ese océano de aire en que vivimos

origen, evolución, estado actual y futuros posibles de la atmósfera terrestre

BOGOTÁ, AGOSTO DE 2008



Libertod v Order







Ministerio de Ambiente. Vivienda y Desarrollo Territoria

República de Colombia

REPÚBLICA DE COLOMBIA Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA Álvaro Uribe Vélez

MINISTRO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Juan Lozano Ramírez

VICEMINISTRA DE AMBIENTE Claudia Patricia Mora Pineda

DIRECTOR DE DESARROLLO SECTORIAL SOSTENIBLE César Augusto Buitrago Gómez

COORDINADOR NACIONAL UNIDAD TÉCNICA OZONO-UTO Jorge Enrique Sánchez Segura

EQUIPO TÉCNICO UTO Antonio Orozco Carlos Andrés Hernández Carlos Alberto Muñoz Nidia Mercedes Pabón Patricia Zúñiga Miño Angélica Nataly Antolinez

Alexis Rodríguez Chacón Claudia Milena Caicedo Guillermo Alejandro Ramírez Olga Esperanza Ortega Omarly Acevedo

Xiomara Ibeth Stavro Edwin Mauricio Dixon

EQUIPO ADMINISTRATIVO UTO Carlos Andrés Méndez Myriam Cristina Jiménez Oscar Mauricio Jaimes

TEXTOS Y FOTOGRAFÍAS Gustavo Wilches-Chaux wilcheschaux@etb.net.co

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN La Silueta Ediciones

Cítese como:

Wilches-Chaux, Gustavo.

Ese océano de aire en que Vivimos. Origen, evolución, estado actual y futuros posibles de la atmósfera terrestre. Bogotá, D.C. Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

76 p.

- 1. Problemas ambientales globales
- 2. Cambio climático
- 3. Clima
- 4. Cambio global
- 5. Calidad del aire
- 6. Deterioro de la capa de ozono 7. Emisiones atmosféricas
- 8. Efecto invernadero
- g. Convención de Nueva York sobre Cambio Climático
 10. Protocolo de Kyoto

Revisión técnica: Jorge Enrique Sánchez Segura, Patricia Zúñiga Miño y Luz Adriana Jiménez, profesionales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Margarita Gutierrez Arias y Henry Oswaldo Benavides, profesiona-les del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Luisz Olmedo Martínez, profesional del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD.

Revisión de pruebas: Maria Emilia Botero Arias, Grupo Centro de Documentación. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES- IDEAM

DIRECTOR GENERAL Ricardo José Lozano Picón

SUBDIRECTOR DE METEOROLOGÍA Ernesto Rangel Mantilla

EOUIPO TÉCNICO IDEAM Margarita Gutierrez Arias **Henry Oswaldo Benavides** PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL **DESARROLLO PNUD**

REPRESENTANTE RESIDENTE Bruno Moro

OFICIAL DE PROGRAMA Luisz Olmedo Martínez Zamora

contenido:

Presentación	5
Prólogo	7
Introducción	9
1. La formación del planeta Tierra	13
2. Aparición y evolución de la Vida, y formación de la atmósfera actual / La capa de ozono	21
3. La Tierra: resultado de múltiples "sistemas concatenados"	29
4. Clima, Tiempo, Variabilidad Climática, Cambio Climático	33
5. ¿Por qué en Colombia y en otros países resultamos afectados por el cambio climático y el consecuente cambio global?	45
6. El deterioro de la capa de Ozono / Alternativas y retos	57
7. La calidad del aire	67
Bibliografía	75

Agradecimientos

Este texto ha sido posible gracias a la iniciativa, al entusiasmo y a la colaboración del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y particularmente de Jorge Sánchez y Patricia Zúñiga, de la Unidad Técnica de Ozono (UTO), a quienes expreso mis más sinceros agradecimientos, al igual que al apoyo financiero del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Agradezco también a Luz Adriana Jiménez, de la Oficina de Educación y Participación del Ministerio, a Luisz Olmedo Martínez del PNUD y a Margarita Gutiérrez y Henry Benavides, profesionales del IDEAM, quienes al igual que Jorge y Patricia, impulsaron y revisaron el documento, y me hicieron importantes sugerencias para mejorarlo. Igualmente a Myriam Cristina Jiménez de la UTO por su apoyo en los aspectos administrativos de la consultoría en desarrollo de la cual se elaboró este documento.

La mayoría de las cifras técnicas que aparecen en el texto corresponden a las que maneja el IDEAM.

Gustavo Wilches-Chaux

Presentación

La atmósfera constituye uno de los pilares de la vida. Así lo han entendido, desde el inicio de la historia, los grandes sabios y científicos de las ciencias naturales. No obstante, con el desarrollo de la denominada "Revolución Industrial" a final del siglo XIX y durante todo el siglo XX, el mismo hombre se encargó de emitir millones de toneladas de sustancias contaminantes que han entrado a la atmósfera, generando cambios sustanciales en su conformación y también en su comportamiento. Lo triste, es que a la fecha ese fenómeno se sigue presentando.

Las consecuencias no se han hecho esperar y hoy la humanidad enfrenta tres graves problemas ambientales:

- 1. La destrucción de la Capa de Ozono que nos protege de la radiación ultravioleta.
- 2. La acumulación de Gases Efecto Invernadero, causantes del Cambio Climático
- La dispersión de contaminantes en la baja atmósfera (tropósfera) especialmente en las ciudades, provocando graves enfermedades en los seres vivos expuestos a ellos.

Estos tres efectos constituyen el objeto de estudio de la presente cartilla que pretende difundir, con un lenguaje ameno y de fácil recordación, la urgencia de proteger la estabilidad atmosférica. El profesor Gustavo Wilches, autor de la iniciativa, es uno de los ambientalistas más dedicados a la divulgación de los riesgos que hoy sufre nuestro entorno, con un fin didáctico.

Gracias a su lenguaje fresco, ha podido llegar a todos los públicos facilitando la comprensión de complejos temas técnicos.

Por eso, éste trabajo se enmarca en los conceptos desarrollados en su texto "Brújula, bastón y lámpara", instrumento educativo editado y promovido por el MA-VDT, siendo parte de la estrategia de Educación Ambiental respaldada por la Oficina de Educación y Participación de este Ministerio.

Nuestra Unidad Técnica Ozono, además, ha promovido a nivel nacional actividades en ese mismo sentido, como parte del esfuerzo para lograr la eliminación de las sustancias que dañan el gran manto protector de la Tierra.

Gracias a dicha labor, el Ministerio recibió, por parte de la Secretaría de Ozono del Protocolo de Montreal, un reconocimiento especial en 2007. La cartilla que presentamos es también fruto y seguimiento de las estrategias nacionales que hoy nos convierten en una "potencia verde".

Aprovecho para mencionar que temas como el Calentamiento Global y la Calidad del aire en las ciudades son aspectos esenciales del actual Gobierno, lo cual se plasma en los esfuerzos interinstitucionales realizados desde el MAVDT, el IDEAM y la Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible en coordinación con el Ministerio de Protección Social.

Este documento integra en un solo texto toda esta compleja y diversa problemática, presentando armoniosamente la interrelación de los fenómenos que constituyen la dinámica atmosférica y la manera como ellos se retroalimentan. Por ello, es también importante destacar que Naciones Unidas está promoviendo la integración de las políticas ambientales en aquellos aspectos donde los temas son similares o compartidos. Este es el caso, por ejemplo, del Cambio Climático y de la destrucción de la Capa de Ozono, donde las sustancias agotadoras del Ozono son a la vez Gases Efecto Invernadero, y por tal motivo pueden hacerse esfuerzos coincidentes para su eliminación.

El texto presenta la evolución de la atmósfera como una parte de la evolución del planeta, describiendo el surgimiento de la Capa de Ozono y mostrando la interrelación de los diferentes sistemas que conforman la tierra. Hace una descripción del clima y del tiempo, relatando la problemática del Cambio Climático. Elabora un recuento de los problemas asociados con el deterioro del gran manto protector y finalmente, detalla los aspectos principales relacionados con la Calidad del aire en las ciudades.

Para el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, constituye una inmensa satisfacción continuar realizando su labor educativa referente a los problemas ambientales, al tiempo que trabajamos por generar las condiciones favorables para que la comunidad, la industria y las instituciones avancen coordinada y responsablemente en el establecimiento de un verdadero desarrollo sostenible que mejore la calidad de vida de todos los colombianos, sin destruir el patrimonio ambiental de nuestros hijos.

Juan Lozano Ramírez

Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.





Prólogo

"El progreso humano no es ni automático ni inevitable. El futuro ya está aquí y debemos enfrentar la cruda urgencia del ahora. En este acertijo constante que implica la vida y la historia, la posibilidad de llegar tarde existe. Podemos rogarle desesperadamente al tiempo que detenga su paso, pero el tiempo es sordo a nuestras súplicas y seguirá su curso. Sobre montañas de blancas osamentas y desperdicios de múltiples civilizaciones se observan las terribles palabras: demasiado tarde".

Martin Luther King Jr.

Con estas palabras angustiosas hace más de 40 años Martin Luther King Jr. hacía un llamado de alerta ante los peligros de una producción desenfrenada que atropellaba el entorno en su afán de acumulación de riqueza. Hoy este llamado se va transformando día a día en un grito de horror por lo que se ve venir en este siglo de no tomarse con urgencia medidas concretas que hagan posible la supervivencia del planeta.

En un afán por ampliar el conocimiento ciudadano frente a los retos ambientales -retos que hoy se incorporan cada vez más a los retos económicos, sociales, culturales y productivos- hemos pensado que *Ese océano de aire en que vivimos,* del experto colombiano Gustavo Wilches Chaux, es un aporte muy valioso que complementa el trabajo que hemos venido realizando

en conjunto con las instancias nacionales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, como son el IDEAM y la Unidad Técnica de la Capa de Ozono. Con estas entidades hemos trabajado desde hace tiempo en la implementación de los acuerdos internacionales relacionados con la protección de la Capa de Ozono y el Cambio Climático.

La publicación que aquí presentamos explora, por ejemplo, las relaciones entre cambio climático, cambio global, deterioro de la capa de ozono y calidad del aire. De este modo da cuenta de la profunda y creciente interdependencia en la que desarrollamos nuestras vidas. No haberlo comprendido a tiempo seguramente ha incidido en el deterioro que hoy presenciamos y en el que los científicos tratan de explicarnos por qué los huracanes, los aguaceros y las sequías dejan cada vez más desastres a su paso.

Con el Protocolo de Montreal, tras veinte años de su declaración, gracias al trabajo sistemático del Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial a través de la Unidad Técnica de la Capa de Ozono, el país ha alcanzado logros importantes reconocidos internacionalmente tanto a nivel de metas como de lecciones aprendidas. Debe subrayarse que Colombia ha cumplido las metas de eliminación de Sustancias

Agotadoras de Ozono (SAO) de acuerdo al cronograma establecido. Actualmente viene implementando el Plan Nacional de Eliminación y mantiene un esfuerzo sostenido para fortalecer las políticas y las instituciones relacionadas con la protección de la Capa de Ozono. En esta línea, la meta es llegar al 2010 con el anuncio de la eliminación total de SAO.

Es precisamente en este propósito donde este libro desea aportar, apoyando los esfuerzos en educación ambiental, incrementando la conciencia sobre el problema y dando "pistas" sobre como debemos actuar hacia el futuro. La sostenibilidad ambiental depende de la capacidad que tengamos para comprender y asimilar nuestros compromisos.

Ratificamos así nuestro compromiso de aportar al bienestar global, y en particular de avanzar en la articulación de los diferentes mecanismos y convenciones internacionales, propósito de la ONU y del PNUD como la agencia de desarrollo del Sistema de Naciones Unidas.

Bruno Moro, Representante Residente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo



introducción

Así como bautizamos este texto "Ese océano de aire en que vivimos", bien hubiéramos podido llamarlo "Ese océano de aire que somos" o, por lo menos: "sin el cual no seríamos como somos". Porque los seres vivos no somos estructuras estáticas, sino sistemas vivos. Y una de las no muchas- definiciones de vida que existen, es el intercambio permanente de materiales, de energía y de información de un organismo con su entorno.

Si alguna vez afirmamos que el árbol también es el viento que lo mueve y que transporta sus semillas y la sombra que produce y el suelo en que se hunden sus raíces (y que a su vez ellas amarran) y los insectos o las aves que lo polinizan (y las que anidan en sus ramas), también podemos decir que los seres humanos somos, amén de otras muchas "cualidades", los sentimientos que profesamos y las ideas que generamos y las acciones con que nos expresamos y los alimentos que nos nutren y el agua que bebemos y el flujo de aire que de manera permanente entra y sale de nuestros cuerpos, a un ritmo promedio de 16 veces por minuto.

Si en cada una de esas respiraciones inspiramos aproximadamente medio litro de aire, eso quiere decir que en 24 horas pasan por nuestros cuerpos nada menos que ¡11.520 litros de atmósfera!

Difícilmente podríamos, entonces, separar nuestra identidad de ese océano de aire que penetra en nosotros de manera permanente... y que nos recorre por dentro.

La Vida es un milagro tangible, evidente, permanente, del cual nosotros somos expresiones y pro-

tagonistas. Nosotros somos organismos capaces de convertir la energía solar, el agua y el aire en más Vida, en nuevas formas de energía, en amor, en pensamiento.

De las características de ese océano de aire en que vivimos y de las capas de la atmósfera en donde ya el aire es más escaso, dependen también la cantidad de radiaciones procedentes del sol que alcanzan nuestros cuerpos, y la presión que nos comprime (cada vez menor a medida que nos alejamos del nivel del mar). Y dependen las condiciones generales de humedad en que nos desenvolvemos, puesto que la atmósfera también es vapor de agua, y muchas veces también es agua líquida... y algunas veces sólida, como cuando se carga de granizo.

Nuestro objetivo aquí es aportar algunas claves para ayudarnos a entablar un diálogo más fluido con la atmósfera, lo cual equivale a decir un diálogo más fluido con la Tierra y, por supuesto, con nosotros mismos y con esos territorios que contribuimos a transformar y de los cuales somos parte.

En un texto hermano de este², afirmábamos que así como la vista es el sentido que me permite percibir las radiaciones luminosas y el oído las vibraciones sonoras, la identidad es el sentido que me permite percibir vivencialmente y SENTIRME UNO con el territorio.

En ese mismo texto, que invitamos a leer conjuntamente con este que tenemos en las manos, también exploramos a fondo el concepto de SEGURIDAD TERRITORIAL, que hace referencia a la capacidad de un territorio para ofrecerles seguridad integral tanto a sus habitantes humanos como a sus ecosistemas, frente a las múltiples amenazas de cualquier origen que puedan afectarlos. Esa seguridad depende de las interacciones entre múltiples factores, como la seguridad y la soberanía alimentarias, la seguridad ecológica, la seguridad social, la seguridad económica y la seguridad jurídica e institucional.

La seguridad territorial se "materializa" en una especie de red o telaraña formada por el cruce dinámico entre todas esas interacciones y, como veremos en su momento, de la fortaleza de esa red dependen la resistencia y la resiliencia del respectivo territorio.

Nosotros somos parte de ella y en la medida en que comprendamos la "lógica" del territorio y la esencia de sus dinámicas (incluidas, por supuesto, las hidro-meteorológicas) podremos contribuir mejor a fortalecer la telaraña.

En las páginas que siguen vamos a explorar las relaciones existentes entre varios temas, que hoy oímos mencionar con frecuencia: la variabilidad climática, que se refiere a esa característica esencial del clima, que es el cambio permanente. El cambio climático, concepto restringido, de manera convencional, a los cambios del clima provocados como efecto de la actividad humana y, particularmente, del incremento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera. El cambio global, que resume las consecuencias del cambio climático sobre las sociedades humanas. El deterioro de la capa de ozono. Y la calidad del

^{2. &}quot;Brújula, bastón y lámpara para trasegar los caminos de la Educación Ambiental", Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Bogotá, 2006)



Hasta donde he averiguado, el primero en referirse a la atmósfera como a un "gran océano aéreo", fue el biólogo norteamericano Alfred Russel Wallace, el mismo que, por su lado, formuló la teoría de la evolución de las especies de manera simultánea con Darwin.

aire. Y claro, otros muchos temas y conceptos que de una u otra manera se relacionan con los anteriores.

No pretendemos agotar aquí ninguno de esos temas, sino más bien contribuir con algunas enzimas a la fácil digestión de textos más profundos, como por ejemplo el "Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008 La lucha contra el cambio climático: solidaridad frente a un mundo dividido" que elabora anualmente el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD y que, este año, ha dedicado precisamente al tema del cambio climático y de sus implicaciones actuales y futuras para este planeta y para los seres que lo habitamos.

O el "Informe País" que nuestro Gobierno, al igual que otros gobiernos del mundo, se ha comprometido a presentar periódicamente, para dar cuenta de los esfuerzos encaminados al cumplimiento de lo acordado en la llamada "Agenda 21".

O las Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático (la última de las cuales fue elaborada en 2002 por el Ministerio de Ambiente, el IDEAM y el PNUD) y cuyo objetivo es aterrizar a la realidad del país la situación global susscitada por el Cambio Climático.

Sí: enzimas para digerir esos y otros documentos, pero sobre todo para poderlos convertir en herramientas que nos ayuden a transformar nuestras inquietudes y nuestros compromisos en acciones.

No podemos pretender quedarnos como meros espectadores de los cambios planetarios. Si los pro-

blemas son tan complejos que solamente los puede resolver un milagro, tenemos el deber de aprender a hacer milagros. En nosotros confluyen dos ingredientes para hacerlos posibles: uno, la fuerza de la vida terrestre, que se viene expresando desde que hace cerca de cuatro mil millones de años aparecieron los primeros seres vivos en este planeta. Y la Cultura, que de alguna manera constituye el conjunto de estrategias que, a lo largo de los últimos cien mil años, hemos desarrollado los seres humanos para relacionarnos con el Cosmos: ese que empieza en nuestras propias entrañas y se extiende hasta las más lejanas galaxias.

Pilas, pues, que el futuro depende de lo que queramos y seamos capaces.

Gustavo Wilches-Chaux BOGOTÁ, AGOSTO 17 DE 2008





1.la formación del planeta tierra

El Sol: ese Padre Nuestro que brilla en los cielos

Nuestro planeta, la Tierra, forma parte de la extensa familia del Sol, lo cual significa mucho más que una mera referencia astronómica.

Nosotros, los seres vivos en general, y los humanos en particular, somos como somos, porque la Vida es el resultado de una cantidad enorme de factores y de interrelaciones entre esos factores (muchos de los cuales están más allá de la Tierra). Nosotros somos uno de los resultados de muchos miles de millones de años de evolución planetaria, estrechamente ligada a las características de esa estrella que preside nuestro Sistema Solar.

En promedio, la Tierra se encuentra aproximadamente a 150 millones de kilómetros de distancia del Sol. Como la órbita de la Tierra alrededor del Sol no es perfectamente circular, sino ligeramente elíptica, esa distancia se reduce un poco en el llamado perihelio (el punto de la órbita terrestre en el que nos encontramos más cerca del Sol) y aumenta en el afelio (el punto más alejado).

En promedio, viajando a una velocidad de 300 mil kilómetros por segundo, la luz tarda aproximadamente 500 segundos en llegar a la Tierra procedente del Sol. Esto quiere decir que si el Sol se apagara de manera súbita, solamente nos daríamos cuenta de ese suceso improbable 8 minutos y 18 segundos después de que ocurriera.

La distancia (8.33 minutos-luz) es grande, pero casi insignificante en términos estelares. La luz de la estrella más cercana al Sol (Alfa de Centauro) tarda 4.7 años en llegar hasta nosotros, y la de la galaxia más próxima a la Vía Láctea (la Nebulosa de Andrómeda) tarda dos millones de años: por eso decimos que esta galaxia se encuentra a una distancia de nosotros de dos millones de años-luz.

Regresemos ahora a nuestro vecindario inmediato:

Ese Sol que nos calienta y alumbra tiene aproximadamente 5 mil millones de años de edad, lo que quiere decir que nació más o menos cuando el Universo había cumplido la mitad de la edad que tiene hoy. Esto, aceptando que el Universo tenga aproximadamente 12 mil millones de años de antigüedad³.

El Sol y todo lo que gira a su alrededor, incluyendo la Tierra y nosotros como parte de ella, estamos hechos de material reciclado, es decir, de átomos que alguna vez estuvieron en otras estrellas. Esos átomos son, especialmente, hidrógeno y helio, aunque en el Sol existen también algunos elementos más pesados, propios de estrellas que, como veremos más adelante, son de segunda o tercera generación.

Esas estrellas que existieron antes que el Sol, como todo en el Universo, tuvieron su propio ciclo vital: nacieron, se desarrollaron, envejecieron y finalmente murieron, y con sus restos se formaron nuevas generaciones de estrellas, alrededor de las cuales surgieron planetas y lunas y cometas... y por lo menos en uno de esos cuerpos celestes apareció la Vida. Seguramente eso ha sucedido muchas veces y en otros muchos lugares del Universo, pero con certeza solamente conocemos un lugar afortunado: nuestro planeta Tierra.

El Sol, entonces, es una estrella de segunda o de tercera generación (las de primera generación fueron las que nacieron con el Cosmos).

El Sol tiene por delante otros 5 mil millones de años de existencia, o sea que se encuentra en la mitad de vida... como está una persona con una expectativa de vida de 80 años, cuando cumple 40. Pronostican los astrónomos que cuando el Sol se aproxime a su edad final, crecerá hasta convertise en una estrella "gigante roja", que engullirá a todos los planetas, lunas y demás cuerpos que giran a su alrededor. Pero eso solamente sucederá dentro de 5 mil millones de años. Por ahora tenemos problemas más inmediatos de qué preocuparnos.

^{3.} Hasta hace relativamente poco tiempo los astrónomos pensaban que el Universo se había formado hace 15 a 20 mil millones de años, lo que significaría que el Sol había nacido en la última tercera o cuarta parte del tiempo de existencia del Cosmos.

La edad de la Tierra y nuestra distancia del Sol

Nos cuentan los geólogos que la Tierra "se enfrió", es decir, se convirtió en el planeta "rocoso" que es hoy, hace aproximadamente 4.500 millones de años. Es decir, que esa bola de gases que se formó al mismo tiempo y de los mismos materiales- que el Sol, solamente se demoró unos 500 o 600 millones de años en convertirse en un planeta de corteza "dura". Otros planetas, como Júpiter y Saturno, mantuvieron su condición gaseosa. Si la materia que no quedó incorporada al Sol se hubiera juntado en un solo cuerpo, en lugar de formar tantos planetas, asteroides, lunas y cometas, posiblemente ese cuerpo hubiera alcanzado la masa necesaria como para que en su interior se produjeran las reacciones termonucleares -la fusión nuclear- que caracterizan a las estrellas. El Sol, a lo mejor, hubiera sido una "estrella doble", con su hermana gemela girando alrededor de él, y viceversa. Pero claro, no existiríamos nosotros.

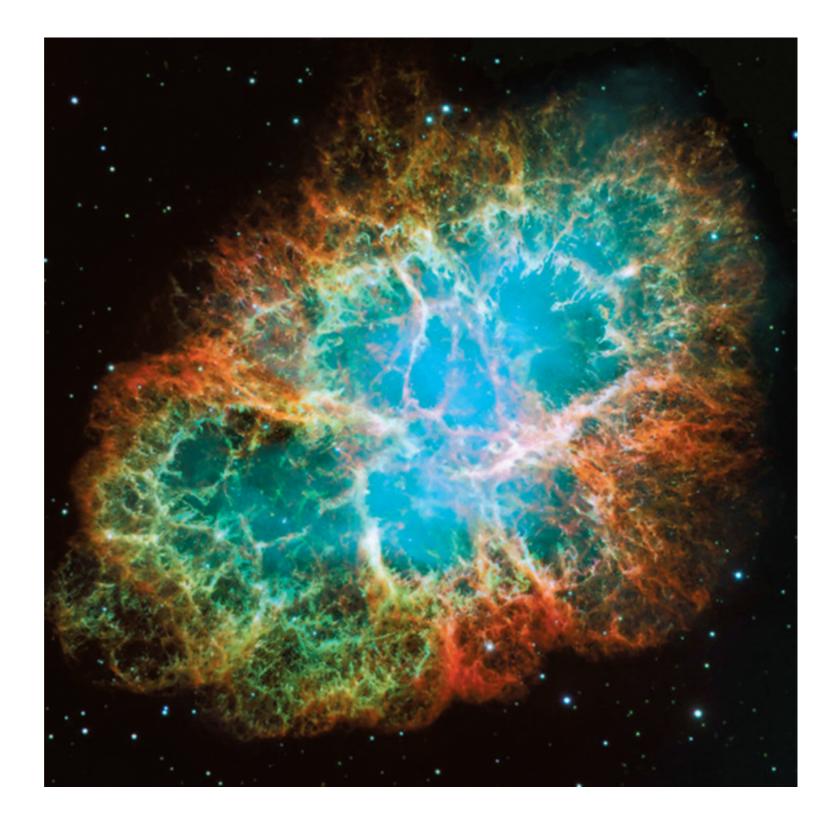
La Tierra quedó a una distancia del Sol a la cual le llega una cantidad determinada de energía (especialmente de luz y de calor) que permite que la materia se haya organizado en ella hasta el punto de permitir la aparición y posterior desarrollo de la Vida, tal y como la conocemos hoy (quién quita que en otro lugar del Universo la evolución haya tomado por caminos muy diferentes, pero no lo sabemos).

Si hubiéramos quedado mucho más cerca del Sol, como por ejemplo donde está Mercurio, el agua líquida no habría podido existir y, en consecuencia, la Vida no hubiera encontrado condiciones para surgir y evolucionar. Ni tampoco si hubiera quedado muy lejos, como en Plutón.

Sin temor a equivocarnos, podemos afirmar, entonces, que la Vida que conocemos es "energía solar procesada". O energía que, en ese gran útero que es la Tierra, se materializa en ese conjunto de estructuras y de procesos que somos los seres vivos: desde los micro-organismos hasta la biosfera entera, pasando por escalas intermedias, a las cuales pertenecemos, para citar solamente tres ejemplos, las aves, las ballenas y los seres humanos.

La existencia de los seres vivos en la Tierra, incluidos nosotros, también dependió de la cantidad de masa que "se juntó" para dar lugar al planeta. Una masa mucho menor no hubiera generado la fuerza de gravedad necesaria para mantener una atmósfera (como ocurre en la Luna)... y una mucho mayor, como la de Júpiter, hubiera dado lugar a unos seres vivos totalmente distintos de los que conocemos, adaptados para resistir una gravedad tan aplastante.

^{4.} La densidad media de la Tierra es la mayor entre todos los planetas del Sistema Solar: más de 5.5 kilogramos por metro cúbico.



Nebulosa del Cangrejo, Telescopio Hubble – NASA

De una u otra manera, toda la energía es solar

Toda la energía que de una u otra manera permite que la Tierra "funcione", proviene directamente del Sol. Todas las formas de energía: la hidráulica o sea la que se genera aprovechando las "caídas" de agua; la eólica o energía del viento; la energía que extraemos de los combustibles fósiles, como el petróleo o el carbón mineral; la que se obtiene al quemar leña o carbón vegetal, e incluso la energía que derivamos de los alimentos de origen animal o vegetal, es energía solar transformada para que los seres vivos la podamos utilizar.

Todos estos que hemos citado son ejemplos de "intermediarios energéticos", a los que debemos acudir para poder hacer uso de la energía del Sol.

Si fuéramos plantas verdes, poseedoras del don de la fotosíntesis (literalmente: la capacidad para fabricar o sintetizar materia orgánica a partir de la luz) nos bastaría con extender nuestras hojas al Sol para captar directamente su energía y encerrarla en nuestra propia estructura. Pero no: por eso necesitamos los intermediarios citados.

Los seres humanos, sin embargo, no nos resignamos del todo y por eso estamos avanzando en el desarrollo de sistemas que nos permitan utilizar la energía sin necesidad de acudir a tantos intermediarios: ejemplo de esto son los paneles solares que convierten la luz solar en electricidad, y los "calentadores pasivos", en los cuales simplemente hacemos uso del efecto invernadero para, por ejemplo, calentar el agua o el aire contenidos en un tanque... o incluso para enfriarlos, como ocurre en los sistemas de "refrigeración pasiva" que desde hace varios siglos han desarrollado distintas culturas pertenecientes a ecosistemas muy calientes del planeta, como la selva amazónica o los desiertos de Arabia.





¿Y la energía nuclear qué?

No quiero desaprovechar la oportunidad para compartir el placer que me invadió una madrugada en la que vo estaba desvelado intentando comprender de qué manera la energía nuclear (procedente de la desintegración o "fisión" -con "i"- de elementos radiactivos como el Uranio), es también energía solar. Yo tenía más o menos claros los "ciclos" a través de los cuales la energía solar se convierte en energía eléctrica, en energía eólica, en energía derivada de combustibles fósiles como el petróleo y el carbón, e incluso en energía humana y animal, pero no había logrado desentrañar la "ruta" que sigue la energía desde el Sol hasta los reactores nucleares. Cuando de pronto -¡Eureka!- entendí: LA ENERGÍA NUCLEAR SÍ ES ENER-GÍA SOLAR, PERO DE SOLES QUE EXISTIERON ANTES QUE EL NUESTRO. Ya sabemos que el Sol y los planetas que giran a su alrededor, incluida la Tierra, se formaron a partir de restos de estrellas que existieron en generaciones anteriores. En esos restos se encontraban elementos radiactivos como el Uranio, que entraron a formar parte del patrimonio mineral de la Tierra (y cuya desintegración natural es la fuente de energía que mantiene en estado incandescente al núcleo del planeta). Cuando los extraemos y los desintegramos, liberamos la energía encerrada en ellos, procedentes de los soles de los cuales alguna vez formaron parte. La misma explicación es válida, aunque con una escala más en el proceso, para la energía derivada de la desintegración de elementos "transuránicos", creados en laboratorios por la tecnología humana. Cuando logremos dominar la "fusión" (con "u") nuclear, juntando átomos livianos para crear átomos más pesados, estaremos imitando de manera exacta los procesos termonucleares de los cuales las estrellas, incluido nuestro Sol, derivan su energía.

Gustavo Wilches-Chaux "Del Suelo al Cielo, Ida y Regreso"



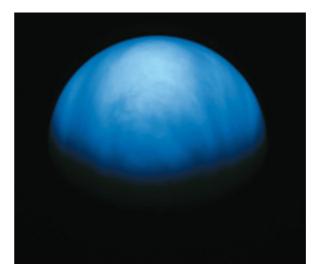
El conjunto de condiciones que acompañaron la formación de la Tierra y su "enfriamiento" posterior, determinaron que nuestro planeta "primitivo" tuviera una atmósfera gaseosa que, a la postre, condujo a la aparición de la Vida.

Nos cuentan los investigadores que posiblemente esa atmósfera estaba compuesta por gases como el vapor de agua (H₂0), el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO₂), el nitrógeno (N₂), el dióxido de azufre (SO₂), el sulfuro de hidrógeno (H₂S), el amoníaco (NH₃), e incluso algunas trazas de oxígeno gaseoso (O₂), no de origen "vivo", como el que posteriormente cambió la composición de esa primera atmósfera, sino producto de la fotólisis o descomposición de gas carbónico y vapor de agua bajo los efectos de la radiación solar.

En alguna medida, la atmósfera de la Tierra de entonces, con cien o mil veces más gas carbónico que el que existe en la actualidad, se parecía a la que hoy rodea al planeta Venus, en la cual existe un "efecto invernadero" que eleva la temperatura de ese planeta a cerca de 470 grados Celsius. En esas condiciones, nada parecido a lo que conocemos como Vida puede existir.

Los gases que conformaban esa atmósfera primitiva surgieron del interior de la Tierra y se "enriquecieron" con material que trajeron al planeta los cometas que chocaron contra su superficie. Algunas teorías afirman que el agua líquida puede haber llegado a la Tierra como resultado del impacto de un cometa de hielo.

Ya desde entonces, la atmósfera era un producto de la interacción entre múltiples dinámicas, tanto propias de la Tierra como de procesos externos a ella.





Planeta VENUS - NASA

Cometa - Telescopio Hubble - NASA



Hervideros de San Jacinto - Nicaragua





2. Aparición y evolución de la Vida, y formación de la atmósfera actual

Muchos experimentos de laboratorio, que toman como ingredientes esos gases que se encontraban en la atmósfera primitiva, han demostrado que bajo la acción de los rayos y de otras formas de energía que actuaban sobre la Tierra de entonces, pueden haberse formado los "ladrillos" de que está hecha la Vida. Ya dijimos que la Tierra se "enfrió" hace unos 4.500 millones de años. Los vestigios más antiguos de la existencia de seres vivos se remontan a 3.800 o 3.500 millones de años. Es decir, que desde que se formó la Tierra, la vida tardó entre 700 y 2.000 millones de años en aparecer.

Al principio los seres vivos éramos organismos unicelulares, versiones "rústicas" de los que todavía existen hoy. Eran agrupaciones de moléculas, que aprendieron a tomar materiales del medio (materia orgánica), extraerles energía, procesarla o "metabolizarla" para mantener y fortalecer su propia estructura interior y, por último, devolver al medio el material de desecho. Dijimos sólo "materiales", pero deberíamos haber dicho, más exactamente, materiales, energía e información.

Esos primeros procesos de intercambio con el ambiente, de materiales, energía e información, se pa-

recían a la fermentación que muchos organismos vivos llevan a cabo todavía. Mediante este proceso los organismos que lo practican toman azúcares y otros hidratos de carbono, los procesan, extraen de ellos una pequeña cantidad de energía, y devuelven al ambiente productos de desecho como el gas carbónico (CO₂) y el alcohol. Gracias a que ese proceso existe todavía, podemos disfrutar de vez en cuando de una refrescante cerveza.

De esos procesos dependió la existencia de la Vida durante, por lo menos, 1.500 o 2.000 mil millones de años.

Durante todos esos millones de años, otros seres vivos fueron aprendiendo, poco a poco, a utilizar dos de esos ingredientes que abundaban en el ambiente (el gas carbónico y el vapor de agua), para tejer con ellos, como quien teje utilizando dos agujas, unas mochilas capaces de encerrar en ellas energía solar.

Esas mochilas hechas de gas carbónico y de vapor de agua, con energía solar en su interior, se llaman materia orgánica y, más precisamente, carbohidratos o hidratos de carbono (azúcar, almidón, celulosa, etc). Y el proceso de tejerlas se llama fotosíntesis.

Nuestras remotas antepasadas, que aprendieron a realizar este proceso y que hace unos 2.000 millones de años comenzaron a realizarlo de manera masiva, fueron las primeras plantas verdes, o por lo menos sus antecesoras directas.

Todo proceso genera desechos, y así como los de la fermentación son el gas carbónico y el alcohol, el subproducto de la fotosíntesis es el oxígeno gaseoso (02); un gas del cual, como ya dijimos, existían hasta ese entonces sólo pequeñísimas cantidades de origen fotoquímico. A partir de entonces, ese gas comenzó a fluir a la atmósfera de manera abundante, hasta llegar a representar un 21% de la composición de la atmósfera actual⁵. El científico inglés James Lovelock -el autor de la Hipótesis Gaia- define la irrupción del oxígeno gaseoso como el mayor episodio de contaminación de que haya sido testigo (y afectada directa) la atmósfera terrestre. Y claro, los seres que vivían en ella y que dependían de su antigua composición.

Una mayor eficiencia en la recuperación de la energía solar, les permitió a las plantas reproducirse como nunca antes lo habían hecho, y poblar las

^{5.} Si la fotólisis del gas carbónico y del vapor de agua genera pequeñas cantidades de oxígeno gaseoso (O2), y la fotosíntesis genera grandes cantidades de O2 a partir de los mismos gases, podemos afirmar que mediante este último proceso, la vida aprendió la manera de obtener el mismo resultado de manera mucho más eficiente. Más adelante vamos a ver otros ejemplos de cómo la vida logra planificadamente- mejorar la eficacia y la eficiencia de procesos que antes dependían solamente de "actores" no orgánicos regidos por el azar.

aguas oceánicas (especialmente en forma de fitoplancton) y la superficie del planeta. Esa cada vez mayor abundancia de plantas verdes significó, a su vez, una mayor captación del gas carbónico atmosférico (insumo para la fotosíntesis), hasta llegar a la proporción actual, cercana al 0.03% (entre cien y mil veces menor que la existente en la atmósfera primitiva). Esto tuvo como consecuencia una notable reducción del efecto invernadero, sobre el cual volveremos a hablar más adelante.

Hace 2.000 millones de años los seres vivos provocamos cambios drásticos en la atmósfera terrestre, que transformaron radicalmente las condiciones de existencia del planeta Tierra. En otras palabras, podemos afirmar que la calidad del aire que existía en ese entonces, varió de manera radical.

Como consecuencia de esos cambios, y particularmente de la "contaminación" con oxígeno gaseoso, desaparecieron muchísimas especies "anaeróbicas" (el nombre que hoy les damos a los seres vivos que viven en ausencia de aire) que fueron incapaces de adaptarse a una atmósfera cargada de ese nuevo gas. Otras (como las que producen la gangrena y las que llevan a cabo la fermentación), pasaron a la "clandestinidad" de los espacios a donde no llega ese "nuevo aire" cargado de oxígeno. Y otras evolucionaron no solamente para convivir con las nuevas condiciones planetarias, sino para obtener de ellas ventajas hasta ese momento insospechadas: inventaron la respiración.

Mientras la fermentación les permitía a los seres vivos extraer pequeñas cantidades de energía solar encerrada en la materia orgánica, la respiración, que consiste en aprovechar el oxígeno gaseoso para desbaratar las mochilas orgánicas, les permitió (y nos permite hoy a los organimos aeróbicos) obtener una cantidad de energía mucho mayor. A eso nos referíamos unos párrafos atrás, al hablar de "una mayor eficiencia en la recuperación de la energía solar".

Composición de la atmósfera actual

GAS	PROPORCIÓN	
Nitrógeno	78%	
Oxígeno	21%	
Otros (más de 3000 conocidos) ⁶ Argón 0.9% Gas carbónico (CO ₂) 0.03% Vapor de agua Trazas de hidrógeno, Ozono, Monóxido de Carbono (CO), Hélio, Neón, Kriptón, Xenón, Metano (una parte por millón de volumen) Elementos con concentraciones menores a una parte por billón de volumen	1%	
Total	100%	

⁶ En 1950 solamente se conocían 14 componentes de la atmósfera. Desde entonces se han desarrollado tecnologías con las cuales se han identificado, hasta la fecha, más de 3000. "Curiosamente algunos de los compuestos con menores concentraciones son los que generan mayores alteraciones en la atmósfera. Un grupo de esos compuestos son los CFC o clorofluorcarbonos". Unidad Técnica de Ozono, "Ozono" (Publicación MAVDT, 2007)

Agenda de La tierra En millones de años

НОҮ	El cambio climático se reconoce como un efecto irreversible de la actividad humana sobre el planeta. Las concentraciones actuales de CO ₂ en la atmósfera oscilan alrededor de 380 partes por millón (550 ppm marcarían un <i>punto de no retorno</i> en el clima terrestre)
(Diez años) 0.0001	Joe Farman descubre el agujero en la Capa de Ozono (1985)
(Cien años) 0.001	Primer vuelo en avión (1903) / Aparece el Ford Modelo T (1908). Hasta la Revolución Industrial las concentraciones de CO ₂ en la atmósfera se mantenían alrededor de 280 - 300 partes por millón (ppm.)
(Mil años) o.o1	Declive de las culturas suramericanas y mesoamericanas por posible cambio climático
(10 mil años) 0.01	Inicio del Holoceno, periodo geológico actual — Llegan los primeros habitantes humanos a lo que hoy es Colombia (12.000 años). El gas carbónico atmosférico se estabiliza en 300 partes por millón.
(100 mil años) 0.1	Se consolida la especie Homo Sapiens
1	Cambios climáticos permiten que lleguen a la hoy Sabana de Bogotá los árboles alisos o Anus
10	Comienza el levantamiento de los Andes , que hace 3 millones de años llegan a su altura actual
100	La "Sabana de Bogotá" y sus alrededores estaban cubiertos por mar
1.000	La vida inventa el sexo
2.000	Aparece la Fotosíntesis. El Oxígeno gaseoso comienza a penetrar masivamente en la atmósfera. Aparece el Ozono
3.800 – 3.500	Aparecen los primeros seres vivos
4.500	Se "enfría" la Tierra
5.000	Formación del Sol
12.000	BIG BANG - Formación del Universo



Los enormes costos de la adaptación y la no adaptación

Nosotros, los seres aeróbicos, somos los descendientes afortunados de las especies que no solamente pudieron sobrevivir sino que además supieron aprovechar las ventajas de esa atmósfera modificada. Pero como vimos antes, el costo para muchas especies vivas fue la extinción. Nuestros antepasados unicelulares de hace 2.000 millones de años, contaban con una cantidad casi "infinita" de tiempo para evolucionar a través del ensayo y el error... y como que la Vida podía darse el lujo de la extinción masiva de todos los seres que no se pudieron adaptar.

Hoy en día, 2.000 millones de años después, los seres vivos, y muy particularmente los que conformamos la sociedad humana, estamos enfrentados a nuevos y "radicales" cambios atmosféricos, también provocados como resultado de nuestra propia acción sobre el planeta del cual somos parte.

En este caso no son microorganismos liberando de manera masiva oxígeno gaseoso a una atmósfera en la cual ese gas era "extraño", sino todo un modelo de desarrollo altamente dependiente de la combustión de materiales fósiles y de la generación de desechos, que libera a la atmósfera grandes cantidades de CO, y de otros gases de efecto invernadero, que elevan la temperatura de la Tierra por encima de lo que sus propios mecanismos de autorregulación pueden controlar. (Esto, claro, es apenas una forma de decirlo. Porque también podemos afirmar que los mecanismos de autorregulación del planeta están buscando un nuevo "estado estable", adecuado a la Tierra como sistema total, pero inadecuado para la especie humana y para otra gran cantidad de especies que necesitamos de las condiciones actuales para poder existir.)

El reto que en este momento de la evolución planetaria, tenemos al frente los integrantes de la especie humana, es que nosotros no pasemos a engrosar la lista de los seres que se extinguen por incapacidad para sobrevivir a los cambios planetarios que nosotros mismos causamos. Nuestra supervivencia depende, además, de la de otras muchas especies animales y vegetales, y la de múltiples micro-organismos que contribuyen a esa "estabilidad" planetaria que genera las condiciones en que podemos existir.

Los humanos no solamente somos responsables de nosotros mismos, sino de todo el tejido de la Vida... a pesar de que está plenamente demostrado que ese tejido bien puede seguir existiendo sin nosotros. Aún así, hay "lujos" que la Vida podía darse hace 2000 millones de años, pero que los seres humanos no podemos darnos hoy.

Cuando aquí hablamos de "enormes costos de adaptación y de no adaptación", no nos referimos, entonces, solamente, a costos económicos, sino especialmente al precio que tendríamos que pagar si no logramos aprender, por una parte, a convivir en el futuro de manera más armónica, menos agresiva, con la naturaleza de la cual formamos parte (aunque muchas veces pretendamos ignorarlo). Y por otra parte, si no adecuamos nuestros "diseños sociales", nuestra manera de pensar, nuestras infraestructuras y nuestras conductas, a las condiciones que nos va a imponer este planeta que se está transformando de manera cada vez más contundente. Ese enorme precio que no queremos pagar, sería la desaparición de nuestra especie.

La formación de la capa de ozono

Devolvámonos 2.000 millones de años atrás, a cuando comenzó a fluir oxígeno a la atmósfera de manera abundante.

Hasta ese momento ("momento" es un decir, pues esa transición debe haber tomado varios miles de años), el desarrollo de la Vida estaba limitado por la presencia en el medio de grandes cantidades de radiaciones ultravioleta (o rayos UV) procedentes del Sol, las cuales, por su elevada energía, afectan de manera grave las estructuras de que estamos hechos los seres vivos. Nuestros antepasados más remotos, entonces, debían mantenerse a recaudo de estas radiaciones (y aprender a reproducirse de manera muy veloz para compensar su destrucción), pues el que se atreviera a asomarse, quedaba inmediatamente ultraviolado.

El grado y los efectos de la ultraviolación que ejercen las radiaciones UV sobre los seres vivos, depende de su frecuencia, lo cual equivale a decir, de su longitud de onda⁷. La más dañina para cualquier forma de vida es la llamada UVC (200 a 280 nm); le sigue la UVB (280 a 320 nm) y por último la UVA (3₂0 a 400 nm), que es relativamente inofensiva.

Pues bueno: decíamos atrás que hasta hace unos 2.000 millones de años estas radiaciones llegaban casi enteritas hasta la superficie del planeta, hasta que, paradójicamente, por efecto de los mismos rayos ultravioleta, algunas moléculas de oxígeno gaseoso (02), ese nuevo gas que estaba invadiendo la atmósfera, se comenzaron a descomponer y luego a recomponer, dando lugar a un nuevo gas: el ozono u 03. (El "casi" es porque otros gases presentes en la atmósfera antes de la aparición del ozono, como el gas carbónico y el vapor de agua, también absorben algunas radiaciones UV).

^{7.} La frecuencia de una radicación se obtiene dividiendo 300.000 (velocidad de la luz medida en kilómetros por segundo) por la longitud de la respectiva radiación, y viceversa.

Los científicos conocen ese proceso como "ciclo de ozono", que funciona así: los rayos UV rompen la molécula de $\mathbf{0}_2$ liberando dos átomos de $\mathbf{0}$, los cuales rápidamente se recombinan con las moléculas de $\mathbf{0}_2$ que todavía permanencen completas, y forman el $\mathbf{0}_3$.

La mayor parte del ozono ascendió hasta la estratosfera, esa "capa" de la atmósfera terrestre situada a una altura entre 15 y 45 kilómetros de la superficie de la Tierra. Allí se encuentra todavía el 90% del 03, y solamente un 10% permanece en la troposfera (de tropos: cambio) que es la capa en la cual estamos inmersos nosotros y en donde se expresan los fenómenos climáticos). Menos mal, porque el ozono es un gas tremendamente tóxico para los seres vivos, debido a lo cual se utiliza con frecuencia en aparatos que matan gérmenes presentes en el agua y el aire, y a nivel de la superficie se considera un grave factor de contaminación.

Pero allá arriba, en la estratosfera, comenzó desde entonces a cumplir una función importantísima: filtrar o reducir el paso de las radiaciones ultravioleta a la superficie terrestre, especialmente la totalidad de las UVC y gran parte de las UVB.

La Vida misma, entonces, generó las condiciones propicias para seguir evolucionando, hasta llegar a nosotros, los seres humanos, 2.000 millones de años después de que comenzó "la revolución del oxígeno", 4.500 millones de años después de que "se enfrió" la Tierra y 5.000 millones después de la formación del Sol.

Lo paradójico es que mientras en la estratosfera el $\mathbf{0}_3$ se produce por procesos naturales y es uno de los grandes aliados de la Vida terrestre, acá abajo, en la troposfera, ese mismo gas es generado en su

gran mayoría por actividades humanas ligadas al uso de combustibles fósiles y constituye uno de los principales contaminantes atmosféricos, precursor además de otros fenómenos de contaminación como el smog fotoquímico (producción de ozono como resultado de reacciones fotoquímicas). El ozono troposférico también contribuye al efecto invernadero.



Nuestros sentidos no están diseñados para captar directamente las radiaciones UV, pero los de los insectos sí. El incremento de esas radiaciones causa que los insectos se deslumbren, lo cual afecta su comportamiento y capacidad para la polinización

El Sol emite su energia en forma de radiaciones de diferente frecuencia y longitud, que se miden en nanómetros (nm) o sea mil millonésimas de metro. Las más cortas, por debajo de los 10 nm, se denominan rayos cósmicos, rayos gamma y rayos X, estos últimos muy conocidos por su utilización en las radiografías. Entre los 10 nm y los 400 nm se encuentran las radiaciones ultravioleta UV- que, de acuerdo con su longitud de onda, se clasifican en UVA, UVB (nada que ver con ningún Banco) y UVC. De los 400 a los 780 nm está la luz visible, con la cual los seres humanos estamos tan familiarizados debido a que nuestros ojos están adaptados para percibirla y nuestros cerebros para interpretarla. Y de los 700 a los 4000 nm, aparece la radiación infraroja (o "infrarrojo cercano"), o sea la radiación térmica, más conocida como "calor". Nuestros organismos, y los de los demás seres vivos también la pueden captar e interpretar, lo cual no sucede con otras frecuencias del llamado "espectro electromagnético", como por ejemplo, las ondas de radio, las de televisión o las que utilizan los teléfonos celulares, cuyas longitudes van, aproximadamente, desde 1 metro (ultra alta frecuencia UHF) hasta 10 kilómetros (onda larga). Para captar estas radiaciones necesitamos aparatos especiales, pues nuestros sentidos no pueden hacerlo directamente. Desde siempre, los seres vivos hemos estado "bañados" de manera permanente por radiaciones de distinta longitud de onda procedentes del Sol. En las últimas décadas esa "ducha" electromagnética se ha incrementado debido a la gran cantidad de radiaciones producidas por los avances tecnológicos que los mismos seres humanos hemos inventado y que nosotros mismos utilizamos a diario, o que utilizan los demás.

^{8.} Esta explicación se encuentra de manera muy detallada en la publicación "Ozono" de la Unidad Técnica de Ozono del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Bogotá, 2007)

La atmósfera terrestre

No sigamos avanzando sin antes armar un "mapa vertical" de la atmósfera terrestre, para que nos podamos ubicarº:

En la troposfera (de tropos: cambio) tienen luqar la gran mayoría de los fenómenos meteorológicos que conforman eso que denominamos "el tiempo". Su altura oscila entre los 8 kilómetros en las latitudes templadas y los 18 kilómetros en la zona ecuatorial, con un promedio de 12 kilómetros en los países templados. Esas alturas nunca son fijas, sino que varían dependiendo de los distintos factores que intervienen en el tiempo y el clima. En la troposfera se encuentran la mayor densidad de aire y el 99% de todo el vapor de aqua que contiene la atmósfera, con una concentración mayor (aproximadamente un 3% más) en la región intertropical, a lo cual se debe su humedad característica. Por eso la atmósfera y la hidrosfera constituyen -en la troposfera- una unidad inseparable.

En esta capa de la atmósfera la temperatura desciende a medida que ascendemos, aproximadamente a razón de 6 grados Celsius por kilómetro, hasta llegar a la tropopausa (8 - 18 kms), a partir de la cual empieza la estratosfera. Esta capa de la atmósfera termina en la estratopausa, situada a unos 50 kilómetros de altura. Allí la temperatura oscila alrededor de los 17°C, o sea similar a la de muchas ciudades colombianas.

En esa parte de la atmósfera, que asciende aproximadamente hasta los 25 kilómetros, la tempe-

ratura del aire permanece constante, aunque cambie la altura.

En la parte baja de la estratosfera, en alturas que oscilan entre los 20 y los 35 kilómetros, se encuentra el 90 % del ozono que hay en la atmósfera (10 partes por millón ppm- frente a las 0.04 ppm que hay en la troposfera).

A pesar del carácter tóxico del ozono, de su existencia depende la vida en la superficie de la Tierra. Ese gas apareció en la atmósfera cuando ascendió a las capas altas de la atmósfera el oxígeno gaseoso (0₂), un subproducto de la fotosíntesis que aprendieron a hacer las antecesoras de las plantas actuales hace cerca de 2.000 millones de años¹⁰.

En la delgada y frágil capa de ozono, que se encuentra en las alturas indicadas, ese gas se encarga de absorber la mayor parte de las radiaciones ultravioleta (UVB y UVC) procedentes del Sol, con longitudes de onda de 280 a 320 nanómetros, que afectan directamente el ADN de las células vivas, animales y vegetales. Este gas también contribuye a mantener el equilibrio térmico de la atmósfera, debido a la generación de calor en el ciclo de formación y destrucción de ozono, ligado a las mencionadas radiaciones ultravioleta.

Donde termina la estratosfera (aproximadamente a 50 kilómetros de altura) comienza la mesosfera, que asciende hasta los 80 kilómetros de altura, donde las temperaturas vuelven a decrecer hasta menos 83°C y menos 93°C.

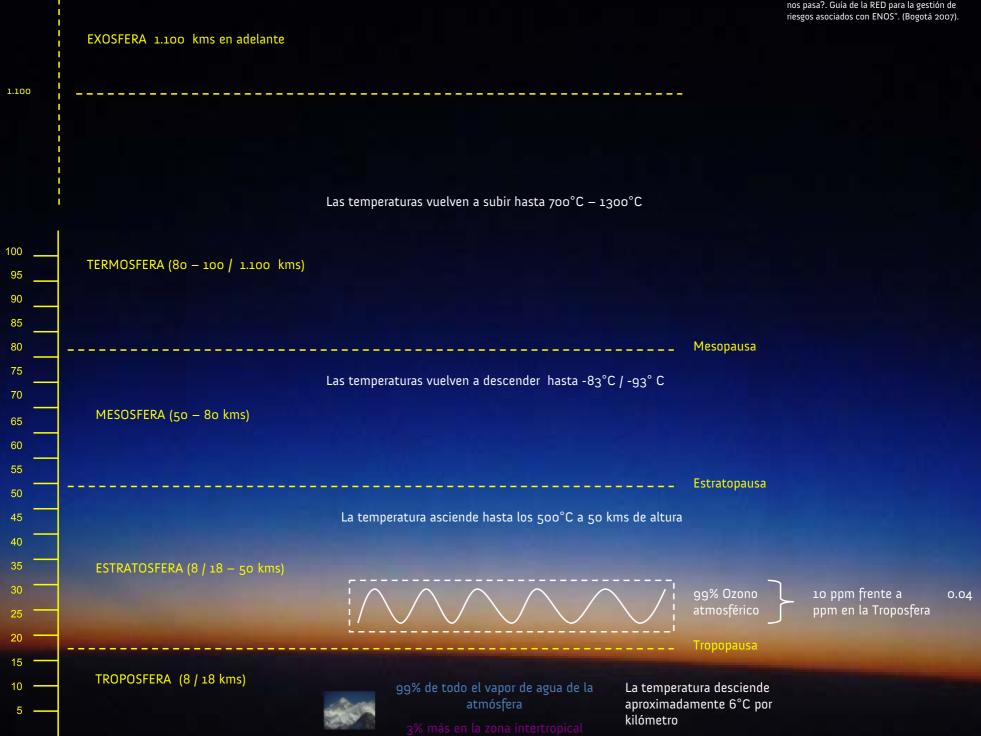
A partir de la mesopausa comienza la termosfera o ionosfera, que asciende hasta los 1.100 kilómetros de altura. Allí las temperaturas suben hasta 700 - 1.300 grados Celsius, debido a que casi no existen gases capaces de absorber las intensas radiaciones solares. En esa zona, vital para las telecomunicaciones inalámbricas, ocurren las llamadas "auroras boreales".

Y de allí en adelante comienza la exosfera, en donde la atmósfera se disuelve en el espacio extraterrestre. Está compuesta principalmente por hidrógeno y helio, cuyos átomos van disminuyendo hasta desaparecer en el espacio interplanetario. La temperatura diurna de la exosfera alcanza los 2.500°C y la nocturna llega a -273°C, correspondientes al llamado "cero absoluto". Estos son ejemplos de los cambios extremos de temperatura que deben soportar los satélites y las naves interplanetarias.

Recordemos que el diámetro de la Tierra es de aproximadamente 12.000 kilómetros en su parte más ancha: el ecuador. La altura de la atmósfera, que también forma parte del planeta, equivale apenas a una pequeña fracción de ese diámetro. La tropósfera, en donde se materializan "el clima" y "el tiempo", solamente asciende hasta valores entre los 8 y 18 kilómetros de altura.

g. Gustavo Wilches-Chaux, "¿Qu-ENOS pasa? Guía de LA RED para la gestión de riesgos asociados con ENOS" (Bogotá, 2007).

^{10.} O posiblemente desde antes, si nos atenemos a los investigadores que, con base en los grandes depósitos de óxidos de hierro hallados en Rio Tinto (España) y otros lugares del mundo, afirman que en la atmósfera hay oxígeno gaseoso en cantidades abundantes desde hace aproximadamente 2.700 millones de años.





3. La Tierra: resultado de múltiples "sistemas concatenados"

"Vivir en la Tierra es caro, pero incluye un viaje gratis anual alrededor del Sol."

Anónimo¹¹

Ya repasamos, de manera muy rápida, cómo y cuándo se formó la Tierra, ese planeta del cual somos parte y del cual depende nuestra existencia de manera inseparable.

Reflexionemos ahora sobre qué es la Tierra, lo cual, de paso, nos ayuda a entender también qué somos nosotros y qué papel desempeñamos en ella.

La Tierra es el resultado dinámico de la interacción permanente entre múltiples "sistemas concatenados" es decir: interrelacionados, encadenados entre sí, mutuamente condicionados.

Muchos de esos sistemas son el resultado de la evolución estríctamente natural de la Tierra; otros surgieron con nosotros, los seres humanos, y particularmente con las huellas de nuestra presencia en el planeta, que podemos resumir con la palabra "Cultura".

Unos y otros sistemas, además, reciben la influencia de varios factores que se encuentran más allá de la Tierra y que, como veíamos atrás, de una u otra manera están relacionados con el Sol: las radiaciones que nos llegan de él, la inclinación del eje

terrestre sobre la órbita en que giramos alrededor de la estrella tutelar, las interacciones entre el magnetismo terrestre y el solar, los eventuales choques de cuerpos extraterrestres contra la superficie del planeta, etc.

Entre los primeros sistemas, esos estríctamente naturales, tenemos la llamada geósfera o geosfera, que se describe como la "capa de rocas" que forma parte de la Tierra. Está compuesta por el núcleo interior del planeta, también conocido como batisfera o NiFe (de Níquel y Hierro); por el núcleo externo, en cuya rotación, posiblemente, tiene su origen el campo magnético; por el manto (85% del planeta), compuesto por una combinación "gelatinosa" de materiales menos densos que el núcleo y, por último, por la litósfera o litosfera, mejor conocida como la corteza terrestre, una "delgada" capa rocosa (de 10 hasta máximo 60 kilómetros de espesor) compuesta de placas tectónicas que flotan sobre el manto y cuya apariencia se asemeja a la de los huesos que conforman el cráneo.

De las interacciones entre el manto y la corteza surgen los volcanes, que sacan materiales del fondo de esta última y los trasladan a la superficie y a la atmósfera, alterando su composición.

Otro de esos sistemas concatenados es la hidrosfera, conformada por toda el aqua líquida que existe en la Tierra: los océanos, los ríos y quebradas, los lagos y lagunas, etc. Hoy ese sistema está altamente influenciado por la presencia humana. Para citar un solo argumento, recordemos que por lo menos el 60% de los 227 ríos más grandes del mundo están intervenidos por presas, canales, diques y desvíos. Sin contar el impacto de los desechos, de todo tipo, que los seres humanos arrojamos diariamente al agua tanto "dulce" como del mar.

Una expresión particular de la hidrosfera es la criosfera, conformada por el agua congelada que existe en distintos lugares y formas, desde los casquetes polares hasta el permafrost (capa de agua permanentemente congelada en la superficie de algunos suelos).

Quizás en donde las interacciones entre todos esos sistemas concatenados son más evidentes, es en los ciclos del agua: clima y tiempo son, entre otras cosas, expresiones del intercambio permanente de agua (y de energía), en distintas formas, entre unos sistemas y otros. Se especula, incluso, que el vapor del agua que se cuela en algunas estructuras volcánicas, en fuertes temporadas de lluvias, podría contribuir a "disparar" sus erupciones. Y, en dirección contraria, son mucho más evidentes y probados los impactos (algunos sutiles, otros "paroxísticos") de los volcanes

^{11.} Quisiera que el autor de esta frase no fuera "anónimo" para poderlo felicitar de manera expresa y personal. Igualmente, sea quien sea ese "anónimo", mis más sinceras congratulaciones.

^{12.} Esa palabra tan linda y tan sonora concatenado- viene del latín concatenãre, que quiere decir "propio de cadena".

sobre la atmósfera y los cuerpos de agua... y por supuesto sobre los demás sistemas concatenados.

Otro sistema eminentemente natural, pero también intervenido por la presencia humana, es la atmósfera, sobre la cual hemos hablado ampliamente en otros lugares de este texto.

Mencionemos ahora un sistema que sí es el claro resultado de la presencia humana en el planeta:

"Cada ser humano, cada uno de los 6.000 millones de seres humanos que hoy poblamos el planeta, somos un universo único, irrepetible y particular. Cada uno de nosotros ha recorrido en nueve meses, dentro del vientre materno, la historia de la vida en la Tierra, desde cuando comenzó a existir hace cerca de 4.000 millones de años en un medio acuoso similar al líquido amniótico dentro del cual se desarrolla nuestra gestación, hasta la aparición de los primeros seres humanos" sobre la superficie terrestre. Timo-

thy Ferris afirma que no se conoce en el universo una estructura más compleja que el cerebro humano, quizás con excepción de lo que el ruso Vladimir Ivanovich Vernadsky, y los franceses Edouard Le Roy y Theilard de Chardin, denominaron la noosfera, es decir, el encadenamiento de todos nuestros cerebros a través de la biosfera. [...]

Si hasta hace pocos años la estructura más compleja del universo conocido era el cerebro humano, hoy lo es la noosfera, hecha realidad por la interconexión simultánea y planetaria de cientos de miles de cerebros humanos. Hoy podemos afirmar sin lugar a equivocarnos, que la Tierra no es solamente un planeta vivo, sino además un organismo pensante, envuelto por una telaraña neuronal que cada vez nos vincula a más seres humanos¹³.

Una expresión tangible de esa noosfera es la que Alvin Toffler denominó infosfera, conformada por todas las redes de información que atraviesan el planeta y cuya expresión más tangible y evidente es la internet.

Intencionalmente dejamos para el final la biosfera, que inicialmente podríamos definir como el conjunto de todos los ecosistemas. Pero más aún: como bien lo explica James Lovelock en su hipótesis Gaia, la biosfera es la condición "viva" del planeta Tierra, el resultado de las interacciones entre todos los sistemas concatenados y de la manera como este planeta vivo metaboliza las distintas formas de energía que le llegan de afuera. Nosotros los humanos, por supuesto, constituimos un componente fundamental de la biosfera... somos una maravillosa expresión de la Vida en la Tierra... pero al mismo tiempo somos la peor de cuantas plagas han existido en este planeta desde que apareció la Vida, hace un poco menos de 4.000 millones de años¹⁴.

^{13.} Gustavo Wilches-Chaux, "De nuestros deberes para con la vida". (Popa-yán, 2000)

^{14.} Ninguna especie es una plaga en sí misma, pero cualquier especie animal o vegetal puede convertirse en plaga cuando desaparecen los "mecanismos" que controlan tanto la cantidad de sus individuos como la calidad de su comportamiento frente al entorno y a las demás especies y factores que conforman el ambiente. Lamentablemente ese ha sido el caso de nuestras especie humana.





4. Clima, Tiempo, Variabilidad Climática, Cambio Climático¹⁵

La principal caracterísistica del clima es su carácter permanentemente cambiante, lo cual recibe el nombre de variabilidad climática¹⁶.

Acudamos al científico Eugene S. Tackle¹⁷ para sendas definiciones de las palabras clima y tiempo, que constituyen temas obligados de conversación entre los seres humanos y una de las mayores preocupaciones de la humanidad de hoy:

"Hace algunos meses recibí un correo electrónico de un colega de Francia que debajo de su firma escribió el siquiente texto: "Clima es lo que esperamos y tiempo es lo que tenemos". Esto es en pocas palabras una definición de clima. El tiempo son los valores diarios de temperatura, lluvia, presión, viento, etc..., y clima es el valor medio de esas variables durante un determinado período largo de tiempo. Pero clima es algo más que las variables del tiempo. Una definición más general de clima es el comportamiento promedio de los continentes, océanos, atmósfera, criosfera, en períodos relativamente largos de tiempo. [...] No hay una definición rigurosa en cuanto al período para determinar los valores medios, aunque para algunas aplicaciones se utiliza un período de 30 años. Esta definición reconoce el rol interactivo de los continentes,

el agua y el hielo en la determinación de las propiedades de la atmósfera. La criosfera incluye, las masas de hielo de la Antártida y Groenlandia, como así también a los hielos del Polo Norte y de los glaciares montañosos. Las masas de hielo son muy importantes porque sus dimensiones físicas pueden cambiar, modificando en consecuencia la cantidad de radiación que es reflejada desde la superficie de la tierra y cambiando el balance radiactivo. Las masas de hielo son también enormes depósitos de agua dulce, y los cambios de volumen cambian la cantidad de agua en estado líquido y gaseoso en la atmósfera, y del agua líquida de los océanos."

El mismo Tackle resume de la siguiente manera su definición:

"Clima es el comportamiento medio del sistema climático en períodos largos de tiempo (con relación a las fluctuaciones del 'tiempo')".

En palabras más sencillas: el clima es como el temperamento de una persona, que forma parte esencial de su personalidad. Lo que comúnmente se denomina su manera de ser. El tiempo, en cambio, vendría a ser el estado de ánimo de esa persona en un momento o ante una circunstancia particular¹⁸.

Alguien de personalidad alegre y plácida puede tener momentos de tristeza, de ira o de depresión, al igual que otra persona de temperamento intransigente y agresivo puede tener momentos excepcionales de alegría o de bondad. O alguien, normalmente perezoso puede vivir etapas de gran desempeño y actividad; o, por el contrario, alguien hiperactivo, puede caer temporalmente en períodos de absoluta quietud.

Como lo explica Tackle, lo que él denomina "sistema climático" depende de factores que no dependen sólo de la atmósfera, entendida en su acepción estricta y convencional¹⁹. Se supera así la definición de "clima" que nos entrega el diccionario, como "conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región".

Más aún: clima y tiempo no dependen solamente de la interacción entre todas esas capas en que, de manera más o menos arbitraria, dividimos "el organismo" terrestre para efectos de su estudio, sino de factores ajenos a la dinámica interna del planeta, como las radiaciones que emite el Sol en los distintos ciclos de su actividad, que a su vez se relacionan con el magnetismo solar; y la posición de la Tierra en su órbita alrededor del Sol (movimiento de traslación).

(variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa). Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático - IPCC http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/spanish/204.htm

^{15.} La mayor parte de este capítulo está tomada del ya citado libro "Qu-ENOS pasa" (LA RED, 2007)

^{16.} La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático

^{17.} Tackle, Eugene S, 1997, traducido por Mario N. Núñez http://www.geolo-gy.iastate.edu/gccourse/model/basic/basic_lecture_es.html

^{18.} En inglés existe la palabra "weather" (tiempo), diferente de "climate" (clima). En ese idioma no existe la confusión que se presenta en castellano entre la palabra "tiempo" con sentido cronológico y la palabra "tiempo" con sentido meteorológico.

^{19. &}quot;Capa de aire que rodea la Tierra" (DRAE). Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española.

Incluso los efectos que sobre nosotros pueda tener el viento solar²⁰, dependen de su interacción con el campo magnético terrestre, resultado de la combinación entre el movimiento de partículas cargadas eléctricamente en el núcleo de la Tierra, las corrientes de convección que genera el calor del núcleo y el movimiento de rotación del planeta²¹.

Otros factores como la inclinación del eje de la Tierra o la duración del período de rotación, no son ajenos a la dinámica interna del planeta. Por ejemplo, un gran terremoto producido por la tectónica de placas puede alterar ligeramente esa inclinación, como calculan que podría haber ocurrido con el terremoto del 26 de diciembre de 2004 que generó el tsunami de Indonesia.

Los científicos Benjamín Fong Chao del Centro de Vuelo Espacial Goddard de la NASA y Richard Gross del Jet Propulsion Laboratory de la misma institución, que calculan rutinariamente los efectos de los terremotos sobre la forma de la Tierra y su rotación, y estudian también cambios del movimiento polar, afirman que con el terremoto del 26 de diciembre de 2004 el mismo

que provocó el tsunami del océano Índico desvió la posición media del Polo Norte de la Tierra unos 2,5 centímetros (1 pulgada) en la dirección 145 grados longitud Este, más o menos hacia Guam en el Océano Pacífico. Este movimiento sigue una tendencia sísmica a largo plazo identificada en estudios anteriores. El temblor afectó también la forma de la Tierra. Chao y Gross calcularon que el achatamiento de la Tierra en los polos (aplanada en la cima e hinchada en el ecuador) disminuyó una pequeña cantidad, aproximadamente una parte en 10.000 millones. Esto confirma la tendencia de que los terremotos hacen la Tierra menos aplastada en los polos y la vuelve más esférica.

También detectaron que el terremoto disminuyó la longitud del día en 2,68 microsegundos. (Un microsegundo es la millonésima parte de un segundo.) En otras palabras, la Tierra gira un poco más rápido de lo que lo hacía antes. Este cambio en la velocidad de rotación está relacionado con el cambio en el achatamiento de los polos. Se parece a un patinador de hielo que sitúa los brazos más cerca al cuerpo produciendo un giro más rápido.

Ninguno de estos cambios ha sido aún verificado con mediciones, sólo se han calculado. Pero Chao y Gross esperan verificar los cambios cuando los datos de rotación de la Tierra procedentes de sensores situados en el suelo y en el espacio sean actualizados²².

En fin: estos y otros pequeñísimos cambios graduales y muchas veces imperceptibles en el corto plazo, acumulados a lo largo de millones de años, junto con algunos cambios súbitos y cataclísmicos, como los que puede haber producido el impacto de un asteroide contra la Tierra hace 65 millones de años, determinan que el clima, esa característica "estable" del temperamento de los ecosistemas terrestres, también se encuentre sometido a un proceso constante de transformación.

Es decir, que no solamente una persona de temperamento estable puede presentar distintos estados de ánimo, sino que ese mismo temperamento se suele transformar. No en vano afirman que personas plácidas en su juventud y en su edad adulta, suelen volverse cascarrabias e intransigentes cuando entran a la vejez. O viceversa.

^{20.} Flujo constante de partículas cargadas eléctricamente procedentes del Sol, o "radiación corpuscular solar". Entre otros efectos, el viento solar empuja las colas de plasma o iones de los cometas en dirección opuesta al Sol. Fluye a velocidades entre 250 y 1000 km por segundo.

^{21.} Estudios del paleomagnetismo de rocas procedentes de los fondos oceánicos, les permiten a los científicos determinar que desde que existe el planeta se han producido varias inversiones del campo magnético terrestre, como resultado de las cuales los polos norte y sur

cambian entre sí de lugar. La última se produjo hace 780.000 años. http://science.nasa.gov/headlines/y2003/29dec_magneticfield.htm Existen indicios a partir de los cuales se puede suponer que las inversiones geomagnéticas, durante las cuales la Tierra queda despojada temporalmente de su campo magnético, dan lugar a períodos climáticos muy fríos. Hardy, Ralph y otros, "El Libro del Clima". Página 168 (Hermann Blume Ediciones, Madrid 1982)

^{22.}http://ciencia.msfc.nasa.gov/headlines/y2005/10jan_earthquake.htm?list813610

La variabilidad climática: un rasgo característico del temperamento de la Tierra

De allí surge el concepto de variabilidad climática y que no constituye necesariamente sinónimo de calentamiento global, así en este momento el calentamiento del planeta sea, según muchos estudiosos del tema, una de sus expresiones evidentes.

A lo largo de los 4.500 millones de años que han transcurrido desde que se "enfrió" la corteza de la Tierra, se han producido y se siguen produciendo cambios del clima que, como lo venimos diciendo, no son exclusivamente atmosféricos sino en general del paisaje planetario.

Ya mencionamos cómo, hace alrededor de 2.000 millones de años, cuando la vida inventó la fotosíntesis, las primeras plantas verdes comenzaron a capturar gas carbónico de la atmósfera y a liberar oxígeno gaseoso, que posteriormente dio origen al ozono. Muchas especies anaeróbicas que no pudieron transformarse para sobrevivir en una atmósfera de oxígeno o que no pudieron resguardarse en espacios sin aire, dejaron de existir. Otras especies descubrieron la respiración y conquistaron la Tierra. Gracias a que la capa de ozono redujo la incidencia de radiaciones nocivas procedentes del Sol, no se quedaron restringidas ni a los océanos primitivos ni a los charcos, sino que conquistaron también la superficie del planeta.

Hasta hace unos 180 millones de años todos los que hoy son cinco continentes separados, se encontraban reunidos en una sola "masa" a la que los geólogos de hoy dan el nombre de Pangea.

A una de las partes resultantes, la que coincide en términos generales con lo que son los continentes del hemisferio norte (Norteamérica, Europa y Asia sin la India), le dan el nombre de Laurasia. A la que coincide con el hemisferio sur (Suramérica, África, India, Australia, Antártida y Nueva Zelanda), le dan el nombre de Gondwana.





Hace unos 165 millones de años se separó lo que hoy es América del Norte del resto de Laurasia y comenzó a formarse el Atlántico Norte.

Posteriormente la Antártida se separó de Gondwana y luego, hace unos 90 millones de años, América del Sur se separó del África. De esa ruptura nació el Atlántico Sur. Hace 60 millones de años la placa sobre la cual se encuentra la península de la India se separó del África y comenzó a subir hacia la placa del Asia. El choque frontal entre ambas placas, que todavía continúa, formó esa "arruga" de la corteza de la Tierra que es el Himalaya.

Del choque entre ese fragmento de Gondwana que constituye la placa suramericana y la placa sobre la cual reposa el océano Pacífico, se formó esa otra "arruga" de la corteza que es la cordillera de los Andes, que alcanzó su altura actual hace apenas 2 o 3 millones de años (y que hoy sigue creciendo a razón de unos cuantos milímetros y en algunos puntos, centímetros- anuales).

Cuando hace 65 millones de años se estrelló un asteroide en donde hoy viene a quedar el Golfo de México (cerca al pueblo denominado Xichulub), se produjo una alteración climática que dejó a los grandes dinosaurios sin las condiciones ambienta-

les que les permitían existir. Entonces nuestros antepasados mamíferos, que vivían confinados a sus escondites en las rocas, pudieron salir a conquistar la Tierra.

Sólo hace unos tres millones de años se juntaron América del Norte y América del Sur a través del istmo de Panamá, que no solamente tendió un puente a través del cual descendieron los grandes mamíferos del norte y extinguieron gran parte de las especies (muchas de ellas marsupiales)²³ del sur, sino que cortaron el paso de las corrientes ecuatoriales que elevaban la temperatura de las aguas del Atlántico, lo cual contribuyó al enfriamiento de la Antártida y a la congelación de las aguas del Ártico (el casquete de hielo que forma el Polo Norte)²⁴.

Como consecuencia de ese corte en la "calefacción natural" del planeta, sumado al desplazamiento de los continentes del norte hacia la región polar por efecto de la tectónica de placas, hace 2.5 millones de años, coincidiendo con la aparición del homo erectus, los hielos comenzaron a cubrir Europa. No era esta la primera ni sería la última de las grandes glaciaciones. 500 millones de años antes, gran parte de la Tierra ya había estado cubierta de hielo, como lo ha vuelto a estar posteriormente.

Ya en "tiempos humanos", el planeta ha experimentado cambios tan grandes, como los que hace unos 4.000 años determinaron que el Sahara dejara de ser un ecosistema rico en flora y en agua para convertirse en el desierto que hoy conocemos; o como el paso desde el período muy frío hace 2.300 a 2.900 años, a períodos más cálidos, como el que les permitió a los vikingos asentarse en Groenlandia (*Greenland*) entre los años 950 y 1250 DC.

Por esos mismos tiempos, hace más o menos mil años, grandes civilizaciones mesoamericanas y de América del Sur (como la Chimú en el Perú) avanzaban hacia la extinción, posiblemente por causas ligadas a su incapacidad para adaptarse a los cambios del clima.

En épocas más recientes, entre 1450 y 1850 aproximadamente, se produce una "pequeña glaciación" o "pequeña edad de hielo" que, entre otras consecuencias, obliga a los vikingos a abandonar sus asentamientos en Groenlandia²⁵. Bajo los efectos de esa "pequeña glaciación" Londres celebraba las "Ferias del Hielo" (desde principios del siglo XV hasta 1814 cuando el Támesis se congeló por última vez), y los ejércitos napoleónicos sufrieron su gran derrota en las estepas de Rusia (1812).

^{23.} Que gestan a sus hijos en una bolsa externa llamada "marsupio", como las zarigüeyas y los canguros.

^{24.} La Corriente del Golfo lleva todavía calor del trópico a las Islas Británicas, lo cual les permite contar con temperaturas habitables.

^{25.} En su libro "Colapso - Por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen" (Debate, 2006), el autor norteamericano Jared Diamond explica las razones por las cuales los vikingos de origen noruego que habitaban Groenlandia fueron incapaces de resistir en su momento los efectos del cambio climático.

Del cambio climático al cambio global

El cambio, repitámoslo una vez más, es una característica permanente del clima, y lo ha sido desde los orígenes mismos de su existencia en la Tierra. ¿De dónde, entonces, la preocupación actual? ¿Qué es ese "cambio climático" que está poniendo en peligro nuestra permanencia en el planeta?

En la Convención Marco sobre Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas (UNFCCC)26, se adoptó convencionalmente valga la redundancia- el término "cambio climático" para referirse únicamente a las expresiones de la variabilidad climática que tienen causas antrópicas, es decir, a aquellas derivadas directamente de actividades humanas. Ésta, entonces, es una denominación literalmente "convencional". A pesar de eso, organizaciones como el IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) siquen utilizando ese término, indistintamente, para referirse a los cambios naturales y a los provocados por acción humana. En estas páginas, para efectos de claridad, vamos a acoger esa convención y a llamar "cambio climático" solamente a las diferencias entre lo que es el clima actual del planeta y lo que será el clima futuro debido a efectos antrópicos, o sea, al impacto de la actividad humana.

Uno de los efectos, más no el único, del cambio climático, es y seguirá siendo el incremento de la temperatura media del planeta, cuya tendencia en

los últimos 50 años (1956 - 2005), es de 0.13° C por década (entre 0.10° C y 0.16° C), lo cual casi duplica el promedio de los 100 años transcurridos entre (1906 y 2005)²⁷. A ese efecto se le da el nombre de "calentamiento global", que por la razón expuesta no es un sinónimo de "cambio climático".

Paradójicamente, en algunos lugares del globo, ese incremento de la temperatura global, puede causar un enfriamiento local. Por eso es preferible hablar de cambio climático y no de calentamiento global.

Por otra parte, los efectos del cambio climático están comenzando ya a generar efectos que van mucho más allá del campo estrictamente hidrometeorológico, entre otros, producirán un incremento de los procesos migratorios, desde zonas en donde las condiciones de habitabilidad y producción se vayan volviendo cada vez más restringidas, hacia regiones que ofrezcan posibilidades más favorables de adaptación. Esto, en consecuencia, aumentará los conflictos por recursos y por territorios entre comunidades humanas, e incrementará los conflictos existentes entre las comunidades humanas a nivel local, nacional, continental y planetario. Si ahora, cuando los efectos del cambio climático apenas se están comenzando a manifestar, estamos como estamos. ¿cómo será la situación cuando éstos se agudicen en intensidad y cantidad?

Por todo esto, aún más apropiado que hablar solamente de "cambio climático", resultará más preciso hablar de "cambio global": nos encontramos ante el reto de redefinir el papel de nuestra especie en el planeta Tierra, como requisito para permanecer en él.

Así como hace 2.000 millones de años ya existía oxígeno gaseoso en la atmósfera primitiva de la Tierra, pero por acción de la Vida ese gas se incrementó hasta representar el 21% de la composición total de ese océano gaseoso que rodea al planeta²8, así mismo, desde los orígenes mismos de la atmósfera ha existido gas carbónico. Incluso, como mencionamos atrás, hasta 100 o 1000 veces más del que hay en la actualidad. Recordemos que la "explosión" de las plantas verdes y el consecuente incremento de la demanda de gas carbónico, redujo su cantidad hasta ese 0.03% que tenemos hoy.

El gas carbónico, junto con el vapor de agua y otros gases como el metano (CH₄), son los responsables del llamado efecto invernadero, que es la expresión atmosférica del mismo proceso que tiene lugar en los invernaderos cubiertos de plástico o de cristal (o bajo el parabrisas del carro). Las radiaciones solares en forma de luz y de calor atraviesan el techo del invernadero, pero al reflejarse en el suelo las radiaciones calóricas cambian de frecuencia y no

^{26.} UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change.

^{27. &}quot;Cambio Climático 2007: las bases científicas y físicas". Contribución del Grupo de Trabajo 1 al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC).

^{28.} El primero en referirse a la atmósfera como "un gran océano aéreo" fue Alfred Russel Wallace, el biólogo norteamericano que formuló la teoría de la evolución al mismo tiempo que Darwin. Ver: Tim Flannery, "El clima está en nuestras manos" (Taurus Minor, Bogotá 2006). Página 27.

pueden escapar. Solamente la luz vuelve a salir. Las otras quedan atrapadas formando una cámara de calor. Los gases invernadero²⁹ cumplen en la atmósfera la función del vidrio y del plástico en el invernadero o, en inglés, "greenhouse".

Gracias a ese efecto, la temperatura promedio del planeta es de +32°C, lo cual hace que una gran parte de la superficie de la Tierra resulte "cómoda" para vivir. De no ser por ese efecto, la temperatura media del planeta sería demasiado fría: 18°C bajo cero.

Varios factores están influyendo para el incremento de los niveles de gas carbónico (CO₂) en la atmósfera, lo cual tiene como consecuencia el incremento del efecto invernadero y, con él, el aumento de la temperatura promedio del planeta.

Uno, es el aumento en la emisión de gases de efecto invernadero, en especial el CO2 derivado de la utilización de combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón. Dos, la proliferación de ganado vacuno, en cuyos estómagos se produce la mayor parte del metano (CH4) que llega a la atmósfera y cuyo poder como retenedor de calor es cerca de 23 veces mayor que el del CO2. Tres, el aumento de las zonas dedicadas a depósitos de basuras que son, junto con los

estómagos de los rumiantes, otros grandes generadores de metano. Cuatro, el aumento de los óxidos nitrosos (otros potentes gases de efecto invernadero), subproductos del uso de agroquímicos. Y cinco, la reducción de la cobertura vegetal del planeta debido a la deforestación. Al reducir las plantas verdes, que son las reguladoras naturales de la cantidad de CO₂ atmosférico, este gas aumenta sin control, además de que las quemas que normalmente siguen a la deforestación, contribuyen a aumentar las emisiones de ese gas.

¿Quiénes producen esos gases de efecto invernadero que están causando el calentamiento global?

La respuesta a esta pregunta es clara: los países desarrollados del mundo, cuyo consumo de combustibles fósiles y de otras sustancias productoras de gases invernadero, es mucho mayor que el consumo en los llamados países subdesarrollados o países en desarrollo.

El último Informe de Desarrollo Humano (IDH) del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) nos entrega cifras importantes para entender cómo se distribuye la generación d`e gases invernadero en distintos lugares del mundo.





Hoy existe casi total unanimidad en el sentido de que si bien en el pasado ha habido períodos de calentamiento del planeta producidos por causas naturales³º, y de que en los últimos 100 años se venía registrando una tendencia al incremento de la temperatura en la superficie terrestre (en promedio 0.74°C en todo el siglo)³¹, ese incremento se ha disparado en los últimos 50 años, debido "muy probablemente, a los aumentos observados en los gases de efecto invernadero antropogénicos³². [...] Entre 1990 y 2005 la concentración de CO₂ en la atmósfera ha aumentado anualmente en 1,99 partes por millón (ppm) en promedio³³. [...] Las influencias humanas perceptibles se extienden ahora a otros aspectos del clima, incluyendo el calentamiento del océano, las temperaturas medias continentales, temperaturas extremas y patrones de viento³⁴".

^{30.} Hace unos 125.000 años, por ejemplo, "las regiones polares fueron significativamente más cálidas que ahora, lo cual produjo un incremento de 4 a 6 metros en el nivel medio del mar". "Cambio Climático 2007: las bases científicas y físicas". Contribución del Grupo de Trabajo 1 al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC)

^{31. &}quot;El calentamiento de la Tierra - Un resumen basado en los resultados publicados en el cuarto informe de IPCC (AR4) respecto al estado de nuestro sistema climático."

^{32.} Particularmente dióxido de carbono, metano y óxido nitroso.

^{33.} De acuerdo con el IPCC (2007), la concentración global de CO2 en la atmósfera ha pasado de un valor aproximado de 280 ppm en la era pre-industrial anterior a 1750, a 379 ppm en 2005. En los últimos 10 años la tasa de crecimiento de dicha concentración (1.9 ppm anual) ha sido mayor que el promedio desde que se comenzaron las mediciones continuas (1.4 ppm anual en promedio entre 1960 y 2005).

^{34. &}quot;Cambio Climático 2007: las bases científicas y físicas". Contribución del Grupo de Trabajo 1 al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC).



Conclusiones de LA RED sobre ENOS (El Niño Oscilación Sur)

Entre los años 2000 y 2005, LA RED (Red de Estudios Sociales sobre Desastres en América Latina) realizó el proyecto "Gestión de Riesgos de Desastre ENSO en América Latina³⁵", en el cual participaron ocho equipos de investigación-trabajo en sendos países o regiones de las Américas: Florida (EE.UU), México, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Perú, Argentina y el estado de Paraiba, en el Brasil.

El objeto de ese proyecto era determinar las razones por las cuales ENOS (El Niño Oscilación Sur y La Niña, su fase "fría"), producen desastres en los países estudiados.

Las conclusiones generales del estudio fueron las siguientes:

En muchas zonas o regiones se han producido más daños durante años El Niño débiles que durante años El Niño más fuertes, lo cual demuestra que el desastre depende más de la vulnerabilidad del territorio que de la magnitud de la amenaza.

Esa mayor vulnerabilidad de territorio es en gran parte el resultado de la alteración de los ecosistemas por cambios en el uso del suelo y la ocupación humana de zonas inadecuadas. Esto está ligado a factores como el crecimiento de la población, la desenfrenada urbanización del territorio y la pobreza que afecta a varios millones de seres humanos en América Latina y el Caribe.

Resulta imposible e improcedente hacer gestión del riesgo exclusivamente para enfrentar los efectos de ENOS, cuando las mismas o más graves amenazas, pero no asociadas con ENOS, pueden afectar esas regiones. Los esfuerzos deben enfocarse, entonces, a buscar la seguridad territorial frente a una gama mucho más amplia de amenazas de origen natural, socionatural o antrópico.

LECCIONES APLICABLES AL CAMBIO CLIMÁTICO:

El cambio climático puede provocar que aquellos fenómenos que ocurren de manera temporal cuando se presentan El Niño o La Niña, tiendan a volverse permanentes; así como también puede generar un incremento de las intensidades de estas dos fases de ENOS. O sea que las conclusiones del estudio de LA RED resultan de importancia para los esfuerzos que realizan nuestros países para enfrentar los efectos del cambio climático.

En consecuencia, las siguientes reflexiones resultan pertinentes:

1. El aporte de América Latina y el Caribe en términos de producción de gases invernadero es relativamente bajo en comparación con los grandes aportantes del mundo. El aporte por deforestación es alto.

a casa que resiste los efectos de un sismo o el territorio que absorbe sin mayoes daños los efectos de una temporada invernal, de un huracán o de fenómeios como El Níño o La Niña. La resiliencia se refiere a la capacidad del sistema ara recuperarse de los efectos de un fenómeno a cuyos efectos no ha podido esistir. la persona que si se ha enfermado, pero que logra sanarse; la comuniiad que si ha resultado afectada, por un desastre pero que logra recuperarse y construir una nueva normalidad. La vulnerabilidad puede entenderse como la alta de resistencia y de resiliencia de un sistema.

- 2. El énfasis en nuestros países debe centrarse en fortalecer la seguridad del territorio, léase: en fortalecer la resistencia y la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades para enfrentar amenazas múltiples, incluidas (pero no exclusivamente) las que se derivan del cambio climático³⁶. Muchos de los efectos que se prevén como consecuencia del cambio climático ya ocurren como consecuencia de otros fenómenos, incluidos los hidrometeorológicos propios de la variabilidad climática.
- 3. Una medida necesaria para fortalecer la seguridad del territorio es la protección y recuperación de los ecosistemas naturales (bosques, manglares, humedales, cuerpos de agua, etc) y la capacidad de comunicación y convivencia entre esos ecosistemas y las comunidades.
- 4. Medidas como la racionalización en el uso de combustibles fósiles, la sustitución parcial de los mismos, la racionalización en el consumo de energía, el impulso al transporte masivo y el desestímulo al privado, la reducción en la producción de residuos sólidos y el manejo adecuado de los mismos, y otras similares, se justifican más por su aporte al mejoramiento de la calidad de vida y a la sostenibilidad del territorio, que como medidas para frenar el cambio climático. Esto último es un subproducto útil.

^{35.} Estudio sobre por qué El Niño produce desastres, financiado por la IA (Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global) con el apoyo de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos.

^{36.} La resistencia se refiere a la capacidad de un sistema (que puede ser desde el organismo humano hasta un territorio completo) para absorber sin traumatismos los efectos de la materialización de una amenaza. Por ejemplo, la persona que quede convivir sin enfermarse con el bacilo de la tuberculosis.



5. ¿Por qué en Colombia y en otros países resultamos afectados por el cambio climático y el consecuente cambio global?

Para contestar esta pregunta, acudamos a dos conceptos cotidianos que nos ayudarán a entender por qué los efectos del cambio climático que ya están siendo notorios, y los que vendrán en el futuro, pueden generar riesgos para los territorios de los cuales formamos parte, y por qué algunos de esos riesgos³⁷ son suceptibles de convertirse en desastres³⁸. Esos dos conceptos son los de aguaceros y goteras. Ah, y un tercer concepto: el techo, que vendría a ser una metáfora del territorio del cual formamos parte.

Cuando hablamos de territorio nos referimos al resultado dinámico de la interacción compleja y permanente entre ecosistemas y comunidades o, en otras, palabras, entre la naturaleza y la cultura. Es decir, que el territorio no es solamente el espacio geográfico en el cual se desarrolla la vida, sino el conjunto de dinámicas que interactúan en ese espacio, algunas de las cuales tienen sus causas y sus efectos en ese mismo territorio o en sus cercanías.

mientras otras producen efectos en lugares muy lejanos a aquel en el cual se generan³⁹.

Por aguaceros vamos a entender todos aquellos eventos que cuya ocurrencia puede representar un peligro o una amenaza para un techo, o sea, para un territorio determinado, y por goteras al conjunto de razones por las cuales ese mismo techo o territorio es incapaz de resistir sin mayores traumatismos los efectos de los aguaceros.

Los aguaceros y aquí utilizamos la palabra tanto en sentido literal como metafórico- pueden ser las amenazas más abundantes y más intensas que ya se están presentando o que se pueden presentar como consecuencia del cambio climático, o de fenómenos como El Niño o La Niña, pero también puede ser el mismo aguacerito de siempre, que constituye una expresión normal de la variabilidad climática de un lugar, pero que antes no producía desastres y ahora sí, porque ahora las goteras son cada vez más gran-

des. En términos de la gestión del riesgo, digamos que está plenamente demostrado que el riesgo y el consecuente desastre no dependen solamente de la amenaza, sino también, y muy especialmente, de la vulnerabilidad.

Ya vimos cómo nuestra contribución, la de los países de América Latina y el Caribe, dentro de los cuales se encuentra Colombia a la emisión de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático, es relativamente baja en comparación con la de los países más desarrollados.

En consecuencia, aunque nosotros podemos contribuir en alguna medida a reducir ese pequeño porcentaje de emisiones con las cuales estamos ayudando a incrementar los aguaceros, nuestro mayor problema está en la magnitud creciente de las goteras que impiden que nuestro territorio no solamente esté en incapacidad de resistir los efectos de los nuevos y más fuertes aguaceros, sino también

daños (pérdidas humanas, materiales, económicas, culturales, de oportunidades) que efectivamente ocurren cuando se produce la amenaza en un territorio vulnerable a la misma.

^{37.} El concepto de RIESGO se refiere al daño potencial que pueden sufrir los ecosistemas o las comunidades que conforman un territorio determinado, como consecuencia de la materialización de determinados eventos de carácter peligroso (amenazas), a cuyos efectos son vulnerables (es decir, que carecen de la resistencia y/o resiliencia necesaria para "absorberlos" sin traumatismos o para recuperarse satisfactoria y oportunamente de los daños que puedan generar).

^{38.} Si el riesgo es una posibilidad (un daño potencial), el DESASTRE es la materialización o concreción de ese riesgo. Es decir, el daño o conjunto de

^{39.} Este último es el caso de muchos de los riesgos causados por el cambio climático, cuyos efectos ambientales se pueden manifestar muy lejos de donde se producen las emisiones de gases invernadero que contribuyen a que se caliente la atmósfera.

los efectos de otras dinámicas, no necesariamente ligadas al cambio climático, que también producen desastres.

En otras palabras, digamos que muchos de los desastres de origen hidrometeorológico que en los últimos años han azotado a varios países de la región, posiblemente se hubieran producido de igual manera aún cuando no existieran ya las manifestaciones del cambio climático.

Existe un proceso particularmente grave en nuestros países y muy especialmente en Colombia, que incrementa nuestras emisiones de gas carbónico a la atmósfera (es decir, que ayuda a aumentar la amenaza), pero que, sobre todo, hace cada vez mayor nuestra vulnerabilidad: nos referimos a la deforestación y a las quemas y cambios en el uso del suelo que normalmente le siquen a la destrucción de los bosques. En el capítulo de este mismo texto que denominamos "Del cambio climático al cambio global", manifestamos que una de las maneras a través de las cuales la deforestación contribuye a incrementar el cambio climático, es la reducción de la cobertura vegetal del planeta, una de cuyas misiones es regular la cantidad de gas carbónico en la atmósfera. Esto quiere decir que con la deforestación hacemos una nefasta carambola a tres bandas: contribuimos a aumentar los aquaceros, afectamos los mecanismos que ayudan a controlarlos y abrimos una tremenda gotera en la medida en que reducimos la capacidad de los suelos y, en general, de los ecosistemas, para resistir los cambios ambientales y para adaptarse sin traumatismos a sus efectos.

No les estamos quitando ninguna importancia a las medidas que tomemos en nuestro medio local y que de manera directa o indirecta pueden ayudar a reducir nuestras emisiones de gases de efecto invernadero (tales como el ahorro en el consumo de energía de cualquier tipo, el adecuado manejo de desechos sólidos, la racionalización de cultivos y de otras actividades que contribuyen al cambio climático), pero no por ello debemos descuidar todas aquellas estrategias que, de manera mucho más inmediata, contribuyan a fortalecer la resistencia y la resiliencia de los territorios de los cuales formamos parte.

En el diagrama de la página 48 vemos algunos de los efectos que ya está produciendo y/o que va a producir el cambio climático en el futuro, y en la página 49 algunas de las medidas a través de las cuales podemos intervenir para mejorar nuestra capacidad y la de los territorios de los cuales formamos parte, para convivir sin traumatismos con esos efectos. Como se verá en esos diagramas, muchos de esos efectos no son de carácter hidrometeorológico, sino de carácter social (los más graves, quizás, serán la competencia por el acceso a recursos y servicios ambientales y por territorios seguros, y el crecimiento de desplazados ambientales, con todos los conflictos que ello genera).

En términos futbolísticos, digamos que la RESISTENCIA es la capacidad de un equipo para evitar que le metan un gol, y la RESILIENCIA es la capacidad para recuperarse satisfactoria y oportunamente después de que les han metido un gol... e incluso de ganar el partido.

Según Augusto Ángel Maya, "la resiliencia cultural frente al medio es frágil. Puede desmoronarse, porque el hombre no encuentra los medios tecnológicos o las formas organizativas y los instrumentos teóricos para superar la crisis. Lo que diferencia el peligro actual de los anteriores es que éste se ha hecho planetario y se extiende a la totalidad del sistema vivoro."

40. Augusto Ángel Maya, "La fragilidad ambiental de la Cultura", Editorial Universidad Nacional (1996)

ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Aumento de la temperatura y cambios en la precipitación o régimen de lluvias (es decir: alteraciones de la variabilidad climática).

Aumento de la intensidad y frecuencia de eventos climáticos extremos. Por ejemplo: donde llueve poco, puede llover menos, y donde llueve mucho, pueden aumentar las lluvias.

Pérdida de biodiversidad debido a que muchas especies dependen para existir de un rango estrecho de condiciones ecológicas.

Pérdida o deterioro de ecosistemas estratégicos (páramos, glaciares, selvas, corales).

Aumento en el nivel del mar con la consecuente afectación de las zonas costeras y de las poblaciones que las habitan.

Salinización de suelos y acuíferos costeros.

Desertificación de suelos.

Efectos directos sobre la infraestructura: edificios, infraestructura de servicios, redes viales, puertos, etc.

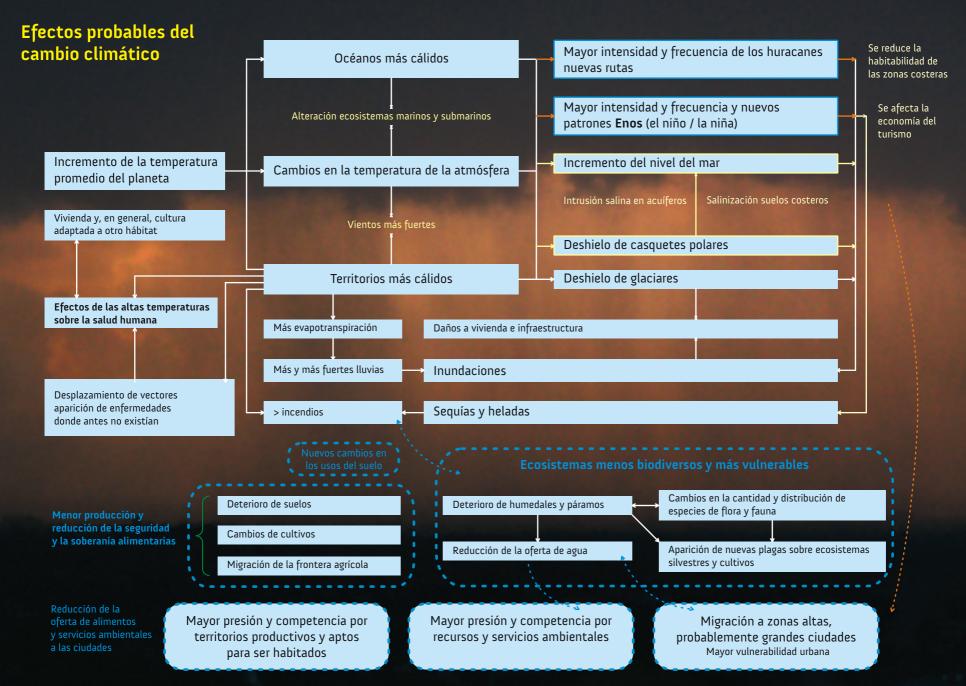
Disminución de la oferta energética (particularmente generación y distribución hidroeléctrica).

Cambios de la productividad de ecosistemas, agroecosistemas y en general de los sistemas productivos (con énfasis en aquellos especialmente sensibles al clima), con los consecuentes efectos sobre el mercado.

Efectos sobre la salud humana, con el consecuente impacto sobre los sistemas de salud, la normalidad de la vida familiar, el desempeño laboral, la productividad y, en general, la vida social.

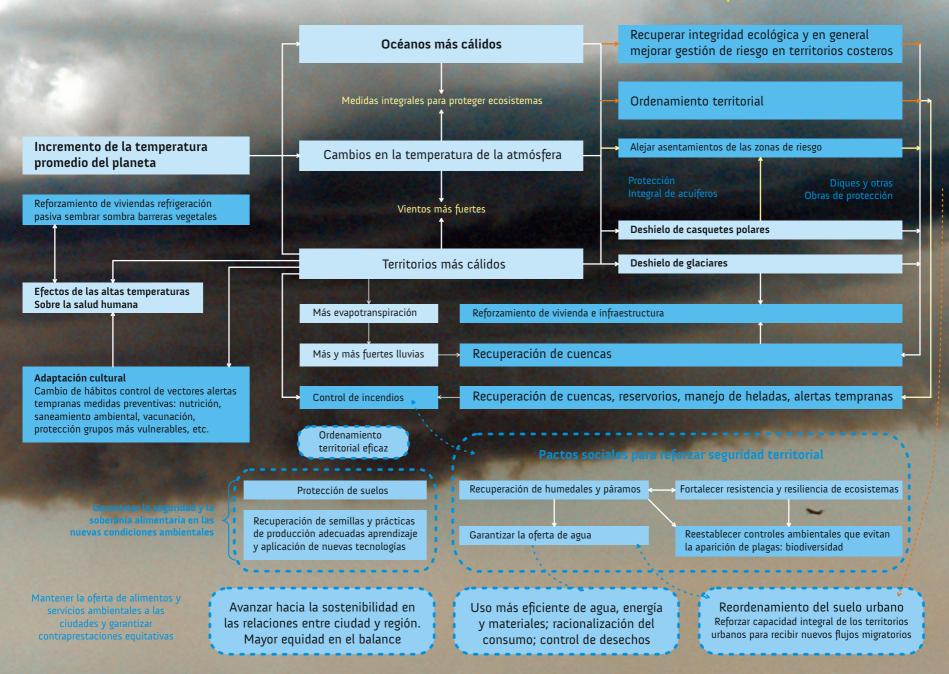
Migraciones humanas en busca de ecosistemas con condiciones de habitabilidad más favorable, incremento de la población urbana, mayor vulnerabilidad en y de las ciudades, diversidad de conflictos.





Mayores y más complejos conflictos

Algunas estrategias posibles para enfrentar los efectos del cambio climático



ALGUNAS MANERAS IMPORTANTES DE MEJORAR NUESTRA RELACIÓN CON EL AMBIENTE

A continuación enumeramos algunas de las actividades a través de la cuales podemos mejorar nuestras relaciones con el ambiente y reducir el impacto negativo que cotidianamente ejercemos sobre el mismo. En otras palabras, son comportamientos que nos permitirán reducir el tamaño de la llamada "huella ecológica" que va dejando nuestro paso por la Tierra.

En la mayoría de los casos, para que esas actividades se traduzcan en una reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero (es decir, para que resulten eficaces en términos de disminuir los aguaceros, palabra con que aquí nos estamos refiriendo a las expresiones del cambio climático), se necesita que las adopten un número mayoritario de personas de Colombia y de otros países de la región y del mundo.

Sin embargo, aunque por ahora no sea así, aunque la humanidad en su conjunto se demore todavía mucho tiempo en asumirlas, no dejan de ser necesarias e importantes por todo lo que contribuyen a tapar las goteras. Mejor dicho, a fortalecer la capacidad de nuestras comunidades y de nuestros ecosistemas (o sea: de los territorios de los cuales somos partes) para convivir sin traumatismos con los efectos del cambio climático y con otras dinámicas que, de lo contrario, pueden convertirse en generadoras de riesgos y desastres.

Por ejemplo, la racionalización en el consumo de energía eléctrica a nivel de la empresa y de la casa o la escuela, significa una menor presión sobre los recursos que se utilizan para generarla (y en consecuencia un impacto menor sobre el ambiente), y además una importante economía en los presupuestos.

La plata que por concepto de energía se ahorran las empresas, se puede utilizar para mejorar los procesos productivos o (¡soñar no cuesta nada!) para reducir los precios de los bienes y servicios que ofrecen al público; y la que se ahorra en la casa y en la escuela, para atender necesidades que antes se quedaban relegadas y que pueden contribuir a mejorar la calidad de la vida.

En el transporte:

- * Siempre que sea posible, prefiramos el transporte masivo al privado.
- * Utilicemos vehículos eficientes y que funcionen adecuadamente, lo cual les permitirá recorrer más kilómetros con menos combustible. Como regla general, un vehículo se puede considerar "eficiente" si recorre más de 15 kilómetros con un galón de combustible.
- * Mantengamos los motores de nuestros vehículos bien sincronizados, no solamente para "pasar" el examen de gases sino como una costumbre permanente.
- * Siempre que sea posible, desplacémonos a pié o en bicicleta. Además de ser saludable para el ambiente, nos ayuda a mantener sincronizados nuestras mentes, nuestros espíritus y nuestros cuerpos. Sólo utilicemos el carro cuando sea estrictamente necesario. No renunciemos a los medios de locomoción con que nos ha dotado la naturaleza. Cuando caminamos no tenemos el problema de encontrar parqueadero... y conocemos muchísimas cosas que no se ven desde el carro.
- * Optimicemos el rendimiento del carro particular. En lo posible compartámoslo con vecinos y amigos. Además de reducir nuestra "huella ecológica", fortalecemos nuestros lazos de afecto.
- * Si tenemos a disposición medios tecnológicos, como el internet o el correo electrónico, que nos permitan intercambiar información o reunirnos virtualmente sin tener que desplazarnos incrementando la congestión de las vías y gastando más combustible, hagamos uso de esas posibilidades.

En el mercado:

- * Prefiramos aquellos bienes que sean producidos localmente y que requieran un menor consumo de energía para transportarlos entre el lugar donde se producen y nosotros. Esto, además de contribuir al fortalecimiento de las economías locales, contribuye a reducir la "huella ecológica" de esos productos... y la nuestra.
- * Adquiramos productos cuyos empaques y residuos generen el menor impacto ambiental posible: menos plásticos y sustancias que contaminen el ambiente.
- * No aceptemos que nuestras compras sean empacadas y sobre-empacadas en bolsas plásticas innecesarias. Volvamos a la costumbre de la talega de lona o el canasto para transportar nuestras compras de mercado.
- * Reutilicemos las bolsas plásticas cuantas veces sea posible y necesario: aprovechemos positivamen-

- te la enorme resistencia y durabilidad de los plásticos. De lo contrario, esa característica se convierte en su peor defecto.
- * Cada vez que sea posible, prefiramos el uso de envases retornables y reciclables. "Premiemos" con nuestras compras a los fabricantes que ofrecen sus productos en estos envases.
- * Prefiramos alimentos y en general productos que nos garanticen que han sido cultivados o fabricados de manera "amigable" con el ambiente. Aprendamos a reconocer los símbolos que nos garantizan que tras esos productos hay procesos de producción limpia y que sus fabricantes son responsables ecológicamente.
- * Comprometámonos a que nuestros desechos salgan debidamente clasificados de nuestras propias casas, colegios y lugares de trabajo. Cuando no podamos reciclar directamente, facilitemos el trabajo de los recicladores

En nuestra relación con la energía:

- * No dejemos aparatos conectados y mucho menos encendidos sin necesidad: los "chorros" de electricidad afectan directamente el ambiente y el bolsillo.
- * Todo aparato eléctrico incluidos los bombillostiene un tiempo de "vida útil", que muchas veces se consume y agota sin que nadie los use. Apagemos las luces que no necesitamos y "premiemos" con nuestra preferencia los sistemas de iluminación más eficientes.
- * Exijamos sistemas de alumbrado público que no gasten energía iluminándoles la barriga a los aviones. Los sistemas que no generan contaminación lumínica no solamente resultan más baratos para los individuos y para la sociedad en su conjunto, sino que enfocan la luz hacia donde la necesitamos y no nos quitan el derecho a disfrutar las estrellas.
- * Hasta donde resulte posible, no neguemos las caracterísitcas naturales del ambiente en el cual nos encontramos: resulta ridículo tener que abrigarse en clima caliente para resistir el frío del aire acondicionado, o acalorarse en climas fríos por la calefacción excesiva.

En nuestra relación con el agua:

- * Recordemos que el agua es un bien cada vez más escaso y en consecuencia más caro, tanto para el bolsillo como para el planeta.
- * Cuando se va el agua, aprovechamos hasta la última gota de la que hemos alcanzado a guardar en una jarra o en un balde: seamos concientes de que el agua se está yendo en la Tierra y hagámosla rendir en consecuencia. No la desperdiciemos. Cada vez que abramos una llave, recordemos el trabajo que están haciendo los ecosistemas para producirla y recordemos que una cantidad cada vez mayor de seres humanos padecen por falta de ella.

La conciencia de los ciclos y de nuestra posición en ellos:

Intentemos ser siempre conscientes de dónde viene todo lo que consumimos, de qué han invertido la sociedad y la naturaleza para producirlo y transportarlo, de qué pasa con los residuos que generamos, de qué impacto estamos produciendo en el planeta con todos y cada uno de nuestros actos. No dejemos que nuestra felicidad dependa más del consumir que del ser.

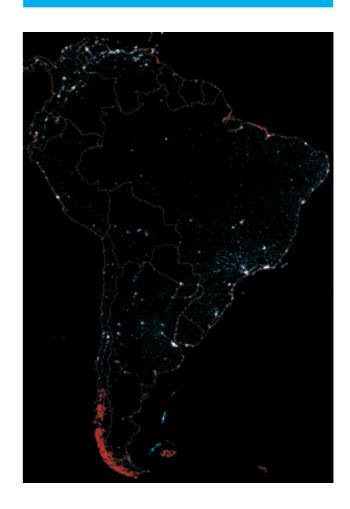


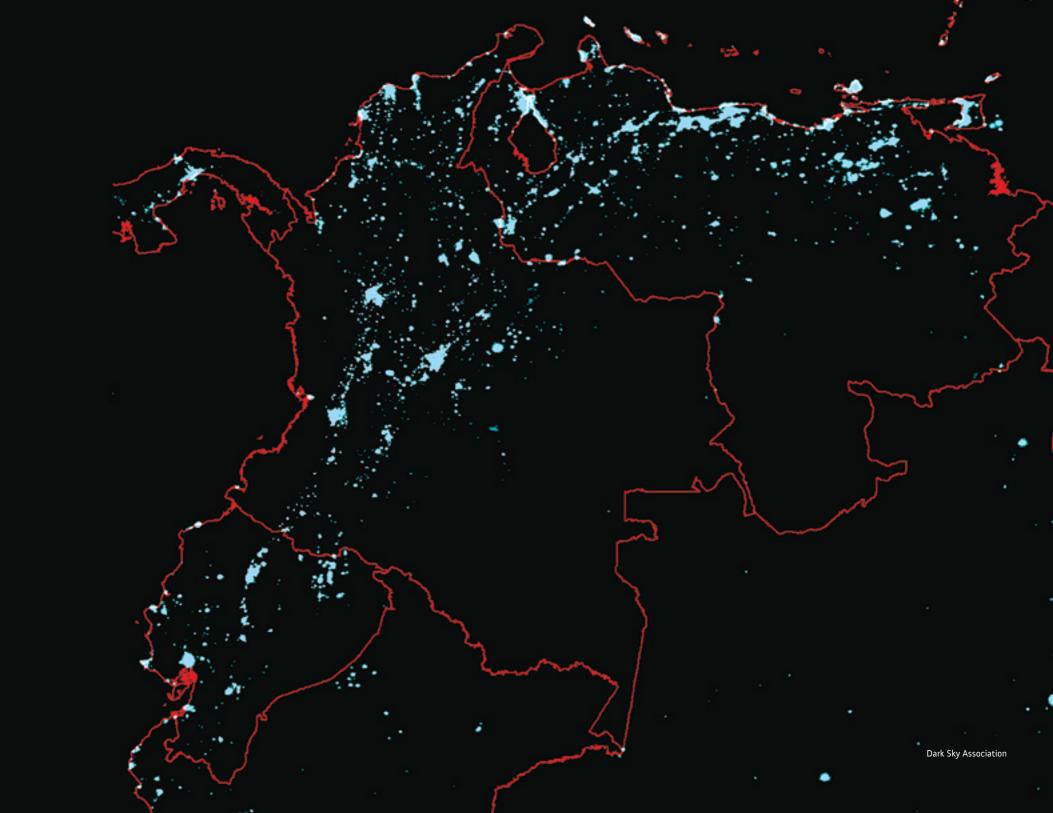
A TIERRA: Marc Imhoff de la NASA GSFC y Christopher Elvidge de la NOA. NGDC, Imagen de Craig Mayhew y Robert Simmon, NASA GSFC.

SURAMÉRICA: DARK SKY ASSOCIATION

En general toda actividad que contribuya a racionalizar el uso de energía y de recursos, que proteja o ayude a recuperar ecosistemas deteriorados, que evite el incremento de gases de efecto invernadero (por ejemplo la afinación de vehículos, el uso de transporte público menos contaminante y de otras alternativas de transporte), ayudará tanto a reducir los aguaceros como, especialmente, a cerrar las goteras y a evitar que se abran unas nuevas.

Si todos los países del mundo se pusieran de acuerdo en que a partir de hoy mismo, no volverían a emitir ni una sola molécula de gases de efecto invernadero (lo cual, por supuesto, es irreal, pero aceptémoslo en gracia de discusión), los gases que ya se encuentran en la atmósfera seguirían allí durante por lo menos 40 años, incrementando el calentamiento del planeta. Esto no le quita importancia ni al Protocolo de Kioto ni a todas las medidas que se han tomado y que necesariamente se tomarán en el futuro ojalá próximo- para garantizar que las próximas generaciones no van a estar expuestas a los mismos riesgos de origen climático a que estamos expuestos nosotros. Pero si debemos ser conscientes de que, en el corto y mediano plazo, los efectos del cambio climático (los aguaceros) se van a seguir produciendo y, en consecuencia, es necesario que tomemos todas las medidas posibles para reducir las goteras que le merman resistencia y resiliencia a nuestros territorios.





CONVENCIÓN MARCO DE LAS NA-CIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO CMNUCC*

Es uno de los resultados de la llamada Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro, 1992). Establece una estructura general para los esfuerzos de los gobiernos encaminados a resolver el desafío del cambio climático. Reconoce que el sistema climático es un recurso compartido cuya estabilidad puede verse afectada por actividades industriales y de otro tipo que emiten dióxido de carbono y otros gases que retienen el calor.

El Objetivo principal de la Convención (Artículo 2) es lograr la estabilización de las concentraciones de gases

efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que prevenga una interferencia antropogénica peligrosa con el sistema climático. Este nivel debe ser alcanzado en un período de tiempo que permita a los ecosistemas adaptarse de manera natural al cambio climático.

"Las Partes deberían proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades."

^{*} Aprobada en Colombia (Ley 164 de 1994)

PROTOCOLO DE KIOTO*

Es un instrumento internacional complementario de la Convención sobre Cambio Climático, con fuerza vinculante (lo cual no logró la Convención) y que tiene por objeto reducir las emisiones de seis gases causantes del calentamiento global (dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₂) y óxido nitroso (N2O), y de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_e), en un porcentaje aproximado de un 5%, dentro del período que va desde el año 2008 al 2012, en comparación con las emisiones al año 1990. Por ejemplo, si la contaminación de estos gases en el año 1990 alcanzaba el 100%, al término del año 2012 deberá ser del 95%. Es preciso señalar que esto no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en un 5%, sino que éste es un porcentaje a nivel global y, por el contrario, cada país obligado por el Protocolo de Kioto tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir.

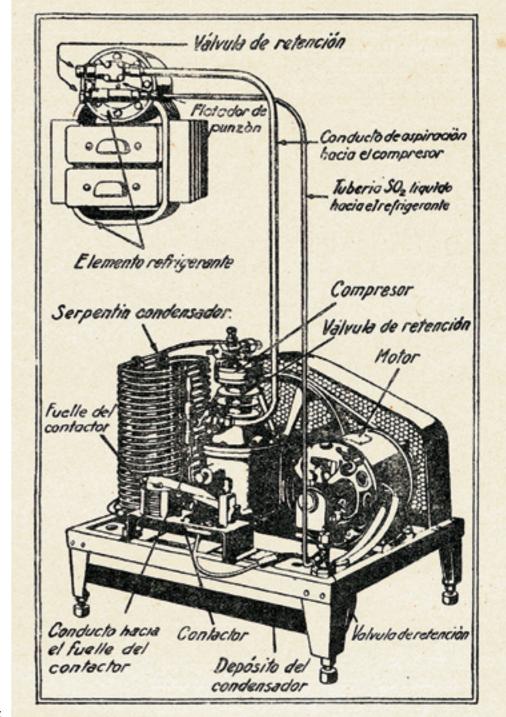
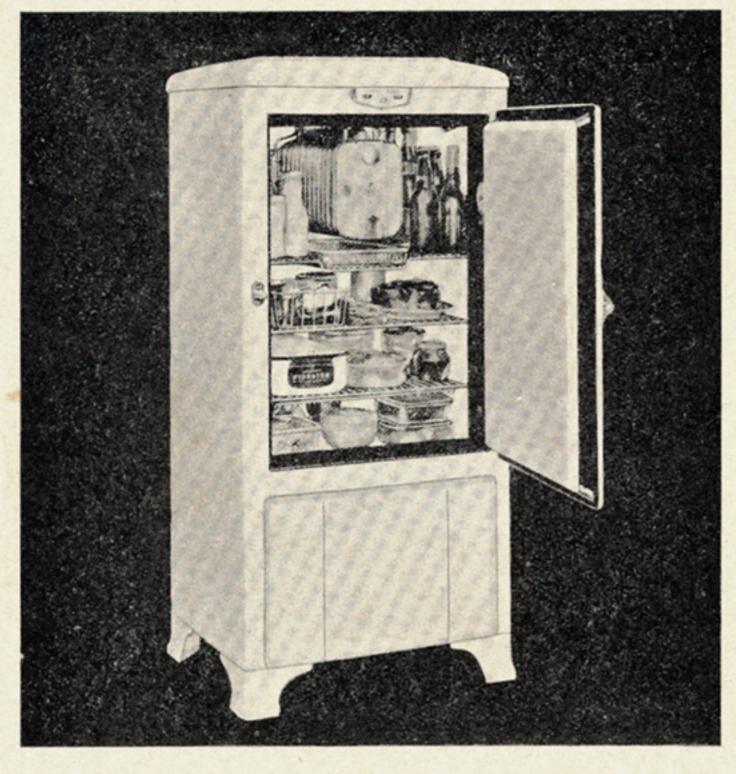


Fig. 142. — Croquis explicativo y detalle de los diferentes órganos de un refrigerador eléctrico de compresión.

^{*} Aprobado en Colombia (Ley 629 de 2000)



Las neveras son un invento relativamente nuevo. En un libro español de 1938 puede leerse lo siguiente: "La refrigeración eléctrica, esta conquista relativamente reciente de la técnica actual, empieza ya a despertar la atención del público de nuestro país, que hasta hace pocos años se mostraba reacio a la adopción de los aparatos a ellos destinados, y cuyo uso es, por otra parte, corriente en las naciones más adelantadas de nuestro orbe."

Aaravillas de la Ciencia

En ciudades como Popayán y Mérida, vecinas a los que fueran importantes nevados, existen heladerías famosas que comenzaron cuando el hielo se llevaba a lomo de mula desde los glaciares cercanos.

Manuel Vidal Españó, "Maravillas de la Ciencia" (José Montesó – Editor. 1937)

Fig. 145. — Tipo de refrigerador doméstico perfeccionado "Frigidaire"

6. El deterioro de la capa de ozono: alternativas y retos

La última vez que nos encontramos en este documento con la capa de ozono, vimos cómo, con su creación, la Vida misma generó las condiciones propicias para seguir evolucionando. Gracias a eso estamos aquí los seres humanos.

Durante un par de miles de millones de años, esa capa ha permanecido allá arriba, en la estratosfera, absorbiendo radiaciones UV y regenerándose de manera permanente a través del ya mencionado ciclo de ozono... hasta la década de los años 20 del siglo pasado, cuando inventamos unas sustancias llamadas clorofluorocarbonos o CFC y descubrimos que servían para reemplazar al amoniaco en las neveras y otros equipos de refrigeración.

Los CFC poseían, en su campo, todas las propiedades del agua bendita: no eran ni tóxicos ni inflamables, y presentaban una altísima estabilidad (resistencia a descomponerse). Hacia los años 60 sus aplicaciones se habían ampliado, entre otros usos, a la industria de envases, a la fabricación de espumas y plásticos, y a la fabricación de disolventes y limpiadores de componentes electrónicos. Las viviendas de muchas familias del mundo se llenaron de "envases de aerosol", que contenían desde pinturas y crema batida, hasta insecticidas, desodorantes y otros productos para el arreglo personal. Todas estas

actividades doblaban el consumo de CFC cada 7 años y para 1975 la industria consumía cerca de 800.000 toneladas de estas sustancias⁴¹.

En 1974 se descubrió que los CFC ascendían hasta la estratosfera y ocasionaban la formación de "agujeros" en la capa de ozono, lo cual, a su vez, se traducía en un notable incremento de las radiaciones UV que alcanzan a llegar a la superficie de la Tierra. Nos dimos cuenta, entonces, de que en pocas décadas, eso que llamamos "desarrollo" (de lo cual los aerosoles fueron un símbolo doméstico), estaba poniendo en peligro ese logro que les tomó tantísimos millones de años alcanzar a los seres vivos que nos antecedieron.

Por esa manía de los acrónimos (una forma grave de contaminación del lenguaje), esas sustancias comenzaron a identificarse como SAO (Sustancias Agotadoras de Ozono), a cada una de las cuales se le otorgó un valor PAO: Potencial de Agotamiento de Ozono. Al CFC-11, que es una sustancia que se utiliza para la fabricación de espumas, como el poliestireno y el poliuretano (comunmente utilizadas como aisladoras en neveras y casas), se le asignó un PAO igual a 1, similar al del CFC-12 utilizado en refrigeración. Otras sustancias, como el HALON 1301, utilizado en equipos extintores de incendios, poseen un PAO igual a10.

El reconocimiento de las graves implicaciones que genera el deterioro de la capa de ozono, llevó a 21 gobiernos del mundo a suscribir en 1985 el llamado "Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono" (aprobado en Colombia mediante Ley 30 de 1990), y en 1987 a comprometerse, mediante el "Protocolo de Montreal", a tomar medidas concretas para reducir y finalmente eliminar la producción de sustancias agotadoras del ozono. A Junio de 2008, 193 países, entre los cuales se encuentra Colombia, son signatarios de ese Protocolo, que se "ajusta" periódicamente con el objeto de acelerar los cronogramas de reducción y eliminación de esas sustancias y para restringir su comercialización, así como para incluir nuevas sustancias en la lista de las que deben ser sustituidas.

En 2007, por ejemplo, los países que forman parte del Protocolo de Montreal (aprobado en Colombia mediante Ley 29 de 1992) se comprometieron a anticipar en 10 años la eliminación total de los llamados hidroclorofluorocarburos o HCFC, sustancias "de transición" cuyo potencial de agotamiento del ozono es muy inferior al de los CFC (por ejemplo el PAO del llamado HCFC-22 es de apenas 0,055), pero cuyo Potencial de Calentamiento Global (PCG)⁴² es altísimo, unas mil veces superior al del gas carbónico.

En 1974, F. Sherwood Rowland y Mario Molina, químicos de la Universidad de California en Irvine, empezaron a preguntarse a dónde iban a parar los CFC una vez que todos aquellos refrigeradores y materiales se destruían, dado lo reacios que eran a combinarse con cualquier otro elemento. Al final concluyeron que los hasta entonces indestructibles CFC debian estar flotando en la estratosfera, donde por fin encontrarían la horma de su zapato en la forma de los potentes rayos ultravioleta; la subsiguiente matanza molecular liberaría cloro puro, un voraz devorador de átomos de oxígeno sueltos, cuya presencia mantiene a esos mismos rayos ultravioleta lejos de la superficie de la Tierra.

Nadie prestó demasiada atención a Rowland y Molina hasta 1985, cuando Joe Farman, un investigador inglés que participaba en una expedición en la Antártida, descubrió que allí faltaba parte del cielo: durante décadas, habíamos estado fundiendo nuestra pantalla ultravioleta a base de empaparla de cloro. Desde entonces, en un esfuerzo de cooperación internacional sin precedentes, los países de todo el mundo han tratado de sustituir los productos químicos que destruyen el ozono. Los resultados son alentadores, aunque todavía ambiguos: la destrucción del ozono se ha vuelto más lenta, pero a la vez ha proliferado un mercado negro de los CFC, y algunos de ellos siguen produciéndose todavía para "necesidades domésticas básicas" en los países en vías de desarrollo. Incluso los sustitutos que empleamos hoy día, los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), no son más que destructores de ozono algo más suaves, y está prevista también su propia sustitución, aunque no resulta fácil responder a la pregunta de con qué se van a sustituir estos.

Aparte del daño a la capa de ozono, tanto los HCFC, como los CFC y su sustituto más común, los hidrofluorcarbonos (o HFC)- tienen un potencial de acentuar el calentamiento global varias veces superior al del dióxido de carbono.

Alan Weisman "El Mundo sin Nosotros" (2007)



"En primer lugar es importante entender la definición del agujero de la capa de ozono; se dice que existe un agujero cuando la columna total de ozono es inferior a 220 unidades Dobson43. Se suele considerar el espesor de la columna total de ozono sobre la vertical de una zona, expresado en unidades Dobson, como el índice asociado a este problema. Este espesor total depende de la cantidad de ozono que se genera, la cantidad de ozono que se destruye y la cantidad de ozono que llega o abandona cada capa atmosférica debido a fenómenos de transporte.

El agujero es entonces la zona donde las mediciones de la concentración del ozono están por debajo del valor antes mencionado. Esta área ha ido creciendo año a año desde que se publicaron los primeros informes del avistamiento de este fenómeno en 1984 y sólo ha llegado a un punto de estabilización en los últimos años. Los agujeros más grandes se presentaron en el 2000 y en el 2006, con extensiones de 29,4 y 29,5 millones de kilómetros cuadrados. Para dimensionar más fácilmente el problema, el continente africano tiene 30,8 millones de kilómetros cuadrados; Colombia tiene 1,14 millones. El agujero en el 2006 tuvo un área casi 26 veces mayor. En la figura de abajo se representa el comportamiento del agujero de la capa de ozono en los últimos 25 años.

El agujero del año 2006 fue además el más profundo, con la pérdida de 40,8 millones de toneladas de ozono. La pérdida de ozono es la cantidad de ese gas que se necesita para volver al nivel mínimo de ozono de 220 unidades Dobson. Muestra de esta gran pérdida se pudo observar a ciertas altitudes, por ejemplo entre los 14 y los 21 kilómetros, donde desapareció totalmente el ozono y se obtuvieron concentraciones

tan bajas como 85 unidades Dobson en la columna total de ozono, hecho registrado el 8 de octubre de 2006 en una región al este de la Antártida.

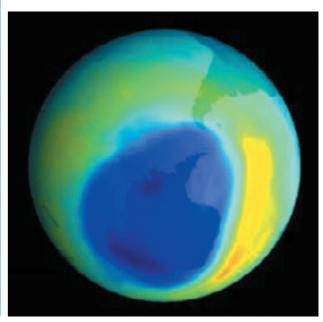
En la imagen del satélite de la NASA puede observarse el agujero de la capa de ozono en el año 2007, que corresponde a los colores azules y morados (zona por debajo de 220 unidades Dobson). Estos últimos muestran la zona con mayor pérdida.

En el año 2007 el agujero tuvo un área de 24,7 millones de kilómetros cuadrados, 30% menor que en el 2006. Éste ha sido el tercero más débil desde 1998, pues "sólo" hubo una pérdida de 27,7 millones de toneladas de 03. Solamente en los años 2002 y 2004 se han presentado pérdidas menores.

Del menor tamaño del agujero del 2007 no puede concluirse categóricamente que existe una tendencia hacia la recuperación, sino que la disminución en la pérdida de ozono estuvo relacionada con variaciones naturales de temperatura que se reflejaron en una estratosfera menos fría que en años anteriores, y a la dinámica atmosférica que condujo a que el agujero no estuviera tan centrado sobre el polo sur y permitió que se mezclara con aire más caliente".

"Ozono" Página 25

43. Las UNIDADES DOBSON (U.D.) se utilizan para medir el OZONO TOTAL y corresponden a una concentración atmosférica media de, aproximadamente, una parte por billón de volumen (1 ppbv). El OZONO TOTAL expresa la cantidad total de ozono contenido en la columna vertical de la atmósfera sobre la superficie de la Tierra. Otra medida relacionada con este gas es el PERFIL VERTICAL DEL OZONO, que indica las concentraciones de ozono en función de la altura o la presión. Los valores de OZONO TOTAL oscilan entre 200 a 500 U.D., con un valor medio mundial de 300 U.D. El PERFIL VERTICAL DEL OZONO se determina en diferentes niveles de altura y mide la presión parcial ejercida por el ozono. La unidad más usual es el milipascal.



Agujero de la capa de ozono sobre el Polo Sur. NASA Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio

¿Qué podemos hacer para protegernos de la incidencia de las radiaciones ultravioleta?

En una conferencia reciente en Cali, el médico dermatólogo Juan Guillermo Chalela hacía evidente algo que debería resultar obvio: las arrugas no son producto de la edad sino de la exposición al sol. "¿O cuándo han visto ustedes a alguien con las nalgas arrugadas?", le preguntaba a su auditorio.

El sol, al igual que el agua, es fuente de toda vida. Sin embargo, una relación indebida con uno y con otra, puede convertirse en desastre.

Las arrugas son un mal menor comparadas con enfermedades como el cáncer, que es una enfermedad maligna producida por la división y el crecimiento descontrolado de las células que la generan, y que puede invadir otras células y estructuras sanas que se encuentren a su alrededor o a más distancia.

El cáncer de piel es la forma más común de cáncer en el mundo. Aproximadamente uno de cada tres nuevos cánceres es un cáncer de piel. De acuerdo con la Sociedad Americana del Cáncer (ACS siglas en inglés), se detectan más de 500.000 casos nuevos al año y es la exposición a los rayos ultravioleta (UV), la mayor causa de esta enfermedad. Existen tres tipos principales de cáncer de piel: el carcinoma de células basales, el carcinoma de células escamosas y el melanoma⁴⁴.

Por eso debemos aprender a convivir pacíficamente con las radiaciones solares, especialmente ahora, mientras la capa de ozono se recupera del todo... y para eso todavía falta mucho tiempo.

- * Procure no exponerse al sol entre las 10 de la mañana y las cuatro de la tarde, y si lo hace, protéjase con el filtro y la vestimenta adecuada para su piel. Tenga en cuenta que diferentes superficies naturales (como el agua, la arena y la nieve) y artificiales (como láminas plásticas y de aluminio o las superficies de cemento), reflejan la radiación UV y aumentan el riesgo de sobre-exposición. Estar bajo sombrillas o carpas no garantiza protección contra los rayos solares. Evite las cámaras bronceadoras: la radiación UV artificial no está excenta de peligro y su uso reiterado sin control en tiempo e intensidad puede ocasionar los mismos problemas que la radicación solar natural.
- * En la infancia la protección solar es esencial. Está comprobado que la sobre-exposición a los rayos solares durante esta etapa de la vida, es una posible causa de cáncer de piel en edades posteriores. Proteja a los niños y niñas con vestimenta adecuada y protectores solares siempre que vayan a realizar actividades al aire libre (y no solamente cuando vayan al mar o a una piscina).
- * No todas las pieles tienen las mísmas características ni todos los filtros solares actúan y protejen de la misma manera. Infórmese sobre el "fototipo" que corresponde a su piel y elija el filtro solar con el "FPS" (Factor de Protección Solar) correcto. La aplicación de los filtros solares obedece a unas normas sencillas: aplicárselo unos minutos antes de la exposición solar

para permitir su absorción; extenderlo de manera uniforme y suficiente por todas las zonas de la piel que van a ser expuestas; reaplicarlo periódicamente, en especial después de cada inmersión en el agua, pues una sola aplicación no alcanza para todo el día. Tenga en cuenta que algunos medicamentos pueden incrementar la sensibilidad de la piel a los rayos del sol.

* Los Filtros solares son compuestos que se aplican sobre la piel y que contienen sustancias capaces de bloquear parcial o totalmente las radiaciones lumínicas. Existen dos tipos:

-Totales o físicos: como el óxido de zinc y el dióxido de titanio.

-Parciales o químicos: sustancias denominadas cinamatos, salicilatos, benzofenonas, y los esteres de PABA (forma abreviada de ácido paraaminobenzóico).

- * El grado de protección de un filtro se mide mediante el llamado factor de protección solar (FPS), que se expresa con un índice numérico que va desde 4 hasta máximos de 35 o más.
- * Las nubes no filtran las radiaciones solares en su totalidad, como tampoco lo hace el agua. El 80% de los rayos UV pueden pasar a través de las nubes, del agua o de las prendas de vestir de color claro y trama ligera. Los ojos deben protegerse con gafas con protección UV adecuada.
- * Ah, y algo muy sencillo: protéjase la cabeza y la cara con una buena gorra o con un buen sombrero.

Condensado de la revista "Ozono" y otras fuentes.



Relaciones y paradojas entre el calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono.

Entre estos dos procesos que con frecuencia se mencionan juntos, existen múltiples relaciones, como sucede entre todos los componentes del llamado "sistema climático", pero es importante aclarar que ni el calentamiento global es causado por el agujero de la capa de ozono, ni viceversa. Ninguno de los dos es causa directa del otro.

Los CFC, que son los principales destructores del ozono estratosférico, sí realizan un aporte importante al calentamiento de la troposfera. Una molécula de CFC-12, por ejemplo, tiene un potencial de calentamiento 10 mil veces superior al de una molécula de CO₂. Por eso la reducción o eliminación de estas sustancias, contribuirá de paso a la reducción del efecto invernadero y, en consecuencia, del calentamiento global.

Por otra parte, el calentamiento de la troposfera y el enfriamiento de la estratosfera, la capa situada encima de la primera, son dos procesos que ocurren de manera paralela: mientras la primera se calienta (como causa y efecto del cambio climático), la segunda se enfría.

¿Y por qué se enfría la estratosfera? Aparentemente, por dos razones: La primera, por la reducción de la capa de ozono, pues una de las funciones de este gas es absorber energía en forma de radiaciones UV, lo cual incrementa la temperatura de esa porción de la atmósfera donde se encuentra.

Menos ozono = menos absorción de energía = menos calor, o sea, más enfriamiento.

La segunda, porque en la medida en que los gases de efecto invernadero absorben la energía calórica que refleja el suelo e impiden que ésta salga de la troposfera (por eso causan calentamiento troposférico), menos calor le llega a la estratosfera desde abajo, lo cual contribuye a su enfriamiento⁴⁵.

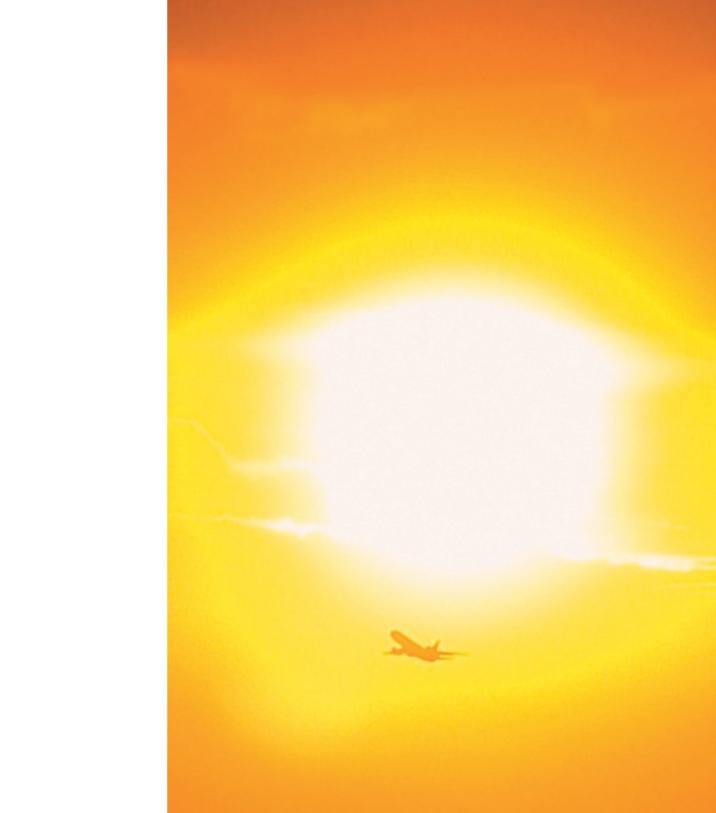
De acuerdo con algunos científicos de la NASA, existen otras interacciones, como las llamadas "ondas planetarias", que los científicos describen como gigantescas ondas atmosféricas causadas por elevaciones del terreno tales como los montes Himalaya, y que posiblemente amortiguan la formación de un agujero del ozono en el hemisferio norte. De acuerdo con esta teoría, a eso se debe que si bien la mayoría de los contaminantes que destruyen el ozono en el mundo provienen de la mitad norte de nuestro planeta, el agujero de ozono en la tierra se encuentra sobre el polo sur, no en el polo norte.

Esta diferencia entre el norte y el sur es el resultado indirecto de la manera desigual en que la tierra está distribuida en el Planeta. La mayor parte de la tierra del planeta y sus montañas más altas se encuentran en el hemisferio norte.

Las altas montañas y las fronteras entre el mar y la superficie terrestre se combinan para generar enormes ondulaciones en la atmósfera llamadas "olas de escala planetaria" (planetary-scale waves, en inglés), u "olas largas", y que producen el calentamiento del aire polar. Las olas de escala planetaria son tan enormes que algunas de ellas envuelven toda la tierra. A diferencia de las ondas acuáticas, que desplazan el agua hacia arriba y hacia abajo, las ondas planetarias mueven el aire hacia el norte y el sur mientras viajan alrededor de nuestro planeta. Estas ondas se forman en la troposfera (la parte más baja de la atmósfera) y se propagan hacia arriba, transfiriendo su energía a la estratosfera⁴⁶.

Sin embargo, advierten los mismos científicos, "un cambio en los patrones del clima podría deshacer el trabajo de estas olas y convertir la zona Ártica en el futuro, en un área con mayor incidencia de aqujeros de ozono."

^{45.} Ver ESPERE (Environmental Science Publisher for Everybody Round the Earth) en http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2__Ozono/-_El_gran_malentendido_351.html





¿Cómo podemos contribuir las personas comunes y corrientes a la protección de la capa de ozono?

Básicamente mediante el uso de los sustitutos amigables que reemplazan a los productos como los CFCs que destruyen la capa de ozono.

Renovar las neveras, los equipos de aire acondicionado y en general los sistemas de refrigeración que utilizan R-12, CFC-12 o clorofluorocarbonos (más conocidos con el nombre comercial de "freón"), por aquellos que usan sustancias inocuas para la capa de ozono.

Acudir a un técnico especializado y certificado cuando las neveras y los equipos de aire acondicionado requieran mantenimiento o reparación. Estas personas saben cómo evitar las fugas de gases a la atmósfera.

Contribuir con la vigilacia que realizan las autoridades con el fin de frenar la utilización de sustancias contaminantes.

Y sobre todo, buscar alternativas culturales al uso de sustancias nocivas: por ejemplo, ¿por qué utilizar crema de afeitar o desodorantes en aerosol cuando conseguimos los mismos productos en crema o en barra? ¿Para qué usar pinturas en aerosol cuando podemos aplicarlas con brocha? ¿O insecticidas en aerosol cuando podemos usar, entre otros medios, la pantufla?

¿Y cómo se justifica que nuestra cultura haya olvidado los sistemas de refrigeración pasiva que mantienen frescas las malocas indígenas o las construcciones tradicionales de los árabes, para entrar a depender compulsivamente de los equipos de aire acondicionado que consumen grandes cantidades de energía, ponen en riesgo la salud y utilizan sustancias que afectan la atmósfera?



ESTACIONES DE MONITOREO Y SIGNIFI-CADO DE LOS INFORMES DIARIOS

Las estaciones de monitoreo son instalaciones científicas con que cuentan las autoridades ambientales y los institutos de investigación, en las cuales toman datos sobre la concentración de determinadas sustancias en la atmósfera. La periodicidad con que se toman esos datos (por ejemplo: cada 10 minutos, cada hora, etc) depende de la sustancia que se mide y de las características de los equipos utilizados.

Los resultados de esas mediciones se expresan en términos de promedios anuales o diarios, e indican la cantidad de partículas que, en promedio, estaría "respirando" en ese determinado periodo de tiempo una persona parada al pié de la estación correspondiente.

7. La calidad del aire

Ya vimos cómo los seres vivos hemos coevolucionado, o sea, evolucionado conjuntamente con los distintos sistemas concatenados que conforman la Tierra, adecuándolos a nuestros requerimientos vitales y, en lo que a nosotros respecta, adaptándonos a las dinámicas y características cambiantes de esos mismos sistemas. La Vida del planeta es una sola y nosotros somos parte de ella.

Y también hemos visto que los seres humanos hemos introducido cambios en el planeta y particularmente en la atmósfera, que generan nuevas condiciones de existencia, a las cuales nosotros no estamos adaptados. La velocidad con que producimos impactos es mucho mayor que nuestra capacidad de adaptarnos a los efectos de los mismos.

Cuando hablamos de calidad del aire, nos referimos a la existencia en la atmósfera, y particularmente en la troposfera, que es realmente el océano de aire en que vivimos, de unas características energéticas, físicas y químicas que correspondan a nuestros requerimientos. Si fuéramos extremófilos nos nos importaría, por ejemplo, vivir en una atmósfera cargada de gases sulfurosos y veríamos la ausencia de los mismos como una pérdida de calidad del aire. Al igual que, cuando se llenó de oxígeno, la atmósfera perdió totalmente su calidad para los seres angeróbicos.

Desde el punto de vista humano, hablamos de "buena calidad" cuando las cantidades de energía (como ruido o temperatura) o de "sustancias conta-

minantes" presentes en el aire que respiramos, no superan determinados "niveles máximos permitidos" o "niveles máximos permisibles". Estos últimos indican las concentraciones a partir de las cuales la presencia de esas sustancias comienza a representar un peligro para la vida⁴⁷.

Las 20 REDES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE y las ESTACIONES MÓVILES que con el mismo objetivo existen en Colombia, miden de manera permanente la concentración en la atmósfera de material particulado (PM10 y PST), esto es, la mezcla de partículas sólidas y líquidas que se encuentran suspendidas en la atmósfera.

Esas partículas son emitidas desde la superficie o se forman en el aire, y se clasifican según su tamaño. Algunas son grandes y en consecuencia visibles, mientras otras son pequeñas y sólo pueden verse con un microscopio. Todo el conjunto de material suspendido recibe el nombre de "partículas suspendidas totales" (PST), mientras que por PM10 se designa el material particulado con tamaño característico inferior a 10 micras.

Las mencionadas estaciones miden también las concentraciones de ozono troposférico (03), óxidos de nitrógeno (NO2) y de azufre (SO2), y de monóxido de carbono (CO) presentes en la atmósfera.

La calidad del aire se determina teniendo en cuenta los niveles máximos permisibles para sustancias contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos como benceno, plomo y sus compues-

47. La Resolución 601 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, establece la "Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia", al igual que la adopción en el nivel nacional del "Protocolo del Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire". Por su parte la Resolución gog de 2008, establece las normas y es-

tos, cadmio, mercurio, hidrocarburos (expresados como metano), tolueno y vanadio; y se establecen umbrales para sustancias generadoras de "olores ofensivos".

Las conclusiones del IDEAM en su último informe sobre calidad del aire48, indican que "en general, el material particulado (PM10 y PST) es el contaminante que más deteriora la calidad del aire al superar los límites máximos permisibles tanto anuales como diarios en la mayoría de las redes de monitoreo que lo miden. Cabe mencionar que el ozono también alcanza concentraciones críticas en las redes en que es monitoreado, en especial, en zonas urbanas. Los óxidos de nitrógeno y de azufre en la mayoría de las redes se mantienen dentro de los límites permisibles, con excepción de algunas mediciones específicas, donde las concentraciones son bastante elevadas, fenómeno que se atribuye a eventos puntuales que pudiesen ocurrir cerca de la estación de monitoreo. Para el caso del CO, la mayoría de las concentraciones se mantienen dentro de los límites permisibles, pero al iqual que el 0, sus concentraciones más altas se presentan dentro de los centros urbanos, y algunas llegan a superar los límites máximos permisibles. [...]

En general, los diferentes contaminantes en Colombia han variado a través del tiempo, mostrando tendencias muy diferentes para cada contaminante, en ese sentido, la tendencia nacional para NO₂, O₃ y CO es a disminuir sus concentraciones, mientras que

tándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y dicta otras disposiciones al respecto.

48. IDEAM, "Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire" (Bogotá, 2007)



las concentraciones de PST tienden a aumentar. De modo particular el SO_2 y el NO_2 son los contaminantes que tienen las concentraciones más bajas con respecto a los niveles máximos anuales. Tomando como base la concentración nacional en 2003, en el caso del SO_2 las concentraciones han aumentado en un 40%: pasan de 4,44 a 12,39 ppb (partes por billón), mientras que el NO_2 presenta una reducción del 19% que pasa de 15.08 a 12,15 ppb."

En la Introducción a este texto mencionamos que, diariamente, pasan por nuestro interior entre 5.760 y 11.520 litros de aire, dependiendo del tamaño de nuestros pulmones. La calidad de nuestra vida, en consecuencia, está estrechamente ligada a la calidad del aire en que permanecemos sumergidos. ¡Qué tal, entonces, que encima de todo le agreguemos humo de cigarrillo a ese aire, ya sea porque nosotros fumemos o porque nos fumen encima!

De acuerdo con un informe de la Organización Mundial de la Salud

"El tabaco es la segunda causa principal de mortalidad en el mundo. Actualmente provoca una de cada 10 defunciones de adultos en todo el mundo (unos 5 millones de defunciones por año). De mantenerse las pautas actuales de tabaquismo, el consumo de tabaco provocará unos 10 millones de defunciones por año para 2020. La mitad de las personas que en la actualidad fuman, o sea unos 650 millones de personas, morirán a causa del tabaco. [...] El tabaco es el único

producto de consumo legal que mata entre un tercio y la mitad de sus consumidores, cuando es usado como lo indican sus fabricantes. Estas muertes prematuras acortan la vida, en promedio, en unos 15 años.

De los cerca de 1.800 millones de jóvenes (10 a 24 años) del mundo, 85% de ellos viven en países en desarrollo. Al haber sobrevivido al vulnerable periodo de la niñez, suelen estar generalmente sanos.

Sin embargo, mientras la industria tabacalera intensifica sus esfuerzos para captar a los jóvenes, potenciales consumidores de tabaco de por vida, la salud de un porcentaje importante de la juventud del mundo está seriamente amenazada por sus mortales productos.

La nicotina es un producto altamente adictivo, y su experimentación durante la niñez y la adolescencia puede llevar fácilmente a toda una vida de dependencia al tabaco."

http://www.who.int/tobacco/ wntd/2008/es/index.html





La Paz, Bolivia

Recordemos que el artículo 79 de la Constitución Nacional consagra que "todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo", y que "Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines."

LLUVIA ÁCIDA

Cuando en la atmósfera se producen grandes concentraciones de óxido de nitrógeno y dióxido de azufre, estas sustancias se combinan con el vapor de agua y se precipitan en forma de ácidos nítricos y ácido sulfúrico. Mejor dicho: como si lloviera agua de batería.

Al lado de las fumarolas y los géiseres volcánicos se produce lluvia ácida como consecuencia natural de la presencia de los gases que emiten los volcanes. En las zonas industriales, en las concentraciones urbanas y en las vecindades de las plantas generadoras de energía que utilizan com-

bustibles fósiles, la lluvia ácida es el resultado de la contaminación antrópica o de origen humano.

Este fenómeno se denomina lluvia ácida debido a que el pH del agua que cae del cielo en forma de lluvia, granizo, nieve, rocío, etc., es inferior a 5.65, que es el pH de la lluvia normal (mientras más bajo el pH, más acidez de la sustancia).

Debido a que el viento traslada la humedad y las nubes, los efectos de la lluvia ácida pueden manifestarse a muchos kilómetros de distancia del lugar donde se genera.

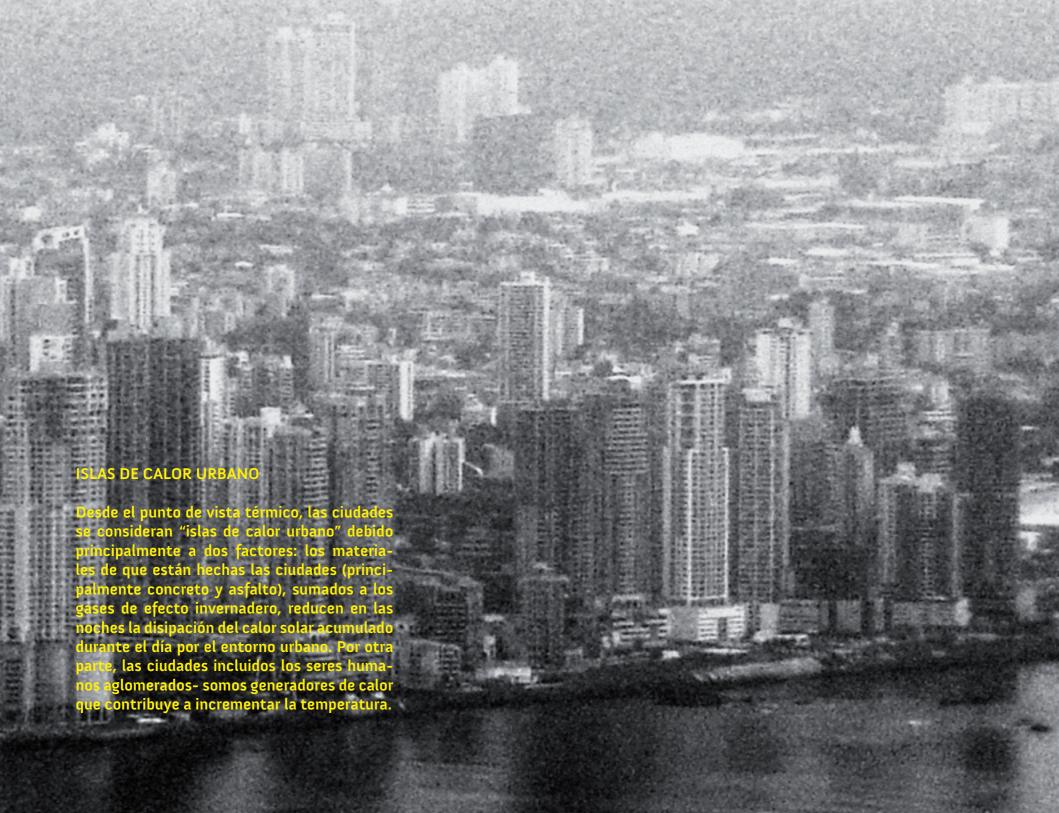
LA INVERSIÓN TÉRMICA

Normalmente en la troposfera (la capa de la atmósfera más cercana al suelo), la temperatura del aire se hace más fría a medida que se asciende desde el nivel del mar hacia arriba. Como los gases contaminantes que se producen en la superficie son más calientes (y en consecuencia menos densos) que el aire circundante, suben como un globo de helio hacia las partes más altas de la troposfera.

a determinadas circunstancias, ligadas a las noches despejadas y con poco viento, puede ocurrir que el suelo y el aire adyacente, cargado de gases contaminantes, se enfrien más rápidamente que el aire de las capas superiores, que permanece más caliente y menos denso. Como el aire y los gases más fríos son más densos, no pueden ascender y permanencen "pegados" a las capas bajas de la troposfera.

El fenómeno dura hasta que el calor del sol calienta el suelo y vuelve a poner las densidades en orden.





REFLEXIONES FINALES

Mientras se escriben los últimos renglones de este cuaderno, el Caribe y las costas mexicanas sobre el Pacífico sufren los efectos de la temporada de huracanes 2008 y el planeta entero se encuentra sumido en una crisis financiera global sin precedentes en la historia. Las evidencias de que el cambio climático constituye una realidad incontrovertible se nos meten en las casas. En distintas regiones del territorio colombiano aparecen fenómenos, como los vendavales, que nos toman por sorpresa, mientras otros, como los desastres provocados por la temporada invernal en el Bajo Magdalena, la Depresión Momposina y la costa Caribe, o los deslizamientos en la región andina, ocupan nuevamente, como año tras año, los noticieros de radio y de televisión y los titulares de la prensa escrita. Cada vez, sin embargo, esos desastres parecen ser más graves, porque cada vez hay más gente viviendo en condiciones de riesgo. En ciudades como Bogotá, las enfermedades respiratorias constituyen la principal causa de mortalidad de niños y niñas menores de 5 años.

La afirmación de que el mundo está cambiando de manera radical y acelerada ha dejado de ser una frase retórica, para convertirse en una vivencia cotidiana que, más temprano que tarde y de una u otra manera, nos está afectando a todos los habitantes de la Tierra.

El llamado cambio global no se refiere solamente a las transformaciones atmosféricas vinculadas al cambio climático sino que también nos obliga a mirar con otros ojos eso que llamamos "desarrollo".

Con frecuencia oímos hablar que hay que hacer esfuerzos máximos para "salvar el planeta", cuando en realidad el planeta se salva por sí solo, sin necesidad de nosotros. Lo que de verdad debemos salvar es la posibilidad de nuestra especie humana de continuar formando parte de la Tierra (posibilidad que, por ejemplo, ya no tienen los niños que se mueren de enfermedades respiratorias antes de cumplir los 5 años).

Esa posibilidad va a depender, en gran medida, de que seamos capaces de restablecer los diálogos cortados entre las comunidades humanas y esa Naturaleza de la cual, seamos conscientes o no, formamos parte. Naturaleza que se expresa en los sistemas concatenados que hemos intentado entender en estas páginas, uno de los cuales es la atmósfera, "ese océano de aire en que vivimos" y que diariamente se nos mete en el cuerpo. Sistemas concatenados a los cuales hay que agregarles el sistema financiero, la economía globalizada, que también se nos mete en los bolsillos y en las casas.

A pesar de la innegable gravedad de los problemas que afectan a la humanidad y a los cuales no se escapa Colombia, llegamos al final de este libro con un mensaje de esperanza: en el fondo, los seres humanos somos expresiones concretas y tangibles de la Vida terrestre, de esa "Voluntad de Vida" de la que una vez hablara Albert Schweitzer, como fundamento de la Ética.

Si logramos poner el desarrollo al servicio de la Voluntad de Vida, habremos avanzado pasos importantes en el reto de nuestra permanencia en la Tierra. Esperamos que este cuaderno contribuya, al menos un poquito, a aclarar el camino.



BIBLIOGRAFÍA

- IDEAM. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTU-DIOS AMBIENTALES. Colombia. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá D.C., 2001.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITO-RIAL y WILCHES-CHAUX, GUSTAVO. Brújula, bastón y lámpara para trasegar los caminos de la educación ambiental. Bogotá, 2006.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO PNUD. Informe sobre Desarrollo Humano 2007 200g. La lucha contra el cambio climático: solidaridad frente a un mundo dividido. Nueva York, 2007.
- 4. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE PNUMA. Acción Ozono Programa Acción Ozono bajo la égida del Fondo Multilateral. Publicación trimestral de PNUMA DTIE. Número 43. Nairobi, Kenia: Diciembre de 2002.
- 5. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE PNUMA. Manual de los tratados internacional para la Protección de la Capa de Ozono. Convenio de Viena (1985). Protocolo de Montreal (1987). Cuarta Edición (1996). Secretaría del Ozono. Kenia, 1996. 312 páginas.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE PNUMA. Protocolo de Montreal: Normatividad y acuerdos internacionales. Fondo de Cooperación Multilateral. Méjico, Agosto de 2000.
- 7. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE PNUMA. United Nations Environmental Program.
 Protecting The Ozone Layer Refrigerants, Volume I. UNEP.1992.
- UNIDAD TECNICA OZONO UTO, MAVDT. Manual Nacional para Capacitación en el Control del Comercio de SAO, Colombia. 2003.
- g. UNIDAD TECNICA OZONO UTO, MAVDT. Manual de Buenas Prácticas en Refrigeración, Colombia. 2005.
- UNIDAD TECNICA OZONO UTO, MAVDT. Cartilla "El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por competencias laborales". Bogotá, 2007.
- UNIDAD TECNICA OZONO UTO, MAVDT. Revista Ozono. Bogotá, 2007.
- WILCHES-CHAUX, GUSTAVO. ¿Qu-ENOS pasa?. Guía de La Red para la gestión radical de riesgos asociados con el fenómeno ENOS. Publicación LA RED, IAI, Oxfam. Bogotá, 2007.
- 13. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Scientific assessment of Ozone depletion: 1994. Global Ozone Research and Monitoring Project Report No. 37. Geneva, Switzerland: Febrero de 1995. UTO-0025 No.37. 1400 páginas.

PAGINAS DE INTERNET

www.earthobservatory.nasa.gov
www.theozonohole.com
www.cancerpiel.com
http://www.comminit.com/es/mainpage/549
www.ideam.gov.co
www.incancerologia.gov.co/revista
www.minambiente.gov.co
www.unep.org/ozone
www.unfccc.de
www.wmo.ch/ Organización Meteorológica Mundial
www.worldviewofglobalwarming.org
Http://enosaquiwilches.blogspot.com



