

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
DPTO. METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

INTRODUCCION A LA HIDROMETEOROLOGIA (1700)

INTRODUCCION A LOS CONCEPTOS ECOLOGICOS

PROF. Roberto J. Alvarez

EL PROBLEMA PLANETARIO DEL DETERIORO AMBIENTAL

Consideramos que el conocimiento de este inquietante problema que afecta en forma fundamental a quienes vivimos en la segunda parte del siglo XX debe interesar a todas las personas por cuanto de la labor individual y colectiva surgirán las soluciones adecuadas para evitar o aminorar los daños que la contaminación produce a la humanidad.

La civilización en su explosión demográfica combinada con la alta industrialización se está enfrentando con uno de los más grandes peligros de la historia, el de la grave contaminación integral.

Cuando el economista inglés Roberto Tomás Malthus (1766-1834) en su "Ensayo sobre principios de la población" predecía un aumento tan grande de los habitantes del planeta, le alarmaba la escasez de los medios de subsistencia, en especial los alimentarios. Sin embargo, es mucho más grave el problema de la contaminación que origina el aumento geométrico e incontrolado de la población. Desde la aparición del hombre sobre la tierra, hace dos millones de años, hasta los cinco millones de habitantes que había en la tierra hace 8.000 años, el aumento había sido más o menos lento, pero si consideramos que en el año 1930 habían 2.000 millones de habitantes y que en la actualidad existen 4.000 millones de habitantes, podemos pronosticar que para el año 2.000 tendremos 7.600 millones de habitantes sobre la tierra.

El hombre hasta el presente está mal e incompletamente alimentado con una serie de polí carencias visibles y ocultas en lo referente a proteínas, calcio, hierro, etc. ¿Podríamos con una planificación integral ayudarnos a tratar de cubrir estas necesidades actuales del mundo? Dice el Dr. Dennis Meadows " que la población no puede crecer más sin una adecuada alimentación. Como las mejores tierras del planeta se están utilizando para producir alimentos, la producción de las granjas sólo se puede incrementar a través del uso de maquinarias, fertilizantes y pesticidas, todos ellos provenientes de las industrias. Pero este desarrollo industrial no sólo demanda un uso intensivo de los recursos naturales, algunos ya escasos, sino que produce más contaminación. La contaminación a su vez interfiere con el crecimiento de la población y de la producción de alimentos".

Personalmente creo que todos estos problemas tienen soluciones adecuadas en el presente estado de población del planeta pero las soluciones deben ser aplicadas en forma global a corto plazo.

La Tecnocracia del mundo actual debe ser transformada en una tecnología humanizada que le permita al hombre vivir en forma armónica con la naturaleza.

COMPOSICION ATMOSFERICA:

La atmósfera terrestre en las proximidades de la superficie del mar, quedó constituida a través de los últimos 75 millones de años, de la siguiente manera:

<u>COMPONENTES</u>	<u>CONTENIDO (Volumen por ciento)</u>
Nitrógeno	78.084
Oxígeno	20.9476
Argon	0.934
<u>Carbón Dioxido</u>	<u>0.0318</u>
Neon	0.00182
Helio	0.00052
Kripton	0.00011
Xenon	0.000009
Hidrógeno	0.00005
Metano	0.0002
Oxido Nítrico	0.00005
Ozono	0.000004

Esta composición corresponde al aire seco; sin embargo, el vapor de agua se encuentra presente en la atmósfera en proporción del 3 al 4 por ciento. La atmósfera absorbe anualmente más de 400.000 Kilómetros cúbicos de agua, de la cual precipita 145.000 kilómetros cúbicos por año sobre los continentes.

CONTAMINACION DE LA ATMOSFERA:

Esta atmósfera ha sido capaz de mantener la vida actual debido a un adecuado balance ambiental; nosotros respiramos el aire y el organismo toma el oxígeno que necesita. Las plantas, a través de la fotosíntesis, transforman el anhídrido carbónico, el agua y los nutrientes en materia orgánica y oxígeno.

El hombre necesita el oxígeno que es generado por las plantas sobre la tierra y por las diatomeas en los mares; estas algas producen el 70% del total del oxígeno que se genera sobre el planeta. Dice La Mont C. Cole que ha estudiado el consumo de oxígeno requerido en Estados Unidos para la combustión del petróleo, la turba, el carbón y el gas natural, que no alcanza la producción total de oxígeno sobre su territorio y que hay un déficit de 40% sólo para la combustión

de esos combustibles, y que el oxígeno que allí se utiliza es aportado por la circulación general atmosférica por medio de las masas de aire provenientes de los océanos.

Posiblemente lo mismo ocurre sobre los territorios densamente poblados y altamente industrializados de Europa y Japón. Hasta ahora creemos que se genera el oxígeno que se consume; debemos por lo tanto proteger e incrementar las fuentes naturales de su producción. El aumento y la protección de las áreas verdes de los continentes y evitar a todo trance que se sigan contaminando las diatomeas de los océanos, debe ser preocupación colectiva. Todo esto se conseguirá cuando las leyes nacionales e internacionales le impidan al hombre arrojar a la atmósfera, a la tierra y en especial a las grandes masas de agua, en forma incontrolada, cientos de miles de productos químicos que destruyen el delicado equilibrio de los ecosistemas terrestres.

El anhídrido carbónico, CO_2 , aunque presente en pequeñas cantidades, desempeña un papel muy importante en el equilibrio térmico de la atmósfera.

En la actualidad su concentración es de 318 partes por millón en volumen, es decir, ha aumentado a consecuencia de la combustión del petróleo, turba, gas, etc., habiéndose observado su incremento aun en las lejanas regiones polares. El mar absorbe afortunadamente dos terceras partes de las cantidades que el hombre, por sus necesidades y desarrollo, introduce en la atmósfera. Actualmente en la atmósfera hay 2.5×10^9 de toneladas de bióxido de carbono. Según Theodore Brown la cantidad ligada a las biomásas totales del planeta es de $0,5 \times 10^9$ de toneladas. Si todo el bióxido de estas masas se liberara veríamos que sólo es la quinta parte del total existente, lo cual nos demuestra que efectivamente es el hombre quien hace incrementar la cantidad de este gas en la atmósfera.

También el hombre es responsable de la introducción en la atmósfera de grandes cantidades de monóxido de carbono, hidrocarburos saturados o no, algunos de ellos aromáticos provenientes de la evaporación de los combustibles presentes en la atmósfera en forma de gases y aerosoles, compuestos nitrogenados como el amoníaco, el ácido nítrico, el nitrato de peróxido, el bióxido y trióxido de azufre, el hidrogeno sulfurado y el ozono que se produce por acción secundaria fotoquímica al actuar los rayos solares sobre los componentes con azufre.

Todos estos componentes hasta ahora sólo son peligrosos en altas concentraciones en zonas densamente pobladas y de gran producción industrial, pero su cantidad con respecto al total de los componentes de la atmósfera no ha producida modificaciones en el equilibrio general.

EFECTO DE INVERNADERO:

La radiación electromagnética que nos llega del sol al atravesar las capas bajas de la atmósfera trabaja en una forma que nos recuerda la acción de los invernaderos.

Un invernadero consiste en un local con techo y paredes de vidrio; el vidrio deja pasar las emisiones solares de onda corta las cuales son absorbidas por la tierra, el suelo y los objetos en él presentes, que a su vez reradian en ondas mas largas, las cuales no pueden atravesar en su totalidad los vidrios y por lo tanto parte de esta energía queda atrapada en el interior del invernadero con el consiguiente aumento de temperatura, manteniendo así la interior superior a la de afuera. Este mismo fenómeno de invernadero ocurre en la atmósfera donde el bióxido de carbono CO_2 , el vapor de agua y el ozono presentan una fuerte absorción de energía en el espectro de radiación (banda del infrarrojo).

Podemos entonces decir que la atmósfera con sus componentes hace posible la vida en la tierra y que, de no existir el efecto de invernadero, las condiciones serían desfavorables para la vida humana tal como nosotros la conocemos; debemos por lo tanto, no alterar el equilibrio térmico que actualmente existe.

Si la actual cantidad de bióxido de carbono CO_2 introducida en parte como contaminante por el hombre se doblara, el efecto de invernadero podría hacer que la temperatura cercana a la tierra aumentara en dos grados centígrados, según lo expresado por los autores Manabe y Wetherald.

¿Qué pasaría si la temperatura de la tierra aumentara en unos pocos grados? se podría producir el deshielo parcial o total del casquete polar antártico y el hielo de Groenlandia, lo cual provocaría la inundación de las tierras costeras y bajas de los continentes e islas, que son los lugares más densamente poblados del planeta.

Por otra parte, el aumento de turbidez en la atmósfera por la presencia de partículas contaminantes y el aumento del vapor de agua incrementa la nebulosidad y hace disminuir la visibilidad; por lo tanto, parte de la radiación solar que llega hacia la tierra es reflejada y dispersada en la atmósfera hacia el espacio exterior; esta pérdida de calor podría ocasionar en el balance general una disminución de temperatura y podría llevarnos en forma acelerada hacia una nueva época glacial lo que produciría grandes migraciones hacia los trópicos, provocando una situación dramática en los mismos.

La inteligencia del hombre y su instinto de sobrevivencia no permitirán llegar a estas situaciones extremas porque está en capacidad de poder controlar estos efectos.

Hasta ahora hemos hablado de la contaminación en la atmósfera y no habíamos mencionado contaminantes como el hollín y los alquitranes, el plomo y sus derivados que se agregan como antidetonantes en las gasolinas, los silicatos, el flúor, el óxido de hierro, las partículas de polvo -

del asbesto, los pesticidas, los herbicidas, los fertilizantes, los detergentes y sustancias radioactivas etc.

El grado de desarrollo que se ha alcanzado en los países llamados desarrollados y aun en los países llamados en vía de desarrollo ha permitido la introducción en gran escala de una serie de fuentes artificiales de contaminación: los motores de combustión interna fijos o aplicados a vehículos de cualquier tipo en los países desarrollados son los responsables por el incesante aumento de consumo de combustible de casi el 60% de la contaminación actual: (En Inglaterra solo el monóxido producido por los usos industriales y domésticos en 1970 llegó a 10 millones de toneladas). Debemos también considerar que las plantas eléctricas, ya sean térmicas, hidráulicas o atómicas, las refinerías de petróleo, las petroquímicas, las siderúrgicas, las centrales azucareras, los procesamientos y disposición de residuos y basuras también se encuentran entre los grandes aceleradores locales de la contaminación.

PRESENCIA DE PARTICULAS SOLIDAS Y LIQUIDAS:

El humo negro de los escapes de los automotores, el óxido de hierro, los residuos de asbestos de los frenos, las fábricas de cemento, etc., se acumulan en forma de polvo, además de las partículas provenientes de los focos domésticos, incineradores e industrias en general. Los tamaños son variables; desde micras hasta fracciones de milímetros; de acuerdo a su tamaño y peso pueden caer cerca de los lugares de emisión, o ser transportados por las corrientes aéreas a grandes distancias donde se depositan; las partículas menores de 5 micras tienden a permanecer en forma casi indefinida en la atmósfera, formando aerosoles, y forman parte en mayores o menores concentraciones del aire que respiramos diariamente.

CONTAMINACION POR REACCION FOTOQUIMICA:

Con referencia a los numerosos productos de emisiones primarias que se introducen en la atmósfera, además de la interacción entre ellos, tenemos que considerarlos en parte como reaccionantes ante la radiación solar, y hasta que no se conozca claramente el alcance de sus efectos es difícil reglamentar la emisión de los elementos primarios, pero mientras tanto reducirlos al mínimo. Entre las principales reacciones que se producen en la atmósfera tenemos la niebla humo ácida y la niebla humo oxidante, el trióxido de azufre etc. Como resultado de ello vemos el acelerado deterioro que se está produciendo en las grandes ciudades y la destrucción de antiguos monumentos históricos en toda Europa.

CONTAMINACION TERMICA:

Las necesidades del hombre moderno han hecho que la energía total que el hombre inicialmente transfería en forma de calor por la transformación de los alimentos que consumía, ha aumentado a niveles que van desde un mínimo equivalente al doble de ese valor hasta cien veces más en países de alta tecnología, lo que nos demuestra la creciente gigantesca demanda de ener-

Nota: Niebla de humo equivalente a la expresión del idioma inglés smog (contracción de smoke y fog, humo y niebla).

gía de nuestra sociedad. Según Theodore Brown, "un cambio aditivo similar al 1% de la energía solar que recibimos haría aumentar la temperatura de la tierra en 1.4 grados centígrados". Si para la población actual del mundo existieran las posibilidades de emplear la misma cantidad de energía de Estados Unidos, el incremento de energía llegaría sólo al 0,05% comparado con el total que recibimos del sol, lo cual no es muy peligroso. Pero Estados Unidos en el año 2.000 disipará en ciertas áreas el 0,37% de la energía equivalente a la solar que recibe en parte de su superficie. "Esto significará un calentamiento concentrado sobre áreas no muy extensas, con aumento de evaporación, nubes y lluvias y por lo tanto cambios climáticos y circulatorios, lo cual prueba que la contaminación térmica puede efectivamente cambiar nuestro medio ambiente en forma que resultará perjudicial a la vida".

La contaminación térmica afecta también los cursos de aguas, lagos y océanos, especialmente cuando se toma el agua como refrigerante. Por ejemplo en las centrales eléctricas, térmicas o nucleares, refinerías de petróleo, plantas de desalinización, etc. Esta contaminación térmica afecta la circulación de las aguas, el proceso de oxigenación y ocasiona la deteriorización de la cadena de la vida que allí existe, acelerando este calentamiento también la actividad de los contaminantes químicos allí presentes.

CONTAMINACION POR MALOS OLORES Y RUIDOS

Podríamos finalmente hablar de las contaminaciones molestas y a veces poco tolerables como son la de los malos olores y la de los ruidos. Los malos olores presentes por procesos de fermentación y descomposición de las industrias químicas o de las que transforman residuos de huesos, curtiembre, etc, son molestos y poco tolerables pero no son difíciles de controlar. Los ruidos motivados por la industria, el tránsito, la música a gran volumen, los aviones a reacción, etc., someten al ser humano a una fuerte tensión, pudiendo ciertos ruidos llegar a alterar en forma permanente el sistema nervioso, además de producir sordera progresiva. Podemos clasificar los ruidos en desagradables y perjudiciales al organismo; los primeros causan permanentes perturbaciones psicológicas y los segundos fisiológicas traducidos en trastornos transitorios o permanentes.

CONTAMINACION RADIOACTIVA:

La contaminación natural radioactiva del planeta, recientemente incrementada por el hombre por medio de explosiones, por el empleo de materiales en radioterapia, por el uso de máquinas y por las usinas de producción de energía eléctrica, ha demostrado tener un alto poder destructivo y en mayor o menor escala todos los seres han sido afectados por la misma, presentando a veces pequeñas cantidades que el organismo aparentemente asimila, inducción a afecciones cancerígenas, cataratas, cambios genéticos y acortamiento o destrucción de la vida.

CONTAMINACION POR MICROONDAS:

En la revista Scientific American de Febrero de 1972, al hablar del desarrollo a bajo costo de los sistemas generadores de microondas, se muestra que la energía por ellos emanada dentro de las frecuencias menores del gigahertz 10^9 10^{11} a medida que nos acercamos al infrarrojo 10^{12} y a la de los rayos Laser 10^{13} aumenta la peligrosidad de las mismas para con los organismos.

Es por lo tanto necesario investigar el peligro biológico que significará el tener en funcionamiento varios millones de generadores de estado sólido al abaratare este tipo de equipos en comparación con los varios miles que hay hoy en día en uso.

Los servicios de Salud Pública de varios países han encontrado que cuando estas emisiones son continuas y en el orden de los 10 milivatios por cm^2 pueden ser peligrosas para los seres vivos.

CONTAMINACION NATURAL:

Es aquella que debe su origen a la naturaleza del geode; en ella no interviene la mano del hombre: Las erupciones volcánicas, los incendios productos de la combustión espontánea o por el efecto de los rayos, las tempestades de polvo, las tormentas eléctricas que producen ozono, la radiación natural de la corteza terrestre, las pérdidas naturales de petróleo y gases, el polen que desprenden las flores, los hongos y la descomposición de los restos vegetales y animales. Esta contaminación es imposible de controlar; siempre ha existido y existirá. Posiblemente en el pasado las grandes erupciones volcánicas también produjeron cambios de clima en la tierra por el reflejo a la atmósfera exterior de la radiación solar por la presencia de grandes cantidades de partículas en la atmósfera durante un tiempo prolongado.

CONTAMINACION SOBRE LA TIERRA, CAPAS FREATICAS, RIOS, LAGOS Y GRANDES MASAS DE AGUAS:

La contaminación atmosférica de la cual hemos hablado en términos generales afecta en forma integral a la tierra, y en última instancia a los ríos, lagos y grandes masas de agua. La circulación atmosférica, los movimientos de las masas de agua y el ciclo de agua (evaporación y precipitación con todas sus fases intermedias) hacen que todos los contaminantes caigan en gran proporción sobre la superficie del planeta y se distribuyan sobre la misma. Es por ello que la acción contaminante del hombre en cualquier lugar tienen consecuencias también sobre los lugares más apartados. Debemos tener presente en forma terminante que la contaminación no tiene fronteras, ni geográficas ni políticas.

Las principales causas de la contaminación son provocadas por la vida del hombre en sí, las actividades agrícolas, urbanas, industriales, recreacionales, etc.

La contaminación más simple que la vida de por sí produce, está básicamente representada por los detritus humanos, los residuos y restos de comida que forman el gran volumen de las a-

guas negras que en forma aislada o en poblaciones agrupadas se vuelcan o no por las cloacas que finalmente descargan los gérmenes patógenos en las capas freáticas o en cualquier tipo de corriente de agua, las cuales en una gran parte desembocan en el mar con insuficiente o ninguna depuración.

Las aguas así contaminadas producen amebiasis generalmente crónicas, epidemias como la tifoidea, disenteria y una gran gama de enfermedades de origen bacteriano y viral.

En la mayor parte de las aguas contaminadas encontramos además en forma permanente hidrocarburos, metales pesados, ácidos, cloruros, derivados fenólicos, insecticidas, herbicidas, detergentes, reductores oxidantes, disolventes etc. La mayor parte de ellos no son biodegradables. A esta cantidad de contaminantes, residuos de la sociedad tecnológica, se le debe agregar una cantidad de productos químicos que se derraman por accidente y que pueden hasta esterilizar grandes áreas terrestres con sus correspondientes acuíferos y masas de aguas.

El arrastre de materias sólidas inertes, tales como arena, arcilla y otros resultantes de la construcción de carreteras, deforestación de cabeceras de ríos, dragado de los mismos, etc., facilitan también la destrucción de los primeros eslabones de la cadena alimentaria con lo que se obtiene un bajo rendimiento de la vida béntica.

Los grandes lagos de Europa y Estados Unidos, debido al exceso de detritus y sales minerales (nutrientes en general), se han llenado de algas y malezas lo que destruye o modifica parte de la cadena alimenticia, lo mismo que una gran cantidad de ríos del planeta, como por ejemplo el Rin, el Don, el Potomac, etc., que se han transformado en grandes cloacas abiertas.

Sin embargo, existe la gran posibilidad técnica, dentro de este gran marco de productos de contaminación, de reducirlos a un mínimo no peligroso. Esto se traduce en dos preguntas fundamentales ¿Cómo se hace y cuánto cuesta? La forma en que se debe hacer es por medio de la educación y la enseñanza integral de los pueblos para que puedan tomar conciencia del problema. Pero sin la promulgación y aplicación de leyes adecuadas nacionales e internacionales ello no se puede hacer, se deben crear organismos que capacitadamente hagan ejecutar las leyes, y que tengan una organización eficaz utilizando las técnicas más modernas y depuradas para fiscalizar su cumplimiento. ¿Cuánto cuesta hacerlo? Esto deberá decirlo en cada caso la técnica; evidentemente debemos pagar un precio para ello, pero ese costo necesario debe estar dividido entre una alta participación dentro de los gobiernos, de los industriales y una adecuada proporción entre los consumidores. Cuando hablamos del precio que hay que pagar sabemos todos que hoy día el agua potable se paga, que los servicios cloacales y sanitarios son costosos pero necesarios, que se cobra por la recolección y dispersión de las basuras etc., y que pagamos impuestos para recibir una serie de servicios necesarios; es por ello que todos los gobiernos deben ser responsables de velar por la conservación del medio ambiente estimulando a los organismos competentes para que lo efectúen, e intervenir en lo que a costos se refiere, para que progresivamente se pueda resolver paso a paso este problema hasta que se equilibre realmente el hombre con el medio ambiente.

"Debemos tener presente que la educación y la persuasión deben estar acompañadas por las leyes correspondientes".

Deseo citar un comentario perteneciente al Doctor Dubos, profesor de Patología Microbiología de la Universidad Rockefeller, quien sugiere que en vez de tratar de adaptarse a las complejidades urbanas y a la tecnología industrial, el hombre debe intentar diseñar un medio que se adapte a su naturaleza. Dice Dobos que, hasta pocas décadas, la mayoría de los cambios tecnológicos y sociales fueron graduales y afectaron sólo a un bajo porcentaje de la población. El ritmo de cambio era lo suficientemente lento para que el hombre se adaptara; sus características y sus actitudes mentales soportaron alteraciones para asimilarse, pero el medio, hoy día, está cambiando tan aceleradamente que los procesos de adaptación biológica, mental y social no pueden mantener su ritmo. Hemos visto (consecuencias de la polución) que esta rígida adaptación puede ser peligrosa tanto para la salud orgánica como mental. "Desde luego, dice Dubos", desarrollaremos nuevos procedimientos médicos para el tratamiento de las enfermedades crónicas y degenerativas, incluso las mentales, consecuencia de la contaminación. También crearemos una tecnología protectora contra los daños del medio. Pero si dependemos exclusivamente de tales medidas defensivas, cada vez más nos comportaremos como criaturas perseguidas, corriendo de un invento terapéutico o protector a otro, cada uno más complejo y costoso que el anterior. Terminaremos gastando gran parte de nuestra energía defendiéndonos contra las amenazas de un medio que es creación nuestra, sacrificando así los valores que hacen la vida digna de vivirse.

En esta conferencia no he pretendido pormenorizar ninguno de los problemas referentes a la contaminación que afecta a nuestro planeta Tierra. Simplemente he enumerado los más importantes y su influencia en el medio ambiente.

Los distinguidos colegas que me han precedido han explicado en detalle el efecto de los contaminantes en los sistemas biológicos y sus relaciones con las comunidades, descripción de las pirámides nutricionales, estructura química de ciertos contaminantes, acción y posible interacción entre los mismos, el aspecto socioeconómico, planificación, educación, guardería y legislación.

El agotamiento de ciertos recursos considerados indispensables para el grupo zoológico humano nos lleva a reflexionar que las sociedades que basan su estructura únicamente sobre los bienes materiales y un inestable y transitorio bienestar, deben meditar que todas ellas forman parte de la tripulación de esta única y finita nave Tierra y deben adaptar su vida al equilibrio ecológico de la misma en forma humana y racional.

Para finalizar, deseo presentar simplificada, una de las frases que, en su clase magistral del 17 de septiembre de 1974, nos expresó el Rector Ernesto Mayz Vallenilla:

Que el hombre, sobrecogido y alienado por su existir tecnificado, ha regresado al único recurso que le quedaba para no antiquilarse mutuamente al hallarse encerrado cada vez más en su solitaria individualidad, y se ha dado cuenta que sólo proyectando su vida hacia los otros puede reconciliarse consigo mismo y vivir dignamente con esos otros para que ellos sean lo que realmente son: sus verdaderos semejantes.

Si esto no se cumple, el planeta Tierra se verá alterado al punto de poner en peligro la supervivencia de la especie humana.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

OMM - La Meteorología y el Medio Ambiente Humano (OMM. 313)

Roberto J. Alvarez