

## 1. Introducción

Los problemas ambientales han adquirido gran importancia actualmente debido a que atañen a toda la población del planeta; no son problemas cuya solución pueda ser encontrada ni realizada por una persona o un grupo pequeño<sup>1</sup>. Algunos de tales problemas tienen un gran contenido relacionado con la física y la matemática, al menos por dos razones: por una parte, tienen su fuente en agentes físicos como la radiación y el sonido; esto supone, para su estudio, un esquema matemático implícito. Por otra parte, existe la necesidad, dada la magnitud de los problemas o por su complejidad, de hacer experimentos numéricos con fines predictivos; esto también supone un esquema matemático, representado por una variada modelación matemática.

El marco más adecuado para introducir a quienes se dedican o dedicarán a la física y matemática, a nivel de investigación o de docencia es la escuela (la Universidad), que es el lugar en donde recibirán los elementos básicos para su futura labor especializada; por tal motivo, es necesario empapar a los estudiantes de estas especialidades con los conocimientos básicos para que en su futuro trabajo estén capacitados para dar solución a los problemas ambientales en el marco de su labor diaria; En realidad, esta acción de educar ambientalmente a los estudiantes universitarios debería ser tan sólo una parte de la educación ambiental estructurada en todo el sistema educativo<sup>2</sup>, atendiendo al principio de 'continuidad' de la Educación Ambiental (EA). En México se ha comenzado a realizar este tipo de trabajo en el sistema

de educación básica, la primaria y la secundaria; sin embargo, el trabajo a nivel superior no debe esperar ya que es necesario comenzar con las contribuciones, sobre todo en materias como la física y la matemática, las cuales tienen un tono diferente a las ciencias "biológicas" como la ecología y la misma biología. En este trabajo exponemos una serie de cuestiones ambientales que pueden servir de inicio al tratamiento de los problemas ambientales en las carreras de física y matemática y también damos las líneas generales a seguir para su implementación. Nuestra idea es comenzar, con este trabajo, un análisis profundo de los contenidos estándar de las asignaturas de estas carreras, con el fin de crear un banco de problemas ambientales que pueda ser utilizado por maestros y alumnos. En la sección 2 se da una breve relación de problemas ambientales relacionados con la física y la matemática, la cuál puede servir de guía en esta temática, tanto para los estudiantes como para los maestros; en la sección 3 se proporcionan ideas de cómo llevar esto a los alumnos, fundamentalmente a través de la vía formal.

## 2. Problemas ambientales, Física y Matemática

Los siguientes son problemas ambientales en donde están presentes los aspectos físicos o matemáticos.

### a) Radiación infrarroja y efecto invernadero

Un invernadero retiene la radiación infrarroja debido a las propiedades de absorción del material de que está hecho. De la misma forma, la atmósfera de la tierra, fundamentalmente el vapor de agua y el gas carbónico emitido por los vehículos automotores, las industrias, la quema de combustibles y los incendios forestales, absorbe esta clase de radiación e impide que se disipe, lo cuál puede dar lugar a sobrecalentamiento y con ello, más calor, alteración de las precipitaciones, modificación de la productividad agrícola y de la circulación atmosférica<sup>3</sup>.

Los fenómenos físicos involucrados son, fundamentalmente, la reflexión, la absorción y emisión de radiación electromagnética.

### b) Radiación ultravioleta. Capa de ozono

La capa de ozono se encuentra en la zona atmosférica conocida como estratosfera; en esta zona existe una dinámica natural de creación y destrucción de ozono, lo cuál trae como consecuencia la presencia de una concentración promedio hasta cierto punto estable. La dinámica natural de creación y destrucción de ozono se ve alterada por la emisión, debida a la actividad humana, de compuestos conocidos como cloro-fluoro-carburos<sup>4</sup>. Puesto que la capa de ozono retiene parcialmente la radiación ultravioleta que proviene del sol, su destrucción puede significar un aumento de la probabilidad de cáncer en la piel, alteración de las precipitaciones, etc.

El fenómeno físico fundamental implicado es el de absorción de la radiación, el cuál se da a tres niveles: en la realización de foto-reacciones, en la misma capa de ozono y en la piel de los seres vivos.

### c) Radiación ionizante

La radiación ionizante se convierte en problema ambiental debido a la existencia de desechos radiactivos, así como al incremento de su uso en laboratorios, centrales nucleares, hospitales, etc. Su acción no es aguda sino crónica y en muchos casos está ligada a ciertas profesiones<sup>5</sup>. Estas radiaciones, por su energía y poder ionizante se vuelven problemáticas particularmente para las células humanas, causando

su muerte o mutación por vía directa o indirecta (por ejemplo mediante radiólisis); en todo momento existe el peligro de aumento en el riesgo de cáncer<sup>6</sup>.

Aquí nuevamente tenemos la presencia de emisión y absorción de la radiación, así como la presencia de sus propiedades energéticas en la interacción con las células.

### d) Radiación sonora

El oído percibe las ondas sonoras en el rango de 20 a 20.000 Hz, entre los límites conocidos como umbral de audibilidad y umbral del dolor. Estas ondas sonoras se convierten en problema ambiental cuando se presentan como ruido. El ruido puede causar sordera al afectar el oído interno. Tal sordera es el resultado de una hipoacusia en la zona supra-conversacional, la cuál pasa inadvertida por cierto tiempo; es irreversible y se puede adquirir en cuestión de meses. En México se han implementado normas que reglamentan la emisión permisible de ruido, tanto de fuentes fijas como móviles<sup>7</sup>.

### e) Modelación matemática

La modelación matemática puede aplicarse a gran cantidad de situaciones, incluyendo las ambientales y ecológicas: Los modelos pueden ser variados: por ejemplo, ecuaciones diferenciales ordinarias, en diferencias o en derivadas parciales, ecuaciones integrales con o sin retardo, sistemas de ecuaciones diferenciales lineales o no lineales, etc.<sup>8</sup>; tales modelos pueden atacarse con métodos analítico-numéricos. Un ejemplo de modelación puede ser el estudio de propagación de epidemias (incluyendo al SIDA) o la dinámica de los contaminantes en aguas, suelos y atmósfera.

### f) Aspecto ético

El desarrollo social acelerado de los últimos tiempos hace que los físico-matemáticos tengan cada vez más una responsabilidad hacia el medio ambiente. Por ejemplo, la industria tiene un desarrollo impetuoso pues su importancia es vital en las sociedades modernas; esto trae como consecuencia la búsqueda de fuentes de energía nuevas como la nuclear. Por otra parte, la guerra también se ha convertido, desgraciadamente en un factor de desarrollo y utilización de los conocimientos físico-matemáticos. ¿En que medida los conocimientos o resultados de las investigaciones deben ser utilizados cuando es sabido que pueden ser nocivos para la vida sobre la tierra? El físico-matemático debe estar consciente de la importancia social y de la utilización de sus conocimientos, lo cuál supone una posición de carácter ético<sup>9</sup>.

## 3. La Educación Ambiental

Las vías de la EA son la formal y la no formal fundamentalmente. Mediante estas deben ser abarcados tres aspectos fundamentales de toda carrera universitaria: el puramente académico (las clases), el investigativo (importante sobre todo para quien se va a graduar como físico o matemático) y el laboral (lo relacionado con la posible labor a desempeñar en el futuro, por ejemplo, en México, impartir clases).

### i) La vía formal

Esta vía se logra fundamentalmente a través de las clases, en las aulas; Como hemos ido señalando, los fenómenos ambientales tienen relación con asignaturas tales como electromagnetismo, óptica, oscilaciones y ondas, física atómica y nuclear, ecuaciones diferenciales y una que no siempre existe en los planes de estudio: la historia o filosofía de la física-matemática. Es menester que se realice la ambientalización de las asignaturas ya que de aquí parte el trabajo directo con los estudiantes; Los ejemplos de la sección anterior se refieren a problemas ambientales agudos, pero para desarrollar la EA no necesariamente se deben tratar problemas críticos, es posible tratar el medio ambiente en general; Algunos ejemplos son los siguientes:

- En mecánica, los conceptos y leyes relacionados con la aceleración de la gravedad, las velocidades cósmicas y la fuerza de gravitación universal se pueden emplear en la explicación de la consistencia de la atmósfera y de las mareas.
- En física molecular, las magnitudes temperatura y presión se pueden ver en relación con los vientos, las tormentas y los ciclones.

- En oscilaciones y ondas se pueden tratar los terremotos, los maremotos y las ondas de choque.
- En óptica, se puede usar el concepto de difusión de la luz para abordar la problemática del smog.
- En física atómica y nuclear, la radioactividad, las centrales núcleo-eléctricas y la generación y uso de energía por el hombre, etc.
- En las clases de ejercitación es posible proponer problemas cuyo contenido sea el aspecto físico de cuestiones ecológicas o en general, ambientales; se puede proponer un problema como el siguiente:
- a estratosfera absorbe el 3% de la energía solar que le llega, debido a su contenido de ozono:
  - 1) Calcule su coeficiente de absorción si se considera que tal capa atmosférica se extiende desde los 20 hasta los 60 km de altura.
  - 2) ¿Qué significaría una disminución de la concentración de moléculas de ozono (hueco en la capa de ozono)?

La discusión de uno de estos problemas, aunque esté centrada en los aspectos de las leyes físicas, es muy instructiva en lo que respecta a problemas ambientales reales y debe ser aprovechado ese potencial.

Se pueden proponer actividades a manera de seminarios en los que los estudiantes presenten los elementos físico-matemáticos de alguna cuestión de carácter ambiental, por ejemplo, las celdas solares, su estructura y funcionamiento, los cálculos de producción de energía en cierta zona, el ahorro que representa su uso en una casa promedio, etc.; pudiera tratarse también la radiación infrarroja, ultravioleta, ionizante, sonora (incluyendo el ultrasonido), sus efectos biológicos, las medidas contra los efectos negativos, etc.

ii) La vía no formal

En esta vía de EA es común la realización de eventos o concursos estudiantiles; en lo relacionado con la carrera de física y matemática es factible también; pueden ser también discutidos, después de ser bien seleccionados por el profesor, artículos de periódicos y revistas y videos; pueden realizarse visitas a museos y excursiones, mantener murales con información ambiental, etc.

### Consideraciones finales

Para nosotros, una vía de gran importancia, por su efectividad, es el tratar de realizar la educación ambiental en actividades que tengan una relación lo más directa posible con el perfil concreto de los estudiantes: la docente si se trata de formar profesores o la investigativa si se formarán físicos y matemáticos "puros"; este aspecto de carácter laboral debería ser tomado en cuenta de forma explícita en la estrategia de las carreras.

La forma de abordar desde la clase los problemas ambientales es variada; para ello no es necesario tiempo adicional si se seleccionan adecuadamente los momentos en que se manifiesta algo de interés desde el punto de vista físico o matemático; debe tenderse a lograr la dimensión ambiental correcta de las asignaturas.

Lo anterior supone solamente un poco de preparación específica de quien enseña pero vale la pena un pequeño esfuerzo por la importancia de los problemas ambientales hoy día y el creciente papel que desempeñan los físicos y matemáticos en su tratamiento y solución.

### Notas:

<sup>1</sup> YABLOKOV, A. y OSTROUMOV, S. (1989): Conservación de la naturaleza viva, Vneshtorgizdat, Moscú. McKIBBEN, B. (1990): El fin de la naturaleza. diana, México, D.F.

<sup>2</sup> GIOLITTO, P. (1984): Pedagogía del medio ambiente, Herder, Barcelona.

<sup>3</sup> BREUER, G. (1989): El aire en peligro, Salvat Editores S.A. España. HOUGHTON, R. y WOODWELL, G. (1989): Scientific American, 260, pp. 18-26. OKKEN, P. A., SWART, R. J. y ZWERVER, S. (editors) (1991): Climate and Energy, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands caps. 1, 2 y 3.

<sup>4</sup> LUDEVID, M. (1998): El cambio global en el medio ambiente, Alfaomega México.

<sup>5</sup> TURK, A., TURK, J. y WITTES, J. (1975): Ecología, contaminación y medio ambiente, Ed.

Interamericana, México, D.F.

<sup>6</sup> VALLS, A. y ALGARA, M. (1994): Radiobiología, Eurobook, Madrid.

<sup>7</sup> Norma Oficial Mexicana NOM-081 SEMARNAT, 1994.

<sup>8</sup> LOGAN, J. (1987): Applied Mathematics, John Wiley and sons, N.Y. USA.

<sup>9</sup> FROLOV, I. y YUDIN, B. (1986): The Ethics of Science, Progreso Publishers, Moscow.

**Correos electrónicos:** [pkom2002@hotmail.com](mailto:pkom2002@hotmail.com)