

TECNOLOGIA, CRISIS AMBIENTAL Y ROL DE LA EDUCACION TECNOCIENTIFICA

Por:

Lic. Cecilio Díaz Carela¹

V Encuentro Latinoamericano y
Del Caribe de Ex Becarios
Del Estado de Israel

Tema
Educación, Comunidad y
Ambiente

Santo Domingo, Rep. Dom.
Octubre del 2005.

¹ Ex Becario de Israel y miembro de la Sociedad Shalom desde 1995. Profesor de Ecología y Estudiante doctoral de Filosofía de la Universidad Complutense de Madrid, bajo la Asesoría del Dr. Luis Méndez Francisco.

TABLA DE CONTENIDO

1.-	Introducción.....	03
2.-	La posibilidad del análisis crítico.....	04
3.-	Aproximación conceptual al medio ambiente.....	09
4.-	Hipótesis sobre la evolución natural del medio ambiente.....	11
5.-	Existencia y naturaleza del problema ambiental.....	16
6.-	Las tecnologías y el medio ambiente.....	22
7.-	Consumo energético y energías alternativas.....	26
8.-	Discusión y conclusiones.....	31

1.- Introducción.

En la presente ponencia introduciremos el tema del impacto que tiene la Tecnología en la Crisis Ambiental, así como el rol que debe jugar la educación para la ciencia y la tecnología como mecanismo liberador de la conciencia de las nuevas generaciones, en cuanto a la manipulación que ejerce el desarrollo tecnológico, como fuente de innovación y satisfacción de necesidades. La educación para la ciencia y la tecnología no ha podido cumplir con su rol, ni tampoco se le ha dado la oportunidad de hacerlo, como la forjadora de una conciencia esclarecida en cuanto a los avances tecnológicos, así como de las leyes científicas en las que se apoyan dichos avances.

La sociedad esta recibiendo la innovación tecnológica con júbilo en cuanto a que supone que la misma viene a resolver una necesidad. No obstante no tiene noción de si tal necesidad existía o fue creada, mediante la manipulación de la propia innovación tecnológica. En tal sentido, es necesario reflexionar y conocer el origen y los factores involucrados en la innovación tecnológica para lo cual es preciso que la educación formal los incorpore como parte de la formación del individuo, que no sólo va a disfrutar de los nuevos avances tecnológicos, sino que además va a poner en riesgo su propio entorno y hasta su futuro.

La sociedad de hoy, poco educada en asuntos de ciencia y tecnología, no parece importarle más que la satisfacción de sus necesidades, creadas o no; independientemente del daño que a corto, mediano o largo plazo pueda sufrir su entorno, así como de la pérdida de la biodiversidad, el agotamiento de los recursos naturales y el debilitamiento que está sufriendo la calidad de vida como consecuencia de la Crisis Ambiental. En tal sentido la mayoría de los grandes avances tecnológicos se aceptan como actos de pura magia, por lo que no se le dedica tiempo para la reflexión, provocando con esta actitud que una buena parte de nuestros educando se enrolen en la vida pública sin haber visto ni oído hablar, en su escuela, por ejemplo, de circuito integrado, flujo de electrones. Tecnología de rayos láser, destilación química, motor de combustión interna, petroquímica, principios de refrigeración, técnicas de enfriamiento, cracking catálico, entre otros. Tampoco sobre termodinámica, bomba de hidrógeno, bomba nuclear, energía solar, la celda fotoeléctrica, la corriente directa, etc. Y lo que es peor, muchos emplean estos avances tecnológicos y le

dan entrada a su propio hogar, sin conocer las bases de su creación y lo perjudicial o beneficioso que puede resultar para el medio ambiente. En otras palabras, los individuos no cuentan con elementos de juicios confiables, a la hora de reflexionar, para oponerse o apoyar tal o cual iniciativa en cuanto a uso de tecnologías; sólo poseen el único sentido al que le dan oportunidad de alcanzar, que es la satisfacción personal. Pero este tipo de conducta genera a una humanidad subyugada, que no quiere conocer el por qué de las cosas y limitada cada vez a ver su mundo, no a conocerlo. Desde Platón, filósofo griego del siglo IV a.C., conocer el mundo es saber por qué es como es y no de otra manera, es decir dominar las cadenas causales que determinan los hechos.

2.- La posibilidad del análisis crítico.

Podemos asegurar dos cosas: 1) nos encontramos frente a una crisis ambiental y 2) la era del “ambientalismo” ha llegado o como afirma Weizsäcker estamos viviendo las postrimerías del siglo de la economía y nos adentramos en el siglo del medio ambiente: *“En él todo el que se tenga por realista se verá forzado a justificar su forma de actuar como una contribución al mantenimiento del medio ambiente”*². No resulta fácil identificar cual es la causa y cual el efecto ni siquiera si hay relación de causa y efecto. El hecho objetivo es una crisis ambiental que dura ya varias décadas y, en cierto modo, la era del pensamiento ambiental también lleva decenas de años orbitando la conciencia y la preocupación de científicos, pensadores, poetas, filósofos, políticos y amplios sectores de la vida cotidiana procedentes de todas las naciones del planeta. La realidad de la crisis emergió desde corrientes de opinión y de pensamiento naturalista y ecologista como respuesta a los problemas, como ocurre con la filosofía, que emerge cuando hay problemas. En consecuencia, el planteamiento de una educación tecnocientífica y de una ética de la biosfera nace con la conciencia de la crisis ambiental y se desarrolla a medida que la primera se hace más compleja. La perspectiva histórica de las éticas ambientales y de las éticas ecológicas demuestra que desde hace tres décadas o más la crisis ambiental comenzaba a someter a la consideración de los filósofos, en el ámbito de la ética, el problema de la relación hombre – naturaleza.. También la bioética, que se ocupa de la

² Weizsäcker, Ernst U. von, *Política de la tierra*, editorial Sistema, Madrid 1993, p. 22

reflexión moral sobre la vida, se adentra en el ámbito de las cuestiones ecológicas cuando atiende a la destrucción de las especies vivientes o a la alteración del equilibrio de la biosfera.

La construcción del discurso ético sobre los problemas del medio ambiente, que oriente a la sociedad actual en su relación con la naturaleza y proponga acciones coherentes con objetivos como la salud ambiental y la calidad de vida de los ciudadanos y sea útil para que los individuos puedan afrontar con éxito los problemas ambientales, constituye una meta insoslayable de la educación tecnocientífica. Proteger la riqueza de las especies y la biodiversidad, asegurar la capacidad de la biosfera para sostener una vida humana digna y los recursos necesarios constituye el objetivo de asegurar la permanencia de la civilización humana en el Planeta.

En coincidencia con la era del pensamiento ecológico, el poder del hombre ha crecido de tal manera que, por primera vez se avizoran situaciones de peligro para la vida humana y de las especies que comparten la biosfera, como consecuencia de los problemas ambientales: *“la gran capacidad científica y técnica que el hombre moderno ha adquirido y con la cual su intervención en los mecanismos de los sistemas sostenedores de la vida en el planeta son cada día más eficaces, alcanzando niveles muy destructivos”*³. Aunque son muchas las personas, pensadores, gobernantes, que no creen que la crisis pueda ser real, sin embargo, somos testigos de un despertar, ligeramente tardío, ante esta crisis y hoy contemplamos variadas corrientes de pensamiento, el ambientalismo, el ecologismo, la ecología profunda, los grupos verdes y múltiples ONGs vinculadas a la defensa de la naturaleza, que ganan adeptos y con su desinteresado esfuerzo contribuyen a sensibilizar una conciencia moral planetaria en torno a las posibles soluciones de la crisis ambiental.

Surgen dudas, sin embargo, en relación con el protagonismo que deben asumir las Naciones en torno a la crisis y la cuota de responsabilidad que a cada una de ellas corresponde. Gran cantidad de seres humanos se encuentran en la actualidad sumidos en una pobreza extrema, su misma lucha por la existencia contribuye al fortalecimiento de la crisis, cuando no son parte de ella. Desde esta perspectiva, el combate contra la pobreza se ha convertido en un procedimiento efectivo para contrarrestar la crisis ambiental. Hasta el

³ Méndez Francisco, Luis, “Medio Ambiente y Población”, en la revista *RS Cuadernos de Realidades Sociales*, vol. 33; núms. 65 / 66, Madrid 2005, p. 205.

presente abundan las declaraciones solemnes y las naciones asumen el reto de muy diversas maneras, los países con mayores posibilidades lo están haciendo tímidamente, permitiendo el estancamiento de la crisis a causa de la lentitud e ineficacia con que se enfrenta. Las Naciones Unidas (ONU) es un organismo con la suficiente representatividad para encarar el problema pero carece de recursos para llevar a cabo la vasta tarea a realizar. Las naciones ricas y poderosas del planeta prefieren invertir sus recursos en programas de defensa contra el terrorismo y el narcotráfico, en promociones comerciales, en planes de desarrollo y hasta en guerras absurdas que, si bien pueden convertirse en iniciativas necesarias o convenientes para los diferentes sectores de la sociedad, no es menos cierto que en la mayor parte de los casos no se tienen en cuenta los asuntos ambientales ni la lucha contra la pobreza. Actualmente el mundo destina 780 mil millones de dólares a gastos militares y apenas 56 mil millones para programas de desarrollo. Es más cierto cada día que si no se orienta el desarrollo en armonía con la naturaleza, pueden producirse daños irreparables que impedirán no solo el desarrollo de los pueblos sino las necesarias expectativas de futuro que el hombre necesita. Hasta la disponibilidad de los necesarios recursos económicos se verá afectada ostensiblemente, poniendo en peligro buena parte de lo que ya se ha alcanzado.

Un importante problema al que se enfrenta la civilización es el de la conversión del ciudadano en un consumidor impenitente, que cada día demanda más artículos para satisfacer su megalomanía, impulsada por una serie de necesidades superfluas fruto de la ambición desmedida del mercado, que ha traído como consecuencia el emplazamiento de una cultura del despilfarro, tan del gusto de los habitantes de las naciones ricas del planeta. Estos países constituyen el 15% de la población mundial, pero consumen el 56% de la producción. Este estilo de vida no es compatible con un desarrollo sostenible ni con el uso racional de los recursos naturales y en el Informe Brundtland se *“exige que quienes son más ricos adopten modos de vida acordes con medios que respeten la ecología del planeta”* ⁴ puesto que el consumismo actual empobrece el planeta que habitamos, generando un aumento desmedido en la contaminación debido a sus procesos productivos.

⁴ Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, Nuestro futuro común, Alianza editorial, Madrid 1988, n°29, p. 29.

La huella ecológica, desarrollada por William Rees y Mathis Wackernagel (1990), es un indicador ambiental que integra la demanda de recursos y la capacidad de generación y asimilación de residuos contaminantes, demuestra que la acumulación de contaminantes se ha convertido en un asunto de capital importancia, no sólo por la cantidad sino por la variedad y nocividad de las sustancias que integran los residuos. Muchos de ellos son sólidos, pero otros van a parar a las cloacas, con sistemas inadecuados de alcantarillados, emisarios submarinos sin plantas de tratamientos, convirtiéndose finalmente en carga pesada para el ambiente. Los vertidos de desechos tienen distintas procedencias: del uso doméstico provienen entre otros los productos químicos para limpieza del hogar, cosméticos, detergentes, envases plásticos para envolver o para el almacenamiento de agua y otros desechos sólidos como basura orgánica y aguas residuales; de las actividades industriales provienen productos elaborados con sustancias químicas persistentes, (PO's) o derivados de hidrocarburos, surfactantes, pesticidas, aceites lubricantes para vehículos de motor, desechos provenientes de la actividad hospitalaria, carburantes y residuos de combustibles fósiles. El uso de motores de combustión interna en automóviles, autobuses, vehículos de carga, transporte marítimo, generación de energía eléctrica, industria primaria, maquinaria agrícola constituyen otros tantos elementos de la contaminación urbana e interurbana de todo el planeta. Se estima que unos setenta mil productos químicos sintéticos han sido descargados en los océanos del mundo y sólo unos cuantos de ellos son monitoreados, precisamente aquellos que tienen que ver con la salud humana, y no con el impacto ecológico. Otro factor de gran notoriedad mundial es el de la generación de gases de efecto invernadero, producidos por las actividades humanas. Estos gases son el producto directo del refinado y consumo de combustibles fósiles, específicamente petróleo y carbón. Los gases de efecto invernadero, en particular el dióxido de carbono (CO₂), (la humanidad arroja a la atmósfera cerca de 23 mil millones de toneladas anuales de este gas) pueden ser responsables del cambio climático en el planeta con toda una amplia secuela de consecuencias negativas para la vida del hombre en él.

Ante la situación crítica, no cabe duda de que el ser humano es interpelado a buscar caminos y abrir sendas para hacer frente a la misma. La educación para la ciencia y la tecnología puede contribuir en la elaboración de una visión ética que apoye la reflexión sobre las experiencias habidas y aporte propuestas que permitan aproximaciones al

desarrollo sostenible y a un enfrentamiento positivo de la crisis ambiental. La elección de un fin racional y de los medios conducentes ayudará a adoptar una conducta que capacite para el uso de una estrategia de supervivencia, comenzando por sufragar la deuda ambiental que tenemos frente a la biosfera, así como el uso racional de los recursos naturales en orden al desarrollo económico, para lo cual es necesario encauzarlo, de manera que no perjudique al medio ambiente, despierte la conciencia humana respecto de los retos más importantes que la civilización debe encarar en estos momentos, y avance en la elaboración, fortalecimiento e implementación de un programa de educación ambiental, que sensibilice la conciencia humana respecto de la crisis ambiental y de la necesaria protección de la naturaleza. Ha de promoverse la incorporación de la misma naturaleza física, en que está inserto el ser humano, al “*nosotros comunitario*” lo cual exige “*pasar de una relación de explotación ... a una relación de protección y cuidado de una entidad vulnerable*”⁵, como es el sistema de la naturaleza o como se expresaba el Secretario General de las Naciones Unidas, Butros Gali, en la inauguración de la II Conferencia de ONU sobre Desarrollo y Medio Ambiente: “*al vencer el hombre a la Naturaleza, a su medio, ya no queda ningún oasis para descubrir, ninguna nueva frontera y cada conquista de la naturaleza, que concretemos en lo sucesivo, será en realidad contra nosotros mismos. El progreso ya no es forzosamente compatible con la vida*”.⁶

Con semejante orientación y redefiniendo el imperativo categórico kantiano, Hans. Jonas se pronuncia en los siguientes términos: “*No pongas en peligro las condiciones de la continuidad indefinida de la humanidad en la tierra*”.⁷

3.- Aproximación conceptual al medioambiente

A continuación hablaremos de asunto preferentemente asuntos focalizados en torno al medio ambiente en cuanto concepto que, como otros muchos de cierta amplitud y complejidad, es susceptible de análisis desde diferentes perspectivas y en cuanto categoría de referencia de movimientos sociales como el ecologismo, de procesos económicos tales

⁵ Joan Carrera i Carrera, *Mundo Global Ética Global*, pp. 8- 9.

⁶ Butros Gali, Discurso inaugural, II Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo y Medio Ambiente celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992, en el periódico ABC, 4 de junio de 1992, Madrid, p.72.

⁷ Marta Vázquez, “Una nueva ética para la era tecnológica” en *RS. Cuadernos de realidades sociales*, nº 59 / 60, enero 2000, Madrid, p. 266.

como la revolución industrial o también como denominador común de una larga secuencia de acciones humanas que irrumpen en la naturaleza con menosprecio de la realidad física que constituye el hábitat humano. Se intenta una aproximación al concepto del medio ambiente desde el punto de vista que se proyecta por primera vez en los documentos de la I Asamblea de las Naciones Unidas, celebrada en Estocolmo en el año 1972. Nuestras preferencias enmarcan el fenómeno de la crisis ambiental entre la crisis de mediados del sesenta y se extiende hasta los comienzos del siglo XXI, en concreto con la III Asamblea de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, celebrada en Johannesburgo, Sudáfrica, en el año 2002. La educación para la ciencia y la tecnología debe apoyarse en los saberes geológicos y biológicos, y hacer un planteamiento evolutivo del medio ambiente, para establecer las etapas sucesivas de la evolución, identificar los factores más relevantes del devenir de los asuntos ambientales; sin olvidar el enfoque sociológico y ético de los asuntos medioambientales desde la perspectiva de la crisis que afecta a las relaciones hombre – naturaleza. Al socaire de estos planteamientos se deben mencionar a los pensadores, sociólogos y éticos, filósofos y políticos, en todo caso científicos, que expresan sus opiniones y ofrecen sus propuestas respecto del medio ambiente. La reflexión ética desde la perspectiva ambiental o ecológica puede apoyarse en el interesante ensayo preparado por la doctora Marta Vázquez Martín, titulado “*Veinticinco Años de Ética Ecológica*”.⁸

En el ámbito de la naturaleza, como también sucede en otros muchos, las cosas no surgen de repente; los hechos naturales como los sociales y económicos tienen una trayectoria más o menos larga de causas, circunstancias, condiciones, agentes y factores que los incuban, se desarrollan y maduran. Teniendo en cuenta este supuesto, se pueden plantear los fundamentos de la crisis ambiental, a través de las argumentaciones lógicas y de las conclusiones de los trabajos de investigación empírica que la literatura científica nos ofrece.

La destrucción de los ambientes naturales y especies, por fenómenos telúricos, volcánicos, climáticos ha sido un factor de cierta consideración a lo largo de la historia geológica, ambiental y humana, que ha llevado a cambios y ajustes en la construcción de

⁸ Vázquez Martín, M., *Veinticinco Años de Ética Ecológica. Estudios Filosóficos*, 143 (2001)69-118, San Esteban, Salamanca, España.

nuestra biosfera terrestre, a la desaparición y a la generación de los variados ambientes y de diversas especies. Aunque muchos de los fenómenos naturales se remontan a épocas en las que el hombre todavía no había hecho su aparición sobre la faz de la tierra, después de que aparecieron los homínidos, hace varios millones de años, el planeta ha sufrido grandes transformaciones en su fisonomía, se han producido mortalidades masivas de animales, como las ocurridas en el último gran cambio climático, se provocaron enormes desplazamientos de especies que ya estaban establecidas y aparición de otras nuevas que buscaron la adaptación a las condiciones de un ambiente cambiante. En cambio que en los cien mil años últimos, que llevan viviendo en el planeta los humanos modernos (nuestro *Homo sapiens* de Cro-Magnon) de quién al parecer descendemos, el planeta sale de la última glaciación y los cambios son de menor significación. Sin embargo, no son los fenómenos naturales los que en este caso se consideran como agentes de cambio y alteración de las condiciones de equilibrio de los ecosistemas; es la capacidad del hombre y su civilización la que debe ser objeto de análisis, por su demostrada vocación para promover cambios que parecen alterar las condiciones naturales de la biosfera y perjudicar a las especies ya establecidas en sus hábitats tanto, como a la vida en general. Muchos seres vivos, especies e individuos, se han vuelto más vulnerables debido a una serie de factores adversos devenidos de la explotación abusiva de los recursos, de un desarrollo industrial incontrolado y de un uso tecnológico nocivo. Tales usos civilizatorios han incidido de manera directa o indirecta en la desaparición de especies, en la transformación de los hábitats y en la consiguiente mortalidad de especies de vida silvestre a causa de los plaguicidas, herbicidas y pesticidas, de uso frecuente en la agricultura, o como consecuencia de la contaminación del aire y de las fuentes de suministro de agua. La progresiva ocupación de suelo por parte del hombre para labrantíos, para la urbanización y para abrir vías de comunicación ha reducido las áreas naturales de vida, poniendo en riesgo a muchos seres vivos.

4.- Hipótesis sobre la evolución natural del medio ambiente

Muchos de los problemas ambientales que hoy afrontamos se deben a nuestro desconocimiento sobre la relación organismo-ambiente. Los intentos de aprendizaje no siempre se orientaron al conocimiento y comprensión del medio natural cuanto por el

objetivo de explotar y obtener beneficios inmediatos a costa de la naturaleza. Es decir, en general se ha tratado a la biosfera como un conjunto de recursos a explotar y no como el hábitat donde la humanidad se perpetúa en su ciclo biológico como especie, junto a los millones de otras especies de seres vivientes que conforman la naturaleza viva. La comprensión de la interacción organismo - ambiente es interesante a la vez que importante, a pesar de que todavía algunos de sus principales planteamientos se mantienen en un nivel hipotético. Tal es el caso de la hipótesis de *Gaia*, de la que ahora expondremos algunas aportaciones, partiendo de las declaraciones de su propio autor. James Lovelock (1979) pretendió demostrar de una manera científica la hipótesis de *Gaia*, (el término viene de la diosa griega madre de la Tierra) y en general la teoría de que los organismos vivos no sólo se adaptan pasivamente a las condiciones físicas de su entorno, sino que interactúan activamente para modificar y controlar las condiciones fisicoquímicas del mismo, llámese de la biosfera (Odum, 1995).⁹

En colaboración con Lynn Margulis, Lovelock¹⁰ publicó una serie de artículos en los que resumía las pruebas del control biológico del ambiente físico y la importancia de la función de los microorganismos en dicho control. También Alfred Redfield había contribuido de manera independiente al concepto de *Gaia* en 1958, no obstante fue en el 1979 cuando Lovelock publicó su libro: "*Gaia: A New Look at Life on Earth*", la cual según el propio autor: "*Es una reseña personal de un viaje por el espacio y el tiempo en busca de pruebas para apoyar el modelo de la Tierra*". La hipótesis que Lovelock propone en *Gaia* es que "*la biosfera es una entidad autorreguladora con capacidad para mantener nuestro planeta saludable controlando el ambiente químico y físico*"¹¹. En otras palabras es un super-ecosistema (pero no un superorganismo, puesto que su desarrollo no es controlado genéticamente), con numerosas funciones y ciclos de retroalimentación, que modela extremos de temperaturas y mantiene relativamente constante la composición química de la atmósfera, del suelo y de los océanos. La parte más discutida es aquella en donde Lovelock señala que la comunidad biótica (conjunto de seres vivos) tiene una función principal en la homeostasis biosférica y los organismos comenzaron a ejercer el control poco después de que aparecieron las primeras formas de vida hace ya alrededor de

⁹ Odum, E. *Ecología. Peligra la Vida*, Editorial Interamericana McGraw-Hill, México 1995, p. 268.

¹⁰ *Ibidem*, pág.49.

¹¹ *Ibid.*, pág.49.

3,500 millones de años. Para otras hipótesis son los procesos geológicos o geoquímicos (abióticos) los que produjeron las condiciones favorables para la vida y ésta simplemente se adaptó a tales condiciones.

Oparin y Haldane¹² sostienen la teoría de que la vida se originó en el medio acuático, en lo que se denominó la “sopa orgánica”. Estos autores plantearon Por primera vez, en el decenio de 1920, la hipótesis de que moléculas orgánicas sencillas, como azúcares, nucleótidos y aminoácidos pudieron haberse formado a partir de materia prima no viva. Su hipótesis fue sometida a prueba por S. Miller y H. Urey, quienes reprodujeron en laboratorio las condiciones que se pensaba existían en la tierra primitiva. Sometieron a una atmósfera rica en hidrógeno [H], metano [CH₄], agua [H₂O] y amoníaco [NH₃] a una descarga eléctrica que simulaba relámpagos. El análisis de las sustancias producidas reveló la presencia de aminoácidos y otras moléculas orgánicas. En experiencias más recientes se ha descubierto, sin embargo, que la atmósfera primitiva no era rica en metano ni amoníaco, no obstante experimentos similares con diferentes combinaciones de gases han producido una gran variedad de moléculas orgánicas, incluyendo las bases nitrogenadas que constituyen los nucleótidos del ADN¹³ y del ARN¹⁴.

Oparin¹⁵ concibió una evolución química de monómeros a polímeros y su posterior acumulación en los mares, formando los coacervados. Otros científicos piensan que pudieron acumularse en arcilla o en rocas antes que en los mares primigenios. Los polímeros evolucionaron y se integraron en estructuras más complejas llamadas protobiontes, tal como se ha verificado en pruebas de ensamblaje de polímeros orgánicos producidos abióticamente. Los protobiontes tienen cierto parecido con las células vivas lo que viene a consolidar la teoría de que agregados moleculares complejos no vivos dieron un salto gigantesco para convertirse en células vivas. Sin embargo, persiste la dificultad de cómo las pre-células se transformaron en células procariontes¹⁶ y se diversificaron en células eucariontes¹⁷. La interrogante decisiva persiste: ¿surgieron primero las condiciones físicas y después lo hizo la vida, o fue un proceso simultáneo? La atmósfera primitiva o

¹² Solomon, E., L. Berg, D. Martin y C. Villee. *Biología de Villee*, McGraw-Hill, México 1998.

¹³ Acido desoxirribonucleico.

¹⁴ Acido ribonucleico.

¹⁵ Solomon, E. L. Berg, D. Martin y C. Ville, *Biología de Ville*, opus cit., p.442.

¹⁶ células que no tienen núcleo verdadero.

¹⁷ Células que tienen núcleo verdadero.

primaria se formó de gases que ascendieron desde el centro incandescente de la Tierra (por ejemplo a través de volcanes), mediante un proceso llamado por los geólogos eyección gaseosa. Aunque los volcanes siguen influyendo en los climas mundiales la atmósfera secundaria, que es la que tenemos actualmente, fue y es un producto biológico, según la hipótesis de *Gaia*. Esta comenzó a reconstruirse con las primeras formas de vida. Los organismos anaerobios (procarióticos), especialmente las algas verde-azules (cianofíceas) comenzaron a liberar oxígeno al aire y así surgieron los organismos aeróbicos (aquellos que requieren oxígeno). Luego los anaeróbicos colonizaron las profundidades anóxicas del suelo y los sedimentos, donde aún continúan prosperando y realizan una función importante en los ecosistemas, en lo que tiene que ver con la mineralización de ciertos elementos como el nitrógeno [N], fósforo [P] y el potasio [K] de gran utilidad para la vida vegetal, entre otros minerales.

Otro acontecimientos importante en el que participaron los seres vivos, fue el enfriamiento paulatino del planeta como resultado de la eliminación del dióxido de carbono atmosférico por organismos marinos formadores de caliza (Odum, 1995). La comparación de las atmósfera de los planetas Marte y Venus, con la de la tierra donde si hay vida, aporta pruebas indirectas a favor de la hipótesis de *Gaia*. La atmósfera terrestre pobre en dióxido de carbono y rica en oxígeno y nitrógeno es opuesta a la de ambos planetas. La fotosíntesis llevada a cabo por las primeras algas cianofíceas autotróficas aportó oxígeno a la atmósfera primitiva en mayor grado que el que comenzó a utilizarse por los organismos heterotróficos a través del proceso de respiración. El primer proceso removió el dióxido de carbono el cual fue demandado, debido a su disponibilidad, por los organismos formadores de caliza, en reacciones biogeoquímicas que se desarrollaron a lo largo de millones de años.

Algunos geoquímicos suponían hasta hace poco, sin suficientes pruebas, que el oxígeno de la atmósfera provino de la descomposición del vapor de agua y el escape del hidrógeno al espacio, dejando un exceso de oxígeno en la atmósfera. Otro asunto difícil de explicar, según el modelo arriba señalado, sería cómo se acumuló nitrógeno gaseoso en la atmósfera en ausencia de vida. Sin transformaciones biológicas opuestas el nitrógeno pasaría a su forma química más estable, la de ión nitrato $[\text{NO}_3^-]$ disuelto en los océanos. El ciclo del nitrógeno explicado por Odum (1995) demuestra que la comunidad biótica no sólo toma gases de la atmósfera y los devuelve sin cambio, sino que también los modifica

químicamente convirtiéndolos en benéficas para la vida. Una variedad de bacterias nitrificantes y desnitrificantes realizan funciones importantes al mantener el nitrógeno, un elemento vital para la formación celular, en movimiento de manera equilibrada entre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema.

Sin la continua actividad amortiguadora de los microorganismos y de las plantas la vida en el planeta Tierra, según Lovelock y Margulis, fuera similar a la de Venus, con altas temperaturas y ausencia de oxígeno atmosférico. Conforme a la hipótesis de *Gaia* la Tierra es un sistema cibernético o controlado, altamente integrado y autoorganizado. Sin embargo el control de la biosfera no sigue procedimientos semejantes a los usados en el nivel doméstico (termostatos, quimiostatos o semejantes) para controlar la temperatura del acondicionador del aire o del refrigerador. Según Odum (1995) el control es interno y difuso e implica cientos de miles de ciclos e interacciones sinérgicas en subsistemas como la red microbiana que controla el ciclo del nitrógeno. Al no ser el hombre el constructor del sistema terrestre, resulta difícil su comprensión y todavía mucho se ha de aprender acerca de lo que sucede realmente en las redes impenetrables de los océanos y en los cinturones pardos de suelos y sedimentos, donde se guarda el secreto de cuándo, adonde y a qué velocidad circulan los nutrientes, se produce el ciclado y reciclado del agua y se intercambian los gases. Según Lovelock la comprensión de *Gaia* será larga y difícil, puesto que en una red de tal magnitud deben estar implicados muchos procesos.

En todo caso, la mayoría de los científicos acepta el concepto de que los organismos vivos realizan funciones importantes en el control de los procesos y de la composición química de la atmósfera y los océanos¹⁸. El hecho de que en la Tierra hayan ocurrido fenómenos catastróficos como choques de cometas, erupciones volcánicas masivas y glaciares, plantea interrogantes acerca de la homeostasis global, pues a pesar de la pérdida de especies durante estos cataclismos geológicos y cósmicos, la vida no sólo ha persistido, sino que ha continuado diversificándose y coparticipando en la creación de condiciones favorables para sí misma. Sin embargo, según el mismo autor, de manera muy conservadora en su expresión, el hecho de que la biosfera haya mostrado la estabilidad por haber desarrollado una elasticidad necesaria para recuperarse en edades pasadas, no es motivo para poner a prueba la flexibilidad de nuestro sistema de aporte vital. El hombre

¹⁸ Odum, Eugene. *Ecología. Peligra la Vida*, México. Editorial McGraw-Hill, México 1995, p.59.

como especie pudiera no sobrevivir a un *invierno nuclear* o al envenenamiento de los océanos, pero en caso de su sobrevivencia, la pérdida de muchos logros culturales sería terriblemente funesta. La trama vital de la que pende la vida del hombre en el planeta es resistente y elástica, al mismo tiempo; pero una vez que se haya destruido será extremadamente costoso, y quizás imposible restablecerla en el lapso de una vida humana. Las lecciones que plantea Odum sobre la experiencia de Cooperhill, en Tennessee, de 1930 a 1988, deberán servir para considerar la ubicación de industrias con capacidad para consumir el aporte vital de una zona y destruir quizás permanentemente una buena parte del soporte ambiental necesario para nuevos tipos de desarrollo (Odum ¹⁹).

En definitiva la hipótesis de *Gaia*, aunque no todos los ecólogos están de acuerdo, según Smith y Smith ²⁰, sirve para advertir que una alteración importante de la biosfera, a causa de la civilización, puede poner en peligro la propia existencia de la humanidad. En apoyo de hipótesis de *Gaia* se está considerando en la actualidad la hipótesis de los sumideros formados por los bosques, como forma de capturar el dióxido de carbono [CO₂] que aportan los grandes parques industriales, contribuyendo así al efecto de invernadero. Se parte de la premisa de que los vegetales, incluyendo las algas verde-azules tienen capacidad para remover el dióxido de carbono de la atmósfera y fijarlo mediante el proceso de fotosíntesis. Estos procesos se relacionan con los denominados ciclos biogeoquímicos o ciclos de materiales que se dan en los ecosistemas, principalmente con los ciclos gaseosos²¹ que controlan la presencia, en los seres vivos, de elementos vitales como el nitrógeno y el oxígeno²². Este proceso se denomina flujo de nutrientes de los componentes abióticos del ecosistema hacia los componentes bióticos. En la hipótesis de *Gaia* se interconectan, mediante los seres vivos, los tres grandes estratos del planeta, la litosfera, la hidrosfera y la atmósfera. A su vez éstos se controlan por algún mecanismo de retroalimentación que mantiene el equilibrio fisicoquímico en niveles óptimos para la vida. Corresponde a la ecología y sus ciencias auxiliares, producir el conocimiento necesario para la comprensión

¹⁹ Opus cit. p.54: Odum, citando a Serafín (1988) analiza los dos puntos de vistas acerca de la forma como se controla la Tierra: La “noosfera” de Vernansky o dominación de la Tierra por la mente del hombre y la hipótesis de Gaia de Lovelock, o control de la Tierra por organismos distintos del ser humano. De acuerdo con Serafín ambos conceptos se están fusionando para conformar una nueva ciencia de la biosfera que dé crédito a ambos.

²⁰ Smith, Robert Leo y T.M. Smith. (2000). Ecología. 4ta. Edición. Editora Isabel Capella. Madrid, España. 642 pp.

²¹ Para diferenciarlos de los ciclos sedimentarios, como el caso del fósforo [P].

²² Opus cit.p.389.

de tales mecanismos de retroalimentación, a fin de evitar las actividades que impidan su desarrollo y permanencia, y a la educación para la ciencia la tecnología manejarlo y digerirlo para servirlo a las nuevas generaciones.

5.- Existencia y naturaleza del problema ambiental.

En cualquier planteamiento de la problemática ambiental, hace preciso un análisis previo de la problemática medioambiental en general. Tiene dos o tres partes bien diferenciadas: la primera atendería al análisis de la existencia del problema, la naturaleza del mismo y los rasgos más característicos, mientras que la segunda se centraría en la especificación de los asuntos que inciden con mayor fuerza en el deterioro ambiental. A veces resulta obvio esta incidencia pero la sociedad tecnológica cada vez desarrolla procedimientos de encubrimiento de aquellos asuntos que se pudieran intuir problemáticos.

En otras ocasiones la misma sofisticación de la producción industrial encubre los efectos no buscados pero que causan problemas. Habría que considerar también que en el siglo de la imagen habría de atenderse a la imagen que de estos asuntos puede tener la población, porque a veces también las imágenes pueden ser altamente problemáticas. Un planteamiento global no podría dejar de considerar los criterios y las consiguientes tipologías de los efectos de los riesgos ambientales. Voy a atender con la mayor brevedad posible a los dos asuntos primeros. Sin embargo antes de entrar en el análisis de las partes enunciadas, conviene precisar cuatro aspectos principales: dilucidar si se trata de un problema o son varios, progresivo interés que estos asuntos generan en la actualidad, sus dimensiones externas y la necesaria relación del problema ambiental con el modelo de desarrollo.

En cuanto al primer asunto, la existencia del problema ambiental, puede afirmarse que la problemática ambiental es una, común y global, aunque se presente bajo diversas formas, afecte a poblaciones distintas y distantes y se genere mediante diversos sectores de actividad: la irresponsable actividad del hombre sobre el planeta y haya una pluralidad de agentes del fenómeno en cuestión. Si se parte de la existencia de un único Problema Ambiental, ello permite la elaboración de un concepto global, en cuyo caso además los diversos problemas sectoriales, de ámbito local o regional, vinculados con unas u otras

actividades han de entenderse como especificaciones o concreciones del Problema Ambiental, que pueden presentarse con mayor o menor intensidad en unas u otras regiones, incluso estar ausente de algunas, pero eso no es óbice para que exista una problemática común que afecte a toda la Humanidad por igual.

De esta consideración del problema se derivan tres consecuencias que subyacen en el precedente planteamiento: la primera es globalización de las soluciones. Si es un problema global, globales habrán de ser también las soluciones, que podrán trascender el ámbito de los intereses particulares o nacionales. La globalización de las soluciones es hoy un producto de uso común: son claras las consecuencias a nivel global y resulta estremecedoramente obvio la incapacidad de la inmensa mayoría de los estados del planeta para hacer frente a los asuntos problemáticos del medio ambiente. La segunda consecuencia es de tipo paradigmático: el medio ambiente constituye en la situación actual una perspectiva de comprensión de nuestra época. El medio ambiente y los actuales problemas que lo caracterizan, se presentan como un paradigma de nuestra época, en el sentido kuhniano del término: constituyen el procedimiento más universal de interpretar y definir nuestra época actual, con sus correspondientes intereses locales, nacionales y globales y cuyo diseño específico se erige sobre los problemas que afectan a la humanidad. Una última consecuencia: el discurso de análisis y explicación del medio ambiente ha de asumir un enfoque pluridisciplinar, es decir, los asuntos medioambientales son objeto de tratamiento en muy variadas disciplinas: en las ciencias físico-químicas y biológicas se estudia el medio ambiente, en cuanto sinónimo de ecosistema, interrelaciones de los organismos con los materiales orgánicos e inorgánicos del medio y no deja de atender a los precarios equilibrios en que se desarrollan las relaciones entre la naturaleza y los individuos. En segundo término, dentro del área social y económica, el medio ambiente expresa la relación hombre-naturaleza, los recursos y el desarrollo; y en el ámbito de la perspectiva psicológica, el medio ambiente aparece como universal referente conductual del individuo o la colectividad.

El segundo aspecto se relaciona con el interés que en la actualidad suscitan los asuntos relacionados con el medio ambiente: pocos asuntos, como los relativos al medio ambiente, despiertan tanto interés o fortuna y provocan tanta preocupación a tanta gente. El medio ambiente es objeto, en primer término, de una intensa preocupación para políticos,

científicos y, en general, para el hombre de la calle. En la persecución de este interés hallamos que las razones de este interés surgen de la percepción y el convencimiento, que el hombre tiene de unos concretos riesgos que pueden afectarnos y tienen fácil demostración. En primer término por el agotamiento de los recursos no renovables, peripecia que se puso espectacularmente de manifiesto con la crisis energética de 1973; en segundo lugar es de fácil constatación el uso excesivo que se está haciendo de los recursos renovables, que no son capaces de regenerarse al ritmo de explotación, a que están sujetos y que el hombre percibe como deficitarios en un próximo futuro; por último somos pacientes del deterioro creciente del medio natural, como consecuencia de los desechos producidos por la civilización industrial. **El problema se manifiesta de diferentes formas, la contaminación del aire y de las aguas, la polución en las ciudades, el agujero de la capa de ozono, el efecto invernadero, los vertidos líquidos a los ríos y plataformas marítimas que destruyen la otrora abundante fauna de estos espacios, etc..**

Un tercer aspecto se refiere a la dimensión espacial y temporal de problema. Los problemas medioambientales no son privativos de esta época o de un lugar. Ninguna de las señales de la degradación ambiental se da sólo en nuestros días o es exclusiva de nuestro tiempo, ni se halla circunscrita a un espacio determinado. Sin embargo, es ahora y en los países desarrollados, cuando los problemas medioambientales se presentan de forma especialmente nociva y con tal espectacularidad, que constituyen un revulsivo colectivo y un referente social de primera magnitud. También es cierto que los problemas del medio ambiente se perciben como un peligro, un riesgo. El agotamiento de recursos es sentido por la población como un peligro, que compromete su nivel de vida, mientras que el deterioro medio ambiental amenaza la calidad y forma de vida.

Teniendo en cuenta los tres aspectos mencionados parece obvio relacionar la problemática ambiental y el modelo de desarrollo. **¿Los problemas del medio ambiente cuestionan nuestro modelo de desarrollo económico?** La escasez de recursos y el exceso de desechos, que produce la civilización industrial, se relaciona con la problemática ambiental. Esta temática dio origen a uno de los grandes informes que sobre el medio ambiente se produjeron en los años setenta. Me refiero a *Los límites del crecimiento*, que con todas las críticas que se quiera de catastrofista sigue siendo un luminoso punto de referencia de los inicios del movimiento ecologista de la época. Para muchos autores, es la

prueba indiscutible de la fragilidad de nuestro modelo de desarrollo. Una segunda cuestión ha de ser atendida y que aquí queda como un interrogante desde el que plantear el asunto que nos ocupa. **¿Los problemas del medio ambiente son los efectos del modelo de desarrollo?** En el conjunto de características que conforman el vigente modelo de desarrollo, los problemas ambientales son efectos no buscados ni pretendidos, que también caracterizan a nuestra sociedad, aunque sea negativamente. Parece, pues, que el modelo de desarrollo seguido por nuestra civilización en los dos últimos siglos conduce a la situación de deterioro global del medio en la que nos encontramos. El asunto podría llevarnos más adentro y preguntarnos si el modelo económico conduce necesariamente o es más bien la forma de conducirlo la que produce el deterioro ambiental. En otros términos, la cuestión a dilucidar sería la siguiente: **¿En el modelo capitalista de desarrollo los problemas ambientales se presentan como el necesario coste del desarrollo?** La respuesta adecuada parece suponer que hay una respuesta clara a la pregunta siguiente: **¿Se habrían alcanzado las cotas de desarrollo, de las que disfruta una parte importante de la Humanidad, con otro modelo?** Lo que parece cierto es que, en el actual modelo, el deterioro ambiental es el reverso de la moneda de los niveles de bienestar alcanzado, uno de los “*costes*” del mismo. No pretendo argüir que, para corregir el deterioro que se produce, haya que anular el desarrollo, como pretenden ciertas posturas extremas, pero sí afirmar que la dirección y gestión del desarrollo tal vez debiera orientarse hacia otros objetivos, en concreto hacia objetivos de sostenibilidad.

La naturaleza del Problema Ambiental, como dice una frase que ha hecho fortuna, se reduce a que “*no es posible un crecimiento ilimitado en un mundo naturalmente limitado*”. Si hemos de esclarecer el asunto, se ha descomponer entre los elementos integrantes del asunto. En primer término se han de identificar los actores del problema a los que hace referencia explícita el principio que se acaba de asentar: la sociedad contemporánea que tiende al crecimiento y al progreso, intentando vencer todo tipo de límites y dificultades, sean de orden natural o de cualquier otro y el segundo actor de esta relación, un *mundo naturalmente limitado*, el mundo natural que constituye el hábitat de la humanidad, el escenario donde se tejen los afanes humanos en pro del desarrollo, que tiene unas determinadas condiciones de equilibrio, estabilidad y limitación que forman los parámetros de un necesario devenir.

Esta oposición y analogía, la dualidad de actores y modos de acción están presentes y definen la naturaleza humana en su doble contexto, natural y social, ambiental y cultural, construyen la dualidad de la que se deriva el problema: el hombre, como ser vivo, como organismo, es un elemento integrante del medio natural y, en cuanto tal, sometido a las leyes de su funcionamiento. Esta es la situación que, durante miles y cientos de miles de años, ha caracterizado la vida de la colectividad humana. Desde que el hombre aparece en el planeta hasta los albores de la Revolución Industrial, la humanidad y el hombre concreto han estado sometidos a los ritmos y ciclos de la naturaleza. El ritmo de la naturaleza se imponía prácticamente sin excepciones. Todos los esfuerzos humanos para zafarse de este determinismo natural resultaban vanos o sólo lograban muy pocos beneficios. Pero esta situación cambia con los avances científicos, el progresivo y equipamiento tecnológico y las transformaciones industriales. Esta es la profunda razón por la que nosotros hemos puesto el origen de la actual problemática ambiental insertada en el proceso de la Revolución Industrial. Los avances científicos y técnicos de los siglos XVIII y XIX dotan al hombre de conocimientos importantes y cada vez más rigurosos y exactos sobre el funcionamiento de la naturaleza. Estos avances en el nivel no ético se proyectan cada vez mas aceleradamente sobre diseños y procedimientos técnicos que posibilitan la intervención humana, sobre los mecanismos del medio natural. De manera casi imperceptible, el hombre, sin dejar de ser un elemento del medio natural, se va transformando en un factor de activación y de cambio del mismo, en el sentido de que cada vez es más obvia la dependencia que del hombre tiene el funcionamiento de la mayoría de los ecosistemas e incluso su conservación.

Un nuevo sistema, transformado o artificial, se configura así en paralelo y al margen del sistema natural. Este nuevo sistema cultural es lo que se denomina la civilización tecnológica, presenta notables diferencias estructurales con el medio natural, su funcionamiento sigue pautas diferentes de las del medio natural y sobre el medio natural este sistema artificial ejerce una creciente presión y agresión, debido esencialmente a dos características esenciales: la primera se refiere al progresivo avance tecnológico que permite evitar, neutralizar y hasta destruir la mayoría de los frenos, mediante los cuales la naturaleza mantiene el funcionamiento de sus ciclos y equilibrios; en segundo lugar, la finalidad esencial de dicha civilización es por su propia naturaleza agresiva contra ese

medio, ya que pretende lograr la mejora de las condiciones de vida humana, liberándola de las dependencias y servidumbres naturales. Las manifestaciones de la separación entre lo natural y lo cultural en el ámbito de lo humano son múltiples e indicativas de valores distintos, cuando no contradictorios, que demuestran un alto nivel de conflictividad. Valverde ha identificado los valores que, en nuestro tiempo y desde la Revolución francesa, pueden resumir los deseos de la mayoría de las sociedades liberales desarrolladas: libertad, igualdad, fraternidad. Estos valores sociales que constituyen objetivos arraigados en las culturas modernas y están presentes en las constituciones de los países más avanzados son significativamente tres antivalores en el mundo de la naturaleza, que se define por territorialidad, jerarquía y consaguinidad. La consideración, desde la perspectiva del sistema económico, desvela que el ser humano en éste ámbito se mueve en términos de acumulación y crecimiento, mientras que en el medio natural se siguen pautas de equilibrio y estabilidad (Saint Marc). Desde esta perspectiva, tiene sentido la propuesta de ciertos movimientos ecologistas, que consideran llegada la hora en que nuestra sociedad firme la paz con la naturaleza, para lo que será conveniente un análisis ya en detalle de los factores que alimentan este desencuentro que puede denominarse crisis ambiental.

6.- Las tecnologías y el medio ambiente.

Según Chitfer y López Salinas²³, los sueños tecnológicos los producen las máquinas. Tales sueños quedaron plasmados en las sucesivas visiones y propuestas generadas por la comunidad técnica desde el Renacimiento hasta el presente en el mundo occidental. Los autores señalan el Renacimiento como la era donde brotaron las mejores ideas tecnológicas y donde se dieron cita los primeros tecnólogos modernos. Se produjo una notable literatura que presentaba la tecnología como espectáculo ante los ojos de los lectores. La necesidad económica, en esos años en que brotaron las ideas tecnológicas, no era la fuerza motivadora, sino que un maquinismo ingenuo y emotivo fruto de la imaginación creadora que deleitaba recreándose y desplegando su capacidad de operar dentro del límite de lo posible, si no de lo útil. Así, cuentan los autores Schitfer y López

²³ Schifter, Isaac y E. López Salinas. Usos y abusos de las Gasolinas. [En línea]. Disponible en: <http://omega.ilce.edu.mx> [01/05/2005].

Salinas²⁴, al margen de lo probable y al filo de lo imposible, marchan las potencialidades tecnológicas más allá de la realidad, con esquemas de máquinas tan alejadas de las posibilidades de la tecnología del siglo XV que no podían presentarse en todo detalle mecánico, así surge uno de los primeros libros de Conrad Keyser (1405) titulado el *Bellifortis*, notable por sus máquinas de guerra. Pero la más famosa colección de máquinas visionarias del Renacimiento se conoció apenas en el siglo XIX, estuvo oculta entre los cuadernos personales no encontrados de Leonardo Da Vinci, el también famoso pintor. Los dibujos del florentino muestran algunos de los mejores ejemplos de aparatos fantásticos: Hay esbozos de máquinas voladoras, paracaídas, carros blindados, catapultas gigantes, pistolas, maquinas de vapor, planos de vapores impulsados por palas, trajes de buzo, dragas y automóviles. Según Schitfer y López Salinas²⁵ la explicación que se invoca más frecuentemente para explicar la actividad tecnológica, no es otra que la creencia de que la necesidad desencadena el esfuerzo inventivo. Así si los seres humanos tienen necesidad de agua, cavan un pozo, encauzan un río y desarrollan tecnologías hidráulicas. Si necesitan refugios y defensa construyen casas, castillos, fortalezas, ciudades e ingenios militares. De modo que utilizamos la tecnología para satisfacer una necesidad. A continuación viene la pregunta de Schitfer y López en el sentido de que si la tecnología existe para satisfacer a la humanidad en sus necesidades más básicas ¿Cuáles son estas necesidades y que complejidad tecnológica se precisa para satisfacerlas? ¿Necesitamos automóviles, preguntan los autores? A veces se dice que son esenciales, pero apenas tienen un siglo de historia. A decir de los autores, los hombres y mujeres llevaban una vida feliz, antes de que Nikolaus August Otto (1832-1891) inventara en 1876 su motor de combustión interna de cuatro tiempos. Los autores sostienen que el origen del vehículo propulsado con motor de gasolina no fue la necesidad. El auto no se desarrolló en respuesta a una crisis de caballo. Los gobernantes y pensadores no pedían la sustitución del caballo, ni los ciudadanos esperaban que los inventores llenaran la necesidad del transporte motorizado. Los autores sugieren que la técnica surgió sin necesitarla, pero luego fue útil para algo y se perfeccionó convirtiéndose en una necesidad. En el caso de los habitantes de Mesoamérica, en México y América Central y el Caribe, al igual que en Norteamérica, el transporte era desconocido

²⁴ Opus cit.p.3/27.

²⁵ Opus cit.p.6/27.

hasta la llegada de los españoles, pero desde el siglo V hasta el XV, cuando fueron descubiertos, los mesoamericanos elaboraron una cerámica con animales dotados de ejes y ruedas para hacerlos móviles, es decir se conocía el principio mecánico de la rueda pero nunca se puso en uso para el transporte de mercancías. Los historiadores aseguran que los mesoamericanos no utilizaron vehículos con ruedas porque no eran factibles dadas las características topográficas y la fuerza animal de que disponían, aunque no conocían el caballo. El transporte con ruedas necesita de caminos adecuados y grandes animales de tiro, capaces de arrastrar pesados vehículos²⁶. No existe evidencia alguna de que haya disminuido el vigor y la popularidad de las visiones tecnológicas, a pesar del fracaso de la tecnología en plasmar la utópica sociedad prometida por sus defensores de los siglos XVIII y XIX.

En la actualidad, la lucha se centra en lograr que la tecnociencia²⁷, término que une a la ciencia y a la tecnología, contribuya con la sostenibilidad. La primera consideración que es preciso hacer es cuestionar cualquier expectativa de encontrar soluciones puramente tecnológicas a los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad. Existe un consenso acerca de la necesidad de dirigir los esfuerzos de investigación e innovación hacia el desarrollo de tecnologías favorecedora del desarrollo sostenible, o lo que se conoce como tecnología amigable ambientalmente. Hacia tales metas se orientan el desarrollo limpio o la producción limpia, con tecnologías y procesos sostenibles (Gore, 1992²⁸; Daly, 1997²⁹. Flavin y Dunn, 1999)³⁰, incluyendo el desarrollo de nuevas fuentes de energía e incrementando su eficiencia. Es necesario analizar con cuidado las medidas tecnológicas propuestas para solucionar la crisis, a fin de evitar el “*efecto boomerang*” de tales soluciones tecnológicas, como enseña el uso del DDT y los fertilizantes para aumentar la productividad agropecuaria. Se pudo satisfacer las necesidades de alimento de una población mundial que provenía de una devastadora guerra, por lo cual estaba obligada a crecer rápidamente. Sin embargo “*el efecto boomerang*” de estas soluciones tecnológicas, denunciado por Rachel Carson en su obra *La Primavera Silenciosa* (1968), produjo

²⁶ Opus cit.p.28.

²⁷ Década por una Educación para la Sostenibilidad. Tecnologías para la Sostenibilidad. [En línea]. Disponible en: <http://www.oei.es/decada/accion003.htm> [09/07/2005].

²⁸ Gore, Al. (1992). *La Tierra en Juego*. Ecología y Conciencia Humana. Editorial Emecé. Barcelona, España.

²⁹ Daly, Herman (1991). *Steady- State Economics* (Washington D.C., Island Press)

³⁰ Flavin C. y Duna,S. (1985). *Reinvención del Sistema Energético*. En Brown, L.R., Flavin, C. y French H. (Editores). *La situación del Mundo 1999*. Icaria:Barcelona, España.

desastrosas consecuencia en las poblaciones de la vida silvestre, pérdida de la diversidad biológica; y probablemente aceleró procesos cancerígenos en la población humana.

Conviene reflexionar acerca de las características que deben tener las tecnologías que se emplean para alcanzar el desarrollo sostenible, pues hasta ahora muchas de ellas son responsable de la crisis ambiental. Para Herman Daly (1997)³¹ tales tecnologías deberían cumplir con principios obvios para el desarrollo sostenible: 1) las tasa de recolección no deben superar a las de regeneración; 2) las tasas de emisión de residuos deben ser inferiores a las capacidades de asimilación de los ecosistemas a los que se destinan esas emisiones residuales; 3) la norma asociada al desarrollo sostenible debe dar prioridad a la tecnología que aumente la productividad del recurso, antes que el incremento de su extracción. A estos criterios técnicos se unen los de Vilches y Gil-Pérez³² en el sentido ético 1) dar prioridad a tecnologías orientadas a la satisfacción de necesidades básicas y que contribuyan a la reducción de las desigualdades y 2) aplicación del principio de prudencia (también conocido como de precaución) para evitar la aplicación apresurada de una tecnología, aún cuando no se posea la suficiente certeza científica. Algunos autores señalan que no basta en encontrar soluciones tecnológicas para enfrentar la crisis ambiental, olvidando que las opciones y los dilemas son fundamentalmente éticos (Aikenhead, 1985³³; Martínez, 1997³⁴; García, 2004³⁵). Además de las medidas tecnológicas, es necesario desarrollar medidas educativas y políticas coherentes. La intervención educativa ha de alcanzar a todos los niveles. Si bien es cierto que esta técnica da mejores resultados en los infantes, no es menos cierto que ahora dada la amplitud de la crisis ambiental es necesario intervenir en todos los niveles de la educación formal y vocacional, aunque a partir de este momento se deje instalada una intervención permanente en la educación primaria sobre los problemas ambientales y sus soluciones, de manera que los infantes y adolescentes se conviertan en multiplicadores de las ideas sobre el uso de tecnologías amigables con el medioambiente y el desarrollo sostenible. No cabe duda que esta tarea requiere asignar

³¹ Daly, Herman. (1991). *Steady- State Economics* (Washington D.C., Island Press)

³² Vilches, A. & D. Gil Pérez (2003). *Construyamos un futuro sostenible*. Madrid, España. Cambridge University Pres, U.S.A.

³³ Aikenhead, G.S. (1985). *Collective Decision Making in The Social Context of Science*. *Science Education*, 6(4):453-475.

³⁴ Martínez, M. (1997). *Consideraciones Teóricas Sobre Educación en Valores*. El Filmus D (Compilador). *Las Transformaciones Educativas en Iberoamérica*. Trs desafíos: Democracia, desarrollo e integración. Buenos Aires. Editorial Troquel.

³⁵ García, E. (2004). *Medio Ambiente y Sociedad*. Alianza, Madrid, España.

medios y recursos para la aplicación de programas de intervención educativa de esta magnitud y esto es una cuestión prioritaria.

El desarrollo de nuevas tecnologías a favor de la conservación ambiental debe convertirse también en una preocupación del sector privado, tal y como lo sostiene Diego Díaz Martín³⁶. Es así como surgen las tecnologías suaves, también llamadas blandas, que buscan armonizar la conservación con el desarrollo, y están ecológicamente adaptadas a las condiciones del medio donde se aplican, con un uso racional de la energía y un manejo ambientalmente responsable de los residuos y materiales que se generan durante su desempeño, según lo sugiere el autor. Díaz Martín³⁷ señala que en algunos países industrializados son reconocidas las tecnologías de capital intensivo, como aquellas que están basadas en métodos de avanzadas que presenta alta relación entre equipo y labor. Un ejemplo de ello lo constituyen los tractores de alto rendimiento, basados en sistemas amigables con la protección ambiental, si se comparan con los sistemas de arado tradicional, que aún se utilizan en muchos lugares del mundo, sobre todo en países en desarrollo.

Se deben tomar en consideración aquellas tecnologías ecológicamente peligrosas, con elevado consumo de energía y alta generación de contaminantes. Estas tecnologías duras, como también se les conoce, suelen ser altamente destructivas de especies y recursos. Tales tecnologías deben reconocerse como lo que son. Sin embargo el desarrollo de tales tecnologías ha de estudiarse en función de las necesidades y posibilidades reales de los países, para lograr un crecimiento sostenible, sin detrimento de los recursos naturales. Promover tecnologías basadas en el mejor aprovechamiento posible, utilizando materias primas locales, impulsando el reciclaje, estimulando el uso racional de la energía y acrecentando el valor del conocimiento puede constituir la herramienta clave para la gestión del desarrollo sostenible.

³⁶ Díaz Martín, Diego. [En línea]. Disponible en: <http://www.vitalis.net/actualidad71.htm> [13/05/2005].

³⁷ Opus cit.p.2.

7.- Consumo energético y energías alternativas.

Después del descubrimiento del fuego, el hombre necesitó materiales para producirlo. Incluso en la edad de los metales la madera se convirtió en la fuente de energía idónea para fundirlos. Así los árboles convertidos en leña o madera, ya fueran labrados o recolectados, se convirtieron en la fuente de energía y materiales para las diversas construcciones y procesos que impulsaron la rueda del progreso de los pueblos primitivos. Este progreso incluyó la construcción de viviendas, herramientas, equipos de carga y transporte, utensilios de uso doméstico, entre otras. Jean Gimpel citado por Marcos³⁸ nos dice, en su libro *La Revolución Industrial en la Edad Media*, que la producción de carbón vegetal acabó con enormes extensiones de bosques en la Europa medieval, ya que durante el primer milenio de nuestra era, la leña era el principal combustible, tanto para el hogar como para la industria. Las viviendas se construían con madera, así como los barcos, los molinos, los puentes las empalizadas para la defensa, los telares y otras máquinas empleadas en la manufactura. Para conseguir fundir 50 kilogramos de hierro se quemaban 25 metros cúbicos (m³) de buena leña. De igual modo, una carbonera en 40 días de labor podía desmontar un bosque en un radio de un kilómetro. La consecuencia del uso abusivo de la madera fue la subida del precio de la misma, hasta el punto, según comenta Gimpel³⁹, en la Francia en el siglo XIII se alquilaran ataúdes que se usaban sólo durante el entierro, pues los precios para adquirirlos definitivamente se habían vuelto prohibitivos para muchos. Ya en el siglo XIII, se levantaron algunas voces de protesta contra la destrucción de los bosques y en ese sentido se reglamentó su explotación.

El carbón mineral llamado en Inglaterra “carbón de mar” fue poco a poco sustituyendo a la madera como combustible. Con la utilización del carbón la contaminación atmosférica creció, pues los primeros carbones utilizados eran de mala calidad y provocaban humos tóxicos y de olor desagradable. Londres se convirtió en la primera ciudad que conoció una contaminación atmosférica de cierta envergadura y de origen industrial, sino también de las aguas, provocada sobre todo por mataderos y tenerías.⁴⁰ Con

³⁸ Gimpel, Jean, *La revolución industrial en la edad media*, p. 75.

³⁹ Gimpel, Jean, p.40.

⁴⁰ En un texto de Gimpel, citado por Marcos se dice así: “Esquiladores y curtidores de pieles contaminan y corrompen el agua del río envenenando los peces y perjudicando enormemente a las [...] gentes. Alfredo

el desarrollo de la industria y de las ciudades el consumo de energía fue evolucionando, tanto en la diversidad como en la cantidad, hasta convertirse en un problema ambiental, no sólo por la contaminación que produce el gasto de energía de las grandes ciudades, sino por el uso excesivo que se ha venido haciendo en los últimos tiempos de los recursos energéticos no renovables, como el gas natural y el petróleo.

El consumo de energía en el sector doméstico mundial asciende a casi 11 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep),⁴¹ incluyéndose otros tipos de combustibles, algunos procedentes del petróleo pero otros no, como la electricidad que supone la tercera parte del consumo de energía en los hogares y se genera en centrales térmicas (que queman carbón, petróleo o gas), nucleares e hidroeléctricas. Sólo un porcentaje muy reducido procede de paneles solares fotovoltaicos, centrales eólicas y termo solares.⁴² El uso del butano y el propano (gases licuados de petróleos) suponen una quinta parte del consumo de energía en los hogares y los combustibles sólidos, carbón y leña, representan también una quinta parte del consumo. El gas natural se usa para las mismas aplicaciones que los gases licuados de petróleo y representa una sexta parte del consumo. El gasóleo “C” representa un 10% del consumo. En consecuencia del 80 al 90% de la energía que abastece los hogares proviene de combustibles fósiles no renovables. Sólo en torno al 10 % de la energía que se usa en los hogares, procede de recursos renovables, como la leña, las centrales hidroeléctricas, los paneles solares, tanto térmicos como fotovoltaicos, así como las centrales eólicas. A estos tipos de energía se les denomina energía “no convencional” o también “energías alternativas” y su empleo está hoy incrementándose. En el consumo de energía hay una enorme desigualdad. Los habitantes de los países ricos consumen una mayor cantidad de energía en relación con los habitantes de los países en desarrollo. Nicolas Lenssen⁴³ cuenta que el consumo de energía de un campesino ecuatoriano en su

Marcos, 2001. *Ética Ambiental*. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, Universidad de Valladolid, España. p.41.

⁴¹ La unidad «tep» es la que se utiliza corrientemente para medir el consumo de energía final. Expresado en términos de consumo medio por hogar, tenemos aproximadamente una tonelada equivalente de petróleo (tep) para un domicilio medio ocupado por tres personas, es decir. Esto equivale a un litro diario de petróleo por persona.

⁴² Las plantas termo solares emplean espejos que proyectan la luz solar sobre un aceite que corre por tuberías transparentes. Este aceite absorbe temperaturas por encima de los 350 grados y luego rueda a una caldera para producir el vapor que a su vez accionará una turbina que finalmente se convertirá en la fuerza que accionará el generador para producir la corriente eléctrica. En Lester Brown y Otros. *La situación del Mundo. El Informe Worldwatch*. 171-200.

⁴³ Lenssen, Nicolas. 1993. *El suministro de energía en los países en Desarrollo*.

tierra era en 1993 el equivalente a 4.6 barriles de petróleo cada año, mientras que un hermano suyo nacionalizado estadounidense y residente en la ciudad de Winsted en Connecticut, utilizaba el equivalente de 48 barriles de petróleo al año, es decir una cantidad de energía diez veces superior. Este alto consumo se debía a que el estadounidense era propietario de un coche, un camión con remolque, así como de una casa equipada con cocina eléctrica, luz, frigorífico, lavadora y dos televisores, sin contar con el acondicionador de aire, para el verano. Su hermano en Ecuador añoraba esto, según Lenssen,⁴⁴ al igual que 4 mil millones de personas más que habitaban en Asia, África, América Latina. A pesar de que el uso de energía creció⁴⁵ en los países en desarrollo partir de 1970 la estrategia para conseguirlo dejó a estos países en la precaria situación de los efectos de la crisis del petróleo, la deuda externa y la crisis ecológica. Esta situación aún se mantiene y la escasez persistente de energía mantiene la economía de estos países anquilosada. Con frecuencia se dan apagones financieros o de otra naturaleza que se les ocurra a los propietarios de las centrales eléctricas privatizadas o estatales, mantienen a oscuras a las ciudades, con la agravante de un desabastecimiento constante de leña, lo que hace la vida imposible a las mujeres del campo.

De todos modos los costes ambientales y de salud asociados al uso de energía también impiden a los países en desarrollo mejorar sus niveles de vida. Así por ejemplo, quemar leña en fogones tradicionales contamina el aire en las cocinas tercer mundistas y entre 400 y 700 millones de personas, sobre todo mujeres y niños, padecen los efectos de niveles excesivos de dióxido de carbono, así como de emisiones cancerígenas como la del benzopireno presente en el humo de la leña. Las infecciones respiratorias graves eran para 1993 según la OMS la principal causa de mortalidad en niños de menos de cinco años⁴⁶. Las zonas urbanas están afectadas por problemas de contaminación del aire como consecuencia del uso de energía, en especial de los motores de vehículos. Ciudad de México, Nairobi, Santiago, Sao Paulo, entre otras están en lista de ciudades que sufren de contaminación de aire nocivas para los pulmones. El consumo de petróleo y carbón

⁴⁴ Opus cit. p.171-2.

⁴⁵ Según Lenssen el consumo de energía per capita en los países en desarrollo creció desde 1970 a 1990 en un 75%, mientras que en los países industrializados creció sólo en un 20%, sin embargo hay que hacer notar que este crecimiento per cápita de un 20% representaría un crecimiento en los países en desarrollo de un 358%. Mientras en el mundo el aumento fue tan sólo de un 7.3%.

⁴⁶ Aproximadamente unos 3,5 millones de muertes anuales por esta causa.

triplicó, en la década de los noventa, los problemas de contaminación por dióxido de azufre y óxido de nitrógeno de largo alcance, los cuales se convierten en lluvias ácidas⁴⁷ que dañan los bosques, los cultivos y los ecosistemas acuáticos, especialmente lagos y zonas costeras. Lenssen creía en ese entonces que al menos caen lluvias ácidas en un 14% del territorio de China continental. Según el autor los países industrializados comenzaban a mostrar mayor interés, a partir de la Cumbre de la Tierra en Brasil en 1992, en el consumo energético que tiene lugar en los países en desarrollo, en parte porque comenzaron a adquirir conciencia de que los gases de invernadero, independientemente de donde se produzcan representan un peligro global. En el informe de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), en 1992, el panel gubernamental reiteró sus observaciones en el sentido del dióxido de carbono que se ha ido acumulando en la atmósfera –generado fundamentalmente por la quema de combustibles fósiles- elevaría la temperatura del planeta entre 1.5 y 4.5 C ° (grados) hacia el año 2000 (lo cual no se ha producido aún en el 2005). Se supone que los países industrializados habían emitido hasta 1950 el 79% de dióxido de carbono derivado del uso de los combustibles fósiles, siendo en 1990 responsables aún del 69%. Sin embargo de acuerdo con las tendencias actuales, las emisiones de los países en desarrollo incrementarían los depósitos de dióxido de carbono de la atmósfera entre 1,800 a 5,500 millones de toneladas hasta el 2025, disparando las emisiones globales en más de la mitad en un período en el que debían disminuir sustancialmente.⁴⁸

⁴⁷ La oxidación adicional de los óxidos de azufre y nitrógeno puede ser catalizada por los contaminantes atmosféricos, incluyendo las partículas sólidas y por la luz solar. Una vez formado los óxidos de azufre y de nitrógeno [SO₃ y NO₂] reaccionan con facilidad con la humedad atmosférica para formar los ácidos sulfúricos y nítrico respectivamente. Estos permanecen disociados en la atmósfera y le imparten características ácidas y luego se precipitan con las nieblas, la lluvia, cellisca y nieve. Estas tendrán más acidez en las áreas que reciben continuamente dichos óxidos que en las que no están alteradas.

⁴⁸ Hoy en día sin embargo las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera andan por el orden de las 7.5 giga toneladas.

8.- Discusión y Conclusiones.

La educación para la Ciencia y la Tecnología podría asumir un rol importante, como aliada de la educación ambiental en la formación de una conciencia ambiental en las nuevas generaciones, lo cual contribuiría a mitigar y erradicar la crisis ambiental que padece el planeta, a pesar de que para muchos esta crisis se ha agravado de tal manera que sus efectos son irreversibles.

Los programas de intervención educativa a todos los niveles podrían preparar a las nuevas generaciones, incluyendo a la generación presente para enfrentar la crisis ambiental, tomando en cuenta de que la solución es global, a pesar de que debemos pensar según el principio ya conocido de “pensar globalmente y solucionar localmente”. Donde debemos desarrollar una conciencia global del problema ambiental, pero con soluciones locales a los problemas que correspondan.

Como bien lo establecen en los planteamientos y objetivos de los Cursos que ofrece el MASHAV en el Centro Internacional Aharon Ofri. Estos cursos analizan el rol de la educación científico-tecnológica en el marco del desarrollo nacional, así como favorecer el intercambio de conocimientos y experiencias entre los participantes de estos cursos. No obstante el esfuerzo que ha hecho Israel por varias décadas para fortalecer la educación para la ciencia y la tecnología, aún esta enseñanza no se deja sentir con todo el peso que ya debería tener, en la toma de decisiones para la adopción o rechazo de tales o cuales avances tecnológicos en el campo de la industria, la agricultura la biotecnología, entro otras.

Es necesario crear una conciencia crítica en cuanto al problema ambiental sobre el impacto negativo de las tecnologías sobre el medio ambiente. Para conocer el lado sucio de la tecnología hay que tener un criterio sólido sobre el origen, e incluso su impacto a corto, mediano y largo plazo.

Las tecnologías agrícolas deben ser cuestionadas con base al conocimiento o a la promoción de tecnologías blandas o amigables ambientalmente. El hecho de que el uso de pesticidas en la agricultura haya experimentado un crecimiento desmedido, al extremo de que pasó de 200 kg por hectárea a 600 kg por hectárea, desde la década de los años treinta, implica un análisis crítico del funcionamiento de estas tecnologías para la producción. Los

500 millones de ingredientes activos, incluyendo compuestos orgánicos persistentes (COPs), dispersos en todo el mundo es un síntoma de la crisis ambiental que afecta a un renglón tan importante como lo es la agricultura para la producción de alimentos.

Habría que tomar en cuenta la producción del papel que juegan los desechos de los países industrializados en la crisis ambiental. En un reciente informe Greenpeace documenta la contaminación que produce la basura electrónica, alegando que Estados Unidos bota millones de aparatos y componentes electrónicos en la costa de China, donde se ubican los mayores depósitos de este tipo de basura en el planeta. Según cifras de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), en 1999 24 millones de computadoras en se volvieron obsoletas y fueron recicladas o donadas. Más de 20 millones de computadoras fueron desechadas, incineradas, embarcadas como tratamientos de desechos o temporalmente almacenadas. Estudios posteriores demostraron que embarcarlos a China resultaba más barato que reciclarlos en el territorio norteamericano, sin embargo la exportación de basura, hacia China, India y Pakistán probablemente viola la Convención de Basilea sobre transporte y disposición de desechos peligrosos.

El mundo genera entre 20 y 50 millones de toneladas de basura eléctrica y electrónica. Estos equipos desechados, además de plástico contienen metales pesados como el plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), berilio (Be) y el cromo (Cr), así como otras sustancias peligrosas entre las que se encuentran los retardadores de fuego bromados –poli bromo bifenilos (PBB) y los esterres de poli bromo difenilos (PBDE). Un teléfono celular contiene casi todos estos componentes antes mencionados, y según el Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente (PNUMA) en el presente año (2005) se desecharán 130 millones de celulares en todo el planeta.

La nanotecnología y la nano biotecnología también impactarán el medio ambiente según la opinión de algunos autores. En el primer caso se habla de los daños causados a los animales por los aviones supersónicos personales volando bajo. Además podría fomentar el uso de productos diminutos, que a su vez se convertirían, con el tiempo, en nanobasura que sería difícil de limpiar y podría causar problemas de salud. No obstante los beneficios que arrojará la nanotecnología, según sus defensores repercutirían en la erradicación de organismos patógenos, limpieza de la polución del aire y el agua, y erradicación del hambre en el mundo gracias a la multiplicación de alimentos.

Para muchos investigadores, sin embargo, el impacto más importancia de las tecnologías a nano escala radicaría en la unión de esta con la nano biotecnología. El escenario natural de la nano-biotecnología sería la fusión de materia viva y no viva. A partir de esta unión se fabricarían organismos y productos híbridos cuyas formas y comportamientos serán impredecibles e incontrolables. En torno a esto surgen algunas preguntas ¿podrá la nano bioindustria combatir los nano biorobots fuera de control como lo ha hecho la industria biotecnológica con los transgénicos.

Todas estas hipótesis resultan interesante, pero la realidad tecnológica nos obliga a reconocer el papel de la tecnología en la crisis ambiental y a pensar cómo preparar las nuevas generaciones para que conozcan lo pro y lo contra de toda tecnología, pues ya no se trata de un problema mercadológico, ni tampoco de derecho de autor o de patente, sino del mayor reto que hayamos tenido: La supervivencia de la especie humana, y de toda la biodiversidad que la acompaña en el planeta tierra.

HOTEL EL EMBAJADOR
SANTO DOMINGO, D.N,
2005.