escasamente razonados, dirigidos por las ideas intuitivas y basadas únicamente en el pensamiento social “catastrofista”.

## CONCLUSIONES

El alumnado de Bachillerato presenta deficiencias (innecesaria repetición de ideas y contenidos del enunciado, existencia de numerosos errores conceptuales y confusiones, escasa profundización –argumentación– con confusiones y errores en las descripciones y explicaciones de los mecanismos de los procesos químicos) en la comprensión los problemas ambientales atmosféricos. Sus representaciones son descriptivas y explicativas, basadas en aspectos simplistas y catastróficos, escasamente basadas en ideas y razonamientos propios de las ciencias experimentales.

## BIBLIOGRAFÍA

- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. (1985) *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: MEC-Morata Editorial
- DELGADO, R. y LOIS, C. (2003) Expectativas de los alumnos y orientación curricular: experiencia en la asignatura de Química General para las carreras de Ingeniería. *Revista Iberoamericana de Educación*, Experiencias e innovaciones, 25-12-03, En línea en <<http://www.campus-oei.org/revista/experiencias69.htm>>
- EDWARDS, M., GIL, D., VILCHES, A. y PRAIA, J. (2004) La atención a la situación del mundo en la educación científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(1), pp. 47-64
- JIMÉNEZ, M. R., DE MANUEL, E., GONZÁLEZ, F. y SALINAS, F. (2000) La utilización del concepto de pH en la publicidad y su relación con las ideas que manejan los alumnos: aplicaciones en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), pp. 451-461
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (2004) Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación de la ciudadanía. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), pp. 337-348