

EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL ESTUDIO DE LAS ECUACIONES DIFERENCIALES. EXPERIENCIAS CON LOS ESTUDIANTES DE INFORMÁTICA
ENVIRONMENTAL EDUCATION IN THE STUDY OF DIFFERENTIAL EQUATIONS. EXPERIENCES WITH COMPUTER STUDENTS

Autores: Juan Antonio Martín Alfonso¹

Ángel Gómez Argüelles¹

Grisel Valdés Quintana¹

Javier Arza Valdes²

Institución: ¹ Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez

² Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba

Correo electrónico: jmartin@unica.cu

RESUMEN

La educación medioambiental es una tarea permanente de la sociedad, donde la escuela juega un papel determinante en el caso de los niños y jóvenes. La enseñanza universitaria tiene la responsabilidad de contribuir con esta vital tarea logrando un proceso dinámico y participativo, que busca despertar en la población universitaria una conciencia que le permita identificarse con la problemática ambiental a todos los niveles. En el presente trabajo, donde se utilizaron 17 referencias bibliográficas, se ilustra mediante ejemplos las posibilidades que tiene el tema de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias, en particular las ecuaciones de primer orden para contribuir al logro de tan importante objetivo de la educación ciudadana, los ejemplos abordados abarcan varias temáticas de la educación ambiental. Los estudiantes a lo largo de varios cursos reconocen la contribución que este proceder ha tenido en su formación y su actuación positiva ante el medioambiente.

Palabras clave: Educación Ambiental, Ecuaciones Diferenciales, Cambio climático, Contaminación ambiental.

ABSTRACT

The Environmental education is a permanent task of the society, where the school plays a determinant roll in the case of the children and youth. The university education has the responsibility of contributing with this vital task achieving a dynamic and participative process, which searches wake up in the university student population a conscience that allows you to identify with the environmental problem to all the levels. In the present study, where 17 references were used, is illustrated, by means of examples, the possibilities that the topic of the Ordinary Differential Equations, in particular the first order equations, has in order to contribute to the realization of that important objective of the civic education, the showing examples undertake several thematic of the environmental educations. The students along of the numerous courses recognize the contribution that it proceeding has had in their formation and their positive conduct in front of the environmental.

Keywords: Environmental Educations, Differential Equations, Climate shift, Environmental contamination

INTRODUCCIÓN

Constituye un aspecto de vital importancia en la labor educativa de las Universidades en los tiempos actuales, lograr que a través de la enseñanza de las ciencias que se imparten se le aporte al egresado una formación social humanista que los ponga en condiciones de asumir su encargo social desde dicha perspectiva, para poder enfocar adecuadamente este fenómeno, debe partirse de un conjunto de dimensiones, la ambiental, cultural, social. En este trabajo nos referiremos a la dimensión ambiental, teniendo presente que sin ocuparnos de la naturaleza poco futuro de una vida con calidad puede esperarse.

La sociedad para existir y desarrollarse necesita transformar el medio en que vive, necesita el intercambio de sustancias con el medio, lo cual se realiza en primer término mediante el trabajo que crea, lo que los Clásicos del marxismo denominaron la segunda naturaleza (Engels, 1979), es decir, el medio artificial donde habita el hombre y que está condicionado a las particularidades de su cultura y organización social.

Bajo estas premisas y atendiendo a las condiciones actuales, en que el progreso científico – técnico y social en general han originado un poderío del hombre sobre la naturaleza de insospechable magnitud que de no emplearse de forma racional y responsable puede aniquilar a la humanidad o modificar de forma irreversible el equilibrio natural del planeta, es importante atender y responder desde una perspectiva humana a las siguientes interrogantes:

¿Qué actitud adoptar ante la naturaleza?

¿Cuándo es necesario modificarla y cuándo no?

¿En qué dirección hay que transformarla de ser imprescindible?

Esta problemática ha sido ampliamente debatida en numerosos fórums internacionales donde se han emitido documentos de relevancia mundial, entre estos se destacan por su trascendencia la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo, 1972), aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972, la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo emitida en la Cumbre de la Tierra (Cumbre de la Tierra, 1992), celebrada en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992, la que reunió a 125 llamados Jefes de Estado y de Gobierno y a 178 países; en esta cita del orbe el Comandante Fidel Castro pronunció un discurso histórico que inició planteando que “Una importante especie biológica está en riesgo de desaparecer por la rápida y progresiva liquidación de sus condiciones naturales de vida: el hombre” y culminó con «Cesen los egoísmos, cesen los hegemonismos, cesen la insensibilidad, la irresponsabilidad y el engaño. Mañana será demasiado tarde para hacer lo que debimos haber hecho hace mucho tiempo» (Castro, 1992). En el principio 21 de la declaración de dicha cumbre se plantea (Declaración de Río, 1992) “Debería movilizarse la creatividad, los ideales y el valor de los jóvenes del

mundo para forjar una alianza mundial orientada a lograr el desarrollo sostenible y asegurar un mejor futuro para todos". De estas sabias palabras de Fidel y de este principio se evidencia la necesidad de dar una adecuada educación medioambiental de las nuevas generaciones para que puedan enfrentar el reto que la humanidad les ha situado.

Sobre la temática medioambiental existe otro documento de gran relevancia que los jóvenes deben conocer con profundidad, por ejemplo, el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático (Kioto, 1998), un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global, dicho protocolo aún no ha sido firmado por alguno de los grandes emisores de dichos gases.

En el 2012 fue celebrada la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible conocida como la conferencia Río+20 (Río+20, 2012), donde los Jefes de Estado y de Gobierno y los representantes de alto nivel, reunidos en Río de Janeiro Brasil entre el 20 y el 22 de junio de 2012, con la plena participación de la sociedad civil, renovaron los compromisos en pro del desarrollo sostenible y de la promoción de un futuro económico, social y ambientalmente sostenible para nuestro planeta y para las generaciones presentes y futuras.

En varios países se han emitido leyes sobre el medio ambiente en concordancia con el principio 11 de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Declaración de Río, 1992), el cual fue ratificado en la Cumbre Río+20 (Río+20, 2012), y establece que los estados deberán promulgar leyes eficaces sobre el medio ambiente. Por ejemplo en Cuba con la finalidad de proteger el medio ambiente y establecer las pautas para lograr el desarrollo sostenible, fue emitida la ley 81 Del Medio Ambiente del 11 de julio de 1997 (Ley 81, 1997). Dentro de sus objetivos expresados en su artículo 9 se establece:

- c) Promover la participación ciudadana en la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible.
- d) Desarrollar la conciencia ciudadana en torno a los problemas del medio ambiente, integrando la educación, la divulgación y la información ambiental. Varios autores (Rodríguez, 2000) (Mosqueda, s.f) (Fernández, 2011) (Castro Díaz Balart, 2004)

(Díaz, s.f) (Lina, s.f) han abordado como contribuir a este fin mediante la enseñanza de la matemática en los diferentes niveles. Aunque se haya trabajado en esta dirección, la educación ambiental sigue siendo un campo de la Matemática Educativa que requiere de la creatividad de los docentes en los diferentes niveles de enseñanza.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto y considerando que las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias, en particular las de primer orden, constituyen un modelo que reflejan numerosos fenómenos de la naturaleza y la sociedad; y por ende reflejar la relación del hombre con el medio ambiente. Podemos afirmar que en esta temática, que se estudia en diversas carreras, existen amplias posibilidades para contribuir a lograr en los estudiantes una adecuada educación ambiental, que se corresponda con las políticas de protección del medio ambiente y del trabajo por un desarrollo sostenible. El objetivo del presente trabajo es ilustrar mediante ejemplos las potencialidades de las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias para la educación medioambiental.

La educación ambiental es un proceso dinámico y participativo, que busca despertar en la población una conciencia que le permita identificarse con la problemática ambiental tanto a nivel general (mundial) como a nivel específico (medio donde vive); busca identificar las relaciones de interacción e independencia que se dan entre el entorno (medio ambiental) y el hombre, así como también se preocupa por promover una relación armónica entre el medio natural y las actividades antropogénicas a través del desarrollo sostenible, todo esto con el fin de garantizar el sostenimiento y calidad de las generaciones actuales y futuras.

En correspondencia con la Carta de Belgrado (Belgrado, 1975), documento del Seminario Internacional de Educación Ambiental realizada en Belgrado, del 13 al 22 de octubre de 1975, los Objetivos de la Educación Ambiental a nivel mundial son:

- Toma de conciencia. Ayudar a las personas y a los grupos sociales a que adquieran mayor sensibilidad y conciencia del medio ambiente en general y de los problemas.

- **Conocimientos.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir una comprensión básica del medio ambiente en su totalidad, de los problemas conexos y de la presencia y función de la humanidad en él, lo que entraña una responsabilidad crítica.
- **Actitudes.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir valores sociales y un profundo interés por el medio ambiente.
- **Aptitudes.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir las habilidades necesarias para resolver los problemas ambientales.
- **Capacidad de evaluación.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a evaluar las medidas y los programas de educación ambiental en función de los factores ecológicos, políticos, sociales, estéticos y educativos.
- **Participación** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a que desarrollen su sentido de responsabilidad y a que tomen conciencia de la urgente necesidad de prestar atención a los problemas del medio ambiente, para asegurar que se adopten medidas adecuadas al respecto.

DESARROLLO

Del análisis de todas las disposiciones existentes a nivel global se evidencia la fuerza que hay que dar a la educación ambiental y que no debe despreciarse ninguna oportunidad para ello. A continuación se muestran nuestras experiencias durante varios años de docencia, sobre cómo proceder al impartir las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de forma tal que se pueda contribuir a la educación medioambiental de los estudiantes que se enfrentan a este contenido matemáticos de alta complejidad.

La primera cuestión a considerar es la elección del contenido que tiene potencialidades para poder establecer debates de temáticas medioambientales con los estudiantes, así por ejemplo, dentro de las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias, las de primer orden son las más apropiadas.

En ocasiones se desperdician oportunidades pues se eligen ejercicios y problemas que no permiten desarrollar la labor educativa existiendo otros con igual

complejidad matemática en su solución que si lo permiten, por ejemplo en una clase de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de primer orden, se puede formular el ejercicio: Determine una función en la cual el valor de la derivada en cada punto sea 0.02 del valor de la ordenada. Está claro que este enunciado conduce a la ecuación diferencial $\frac{dy}{dx} = 0.02y$ y la que tiene por solución a la familia de funciones

$y(x) = c e^{0.02x}$ donde c es una constante, ejercicio que no tiene potencialidades para dicho trabajo, pero si nos planteamos el siguiente problema que aparece en uno de los textos que deben consultar los estudiantes, el cual conduce a la misma ecuación diferencial, entonces estamos en condiciones de establecer un amplio debate con los estudiantes.

La producción de alimentos a nivel mundial se ha visto afectada por los cambios en el clima de la tierra. Los agrónomos calculan que se necesitan 1000 m² de tierra para proveer de alimentos a una persona. Por otro lado se calcula que hay 40.10¹²m²de tierra cultivable en el mundo y por lo tanto se puede sostener a una población máxima de 40 000 millones de personas si no hay ninguna otra fuente de alimentación. La población de la tierra en 1980 era de 4 500 millones de habitantes. Suponiendo que la población crece a razón de 2 % al año. ¿Cuándo se alcanzará la población máxima que la tierra puede alimentar? (Swokowski, 1984). Al modelar esta situación considerando $y(t)$ la población en el año t , donde $t = 0$ representa el año 1980, se arriba al problema de Cauchy

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} = 0.02y \\ y(0) = 4500 \end{cases}$$

Cuya solución es $y(t) = 4500 e^{0.02t}$, de acuerdo a lo planteado en el texto se arriba a la ecuación exponencial $40\,000 = 4500 e^{0.02t}$, la que tiene por solución $t \approx 109$ años. Esto significa que en el año 2089 se alcanzará la población máxima que la tierra puede alimentar

En este tipo de problemas se puede abordar con los estudiantes el tema del cambio climático y sus causas. El papel de cada Gobierno en buscar solución a los efectos del mismo.

Muy importante debatir los efectos: inundaciones por fuertes lluvias, destrucción por fuertes vientos, penetración del mar, temblores de tierra, desertificación y salinización de suelos, deforestación e incendios. La flora y la fauna sufren la agresión directa de estos fenómenos. Por lo tanto esto se traduce en pérdida en los recursos alimentarios de las personas, lo que conduce a que la población estará expuesta al hambre, las enfermedades, las epidemias y la muerte. Pueden situarse ejemplos de lugares arrasados por los efectos del cambio climático.

Muchos temas que están contemplados en los planes de estudio abarcan contenidos que esperan ser explotados por los profesores pues brindan una fuente extensa de información encaminada a dar publicidad a temas tan candentes como el calentamiento climático y otros desastres ecológicos que son inherentes a la actividad del hombre sobre el planeta. Pero pocos docentes se lanzan a la búsqueda de estos problemas que no solamente sirven de ejercitación de esos contenidos sino que constituyen la piedra angular para el desarrollo de una cultura ecológica y medioambiental desde el aula.

Citamos como ejemplo un problema clásico en el tema de ecuaciones diferenciales donde con el mismo se pretende ejercitar la solución de ecuaciones diferenciales lineales de primer orden:

Una FEEM de $200 e^{-5t}$ se conecta en serie con un resistor de 20Ω y un capacitor de $0,01F$. Si se supone que $q = 0$ cuando $t = 0$. Encuentre la ecuación diferencial que modela el problema y resuélvala.

Después de trabajar el alumno llega felizmente a la ecuación lineal de primer

orden $\frac{dq}{dt} + 5q = 10 e^{-5t}$, con la condición inicial $q(0) = 0$, la cual puede ser

resuelta con facilidad por los alumnos

Veamos ahora una versión de ese mismo contenido pero aplicado a un problema ecológico, que puede ser resuelto en clase u orientado para el estudio independiente.

En una isla una especie de ave, la cual se encuentra en extinción, se alimenta de insectos que atacan en plagas a grandes extensiones de cultivos para la alimentación del hombre. La población de aves en esa isla tiene un crecimiento que por datos experimentales se puede describir por la ecuación diferencial $\frac{dy}{dt} = (3 \operatorname{sen} 2\pi t)y$ y donde t es el tiempo en años y corresponde al comienzo de la primavera. La emigración o migración hacia la isla se da por estaciones. La intensidad de la migración está dada por $M(t) = 2000 \operatorname{sen}(2\pi t)$ aves por año.

Encuentre la ecuación diferencial que modela el problema y calcule conociendo que $y(0) = 500$. Determine la población máxima.

Como en el primer caso después de analizado el problema se llega al modelo:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} - (3 \operatorname{sen} 2\pi t)y = 2000 \operatorname{sen}(2\pi t) \\ y(0) = 500 \end{cases}$$

Que al igual que el caso anterior es una ecuación diferencial lineal de primer orden con condición inicial, cuya solución es:

$$y(t) = \frac{1}{3} \left(3500 e^{-\frac{3}{2\pi}(\cos(2\pi t)-1)} - 2000 \right)$$

En la Fig.1 se ha representado dicha función para t entre 0 y 3 años, como se observa se trata de una función periódica que nos da la población de aves en la isla, alcanzándose una población máxima de 2365 aves, valor que se determina aplicando las técnicas del cálculo diferencial.

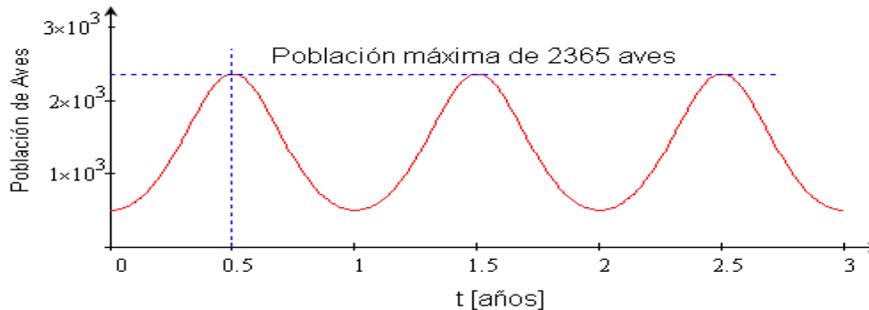


Fig. 1 Dependencia de la población de aves con el tiempo, expresado en años.

Este tipo de ejemplo es bueno aprovecharlo para discutir la agresión de los seres humanos sobre la naturaleza. Las personas con su actuar también lastiman el medio ambiente. Se hace construcciones dónde no se tiene en cuenta la preservación de la flora y la fauna. Se provocan incendios, se usan productos químicos, se desvían los cursos de los ríos, etc. Este ejemplo también da la posibilidad de intercambiar con los estudiantes sobre las ventajas del control biológico de las plagas frente al control mediante agentes químicos.

El siguiente ejemplo permite provocar una conversación de clases con grandes potencialidades para el debate sobre cuestiones relacionadas con las especies en peligro de extinción, la caza indiscriminada de dichas especies, las especies endémicas, etc.

Dos guardabosques descubren el cuerpo de un jabalí muerto cuya caza está en veda por el peligro de extinción a que está sometido este animal y ambos se disponen a capturar al cazador que luego regresó a recoger su presa.

El hombre negó haber disparado contra el jabalí, aunque algunos testigos afirman que al detener al cazador hacía dos horas que habían escuchado el disparo ¿Cómo resolvieron el enigma?



Fig. 2 Representación de la situación narrada en el texto.

Según datos reales, la temperatura del cuerpo de un jabalí vivo es de 37°C ; si en el momento de detener al cazador la temperatura del jabalí era de 31°C y pasada una hora era de 29°C siendo la temperatura del aire de 21°C , es posible tomando como $t = 0$ (el tiempo de detención del cazador) determinar también el tiempo del disparo. Según la ley de variación del calor la velocidad de enfriamiento de un cuerpo en el aire es proporcional a la diferencia entre la temperatura del cuerpo y la temperatura del aire, es decir, siendo x la temperatura del cuerpo en el instante t , a es la temperatura del aire y k un factor de proporcionalidad positivo. Por lo tanto se arriba al siguiente modelo para el problema.

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -k(x - 21) \\ x(0) = 31 \\ x(1) = 29 \\ x(t_v) = 37, t_v \text{ corresponde al jabalí vivo} \end{cases}$$

La solución general de dicha ecuación es $C - kt = \ln|x - a|$, de la aplicación de las condiciones resulta que $t = -\ln\left|\frac{x-21}{10}\right| : \ln\frac{5}{4}$ y por lo tanto el tiempo que t_v correspondiente al último instante donde el jabalí estaba vivo está dado por:

$$t_v = -\ln\left|\frac{37-21}{10}\right| : \ln\frac{5}{4} = -\ln\frac{16}{10} : \ln\frac{5}{4} = -\ln\frac{8}{5} : \ln\frac{5}{4} \approx -\frac{0.47}{0.22314} \approx -2.106 \text{ horas.}$$

El signo menos indica que el disparo se produjo hacía 2 horas y 6 minutos lo cual concordaba con lo dicho por los testigos. El cazador se confesó culpable.

El profesor, una vez declarado culpable al cazador, debe abordar el tema de la caza indiscriminada. No siempre es ilegal. A veces se prioriza el tema alimentación sin valorar la especie, si está o no en extinción. El tiempo en que se efectúa la caza es importante, para no impedir su natural reproducción. Se pueden discutir los temas de la legalidad y de la disciplina social. Así como referirse a tráfico ilegal de especies y a que cada país tiene sus restricciones que deben ser respetadas.

Finalmente discutiremos un ejemplo con amplias potencialidades para debatir sobre cuestiones relacionadas con la contaminación ambiental.

Una habitación mide $3.5\text{m} \times 5\text{m} \times 3\text{m}$ y contiene originalmente 0.001% de monóxido de carbono (CO) en el aire. Al tiempo $t = 0$, como se ilustra en la Fig. 3 entra en la habitación humos con 5% de CO a razón de $0.004\text{ m}^3/\text{min}$. El aire bien mezclado se extrae con la misma intensidad:

- Encuentre la fórmula para el volumen de CO que hay en la habitación al tiempo t
- El mínimo nivel de CO que se considera peligroso para la salud es de 0.015% . ¿Después de aproximadamente cuántos minutos contendrá la habitación este nivel.

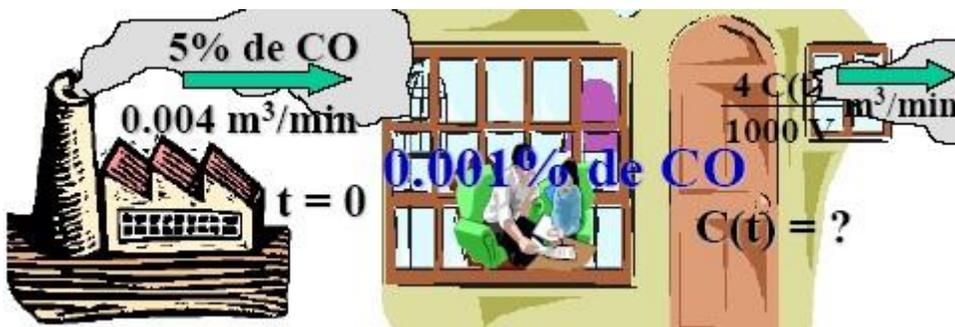


Fig. 3 Representación de la situación narrada en el texto sobre la variación del nivel de CO en una habitación.

Sea $C(t)$ la cantidad de CO que existe en cada instante t en la habitación, denotemos con $V = 52,5\text{m}^3$ el volumen de la habitación, para $t = 0$ se tiene un

volumen de CO igual a $V \times 10^5 m^3$. Se incorpora una cantidad de CO a la habitación de $2 \times 10^4 m^3 / min$, mientras que sale una cantidad de CO de $4 \frac{C(t)}{V} \times 10^{-3} m^3 / min$. Está claro que un instante de tiempo t se cumple la relación

$$\frac{dC}{dt} = \text{Proporción de la cantidad ganada} - \text{Proporción de la cantidad perdida}$$

Por lo que el siguiente problema de Cauchy modela la situación descrita.

$$\begin{cases} \frac{dC(t)}{dt} = 2 \times 10^{-4} - 4 \frac{C(t)}{V} \times 10^{-3} \\ C(0) = V \times 10^{-5} \end{cases}$$

De la solución de este problema se arriba a que la fórmula para el volumen de CO

en función del tiempo está dada por $C(t) = \frac{V}{20} - (\frac{V}{20} - V \times 10^{-5}) e^{-\frac{4}{V} 10^{-3} t}$, donde

V representa el volumen de la habitación. En la Fig. 4 se ilustra el comportamiento del CO en la habitación, para que se sature la habitación se requiere un tiempo muy grande, pero como se observa en el inserto de dicha figura el nivel máximo admisible para la salud humana se alcanza en un tiempo relativamente corto. Para calcular el tiempo en que se alcanza el mínimo valor de CO admisible hay que dar solución a la ecuación

$$\frac{V}{20} - (\frac{V}{20} - V \times 10^{-5}) e^{-\frac{4}{V} 10^{-3} t} = 1.5 \times 10^{-4} V$$

La que tiene por solución $t_c = 36.807$ min. Es decir que a los 37 min aproximadamente hay que abandonar el recinto.

El tema a debatir en este caso, es la gran contaminación a que están sometidas las ciudades, por los productos tóxicos que se vierten hacia la atmósfera. Pueden situarse como ejemplos la cantidad de vehículos que transitan sin los requisitos necesarios, las fábricas, que enrarecen el aire que respiramos con sus desechos.

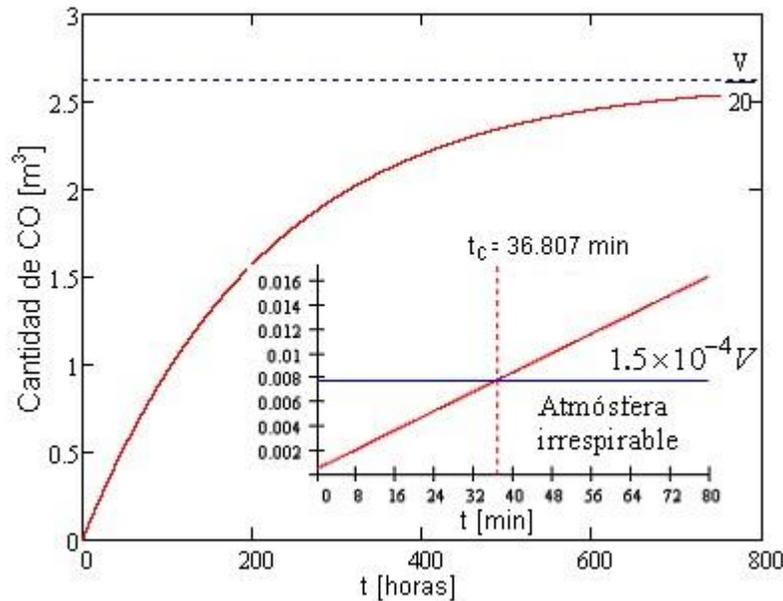


Fig. 4 Dependencia de del nivel de CO con el tiempo en la habitación. En el inserto se destaca el momento en que la cantidad del gas alcanza el nivel dañino para la salud.

Imprescindible resulta abordar el tema de las guerras, que propician calentamiento pero también vertimiento de productos altamente nocivos para el medio ambiente. Se puede hacer referencia a la existencia de convenios internacionales como el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático (Kioto, 1998) que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de al menos un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990. Se debe destacar que Estados Unidos gran emisor de estos gases como no ha ratificado el protocolo; se les puede orientar a los estudiantes que indaguen sobre el estado actual del cumplimiento de dicho protocolo.

Por la experiencia de los autores, existen muchas posibilidades dentro del estudio de las Ecuaciones Diferenciales de Ordinarias de Primer Orden, que permiten

abordar el daño que diariamente le hacemos al Medio Ambiente con el actuar negligente de personas y Gobiernos.

Pueden ser elaborados problemas que reflejen situaciones que permitan introducir el tema. De esta manera, puede formarse una conciencia ciudadana al respecto y por lo tanto, la formación del profesional será mucho más integral.

Estos y otros ejemplos han sido empleados en las clases de estos contenidos durante varios cursos y siempre se ha logrado establecer un debate muy productivo durante la clase de matemática y los estudiantes reconocen que dichos debates le han contribuido a su formación ciudadana y actuar con mayor responsabilidad ante el medioambiente.

Por la experiencia de los autores, existen muchas posibilidades dentro del estudio de las Ecuaciones Diferenciales Ordinarias de Primer Orden, que permiten abordar el daño que diariamente le hacemos al Medio Ambiente con el actuar negligente de personas y Gobiernos.

Pueden ser elaborados problemas que reflejen situaciones que permitan introducir el tema. De esta manera, puede formarse una conciencia ciudadana al respecto y por lo tanto, la formación del profesional será mucho más integral.

Estos y otros ejemplos han sido empleados en las clases de estos contenidos durante varios cursos y siempre se ha logrado establecer un debate muy productivo durante la clase de matemática y los estudiantes reconocen que dichos debates le han contribuido a su formación ciudadana y actuar con mayor responsabilidad ante el medioambiente.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ilustra que el tema de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias, en particular las ecuaciones de primer orden, tienen amplias posibilidades para trabajar en función de la educación medioambiental de los estudiantes. Los ejemplos presentados abarcan varias de las aristas de la educación ambiental, el éxito de la tarea está condicionado al debate que logre establecerse con los estudiantes. Esta experiencia se ha desarrollado durante

varios cursos por los autores en la impartición de estos contenidos matemáticos, con una amplia aceptación por parte de los educandos, los que reconocen la contribución que dicho trabajo ha tenido en su formación y su actuación positiva ante el medioambiente.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

BELGRADO: *La carta de Belgrado, comunicación del Seminario Internacional de*

Educación Ambiental, Belgrado Yugoslavia, del 13 al 22 de octubre de 1975.

Una Estructura Global para la Educación Ambiental. Disponible en

<http://www.jmarcano.com/educa/docs/belgrado.html>. Visitado el 25 de Mayo de 2012.

CASTRO, F.: *Discurso del Comandante Fidel Castro en la Cumbre de La tierra de Río de Janeiro (Brasil) del 3 al 14 de junio de 1992*. Disponible en

<http://heryckrangel.blogspot.com/2011/08/discurso-del-comandante-fidel-castroen.html>. Visitado el 23 de Septiembre de 2013.

CASTRO DÍAZ BALART, F.: *Ciencia Tecnología y Sociedad. Hacia un desarrollo sostenible en la era de la globalización*, Ed. Científico Técnica, La Habana 2004.

ESTOCOLMO: *Conferencia de Estocolmo. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, 5 al 16 junio de 1972*. Disponible en

<http://www.ecologiahoy.com>. Visitado el 25 de Julio de 2013.

CUMBRE DE LA TIERRA: *Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro ,3 al 14 de junio de 1992*. Disponible en <http://www.ecured.cu>. Visitado el 15 de Junio de 2013.

DECLARACIÓN DE RÍO: *Declaración de Río sobre el Medio ambiente y Desarrollo 1992*. Disponible en <http://www.urjc.es>. Visitado el 14 de Mayo de 2012.

MOSQUEDA, D. Y ET AL.: *¿Cómo contribuir a fomentar una adecuada educación ambiental a través de la Matemática en los alumnos décimo grado de la educación preuniversitaria?* Disponible en <http://www.ilustrados.com>. (Ilustrados Comunidad Mundial Educativa). Visitado el 14 de Febrero de 2012.

ENGELS, F.: *Dialéctica de la Naturaleza*, Ed. Política, La Habana, 1979.

FERNÁNDEZ, K.; ABAD, G.: Enseñar y aprender matemáticas desde el enfoque ciencia -tecnología-sociedad-medio ambiente, en *Educación Inclusiva*, Vol. 4, Nº. 2, pp. 99-110, 2011.

KIOTO: Protocolo de Kioto sobre el cambio climático ,16 de marzo de 1998. Disponible en <http://www.ceida.org>. Consultado el 23 de Mayo de 2013.

LEY 81: Ley 81 sobre Medio Ambiente. *Gaceta Oficial de la Republica de Cuba*. Extraordinaria, 11 de Julio de 1997.

LINA, M.; FLORES, P. Y GUTIÉRREZ, J.: *Matemáticas «ambientales»*. Departamento de Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada. Disponible en http://www.ugr.es/~pflores/textos/aRTICULOS/Propuestas/Jaen_ambienta.pdf. Visitado el 22 de Mayo de 2013.

DÍAZ, P.: La Educación Ambiental del alumno de secundaria. Disponible en <http://www.revistavarela.rimed.cu>. Consultado el 23 de Junio de 2012.

Río+20. *Documento final de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible*. [ed.] A/CONF.216/L.1. Río de Janeiro (Brasil): Naciones Unidas, 2012.

RODRÍGUEZ, M; CABERO, MA. TERESA, ET AL.: «La Estadística como instrumento de medida de un programa de intervención relacionado con el Medio Ambiente», *Psicothema*, CODEN PSOTEG, Vol. 12 Supl. nº 2, p. 479-481, 2000.

SWOKOWSKI, EARL W.: *Cálculo con Geometría Analítica*, p-552, 2da Edición, 1984.