

METEOROLOGÍA  
MUNDIAL  
1986

# Sequía, variación climática y desertificación

MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO  
Y COMUNICACIONES

**INM** INSTITUTO  
NACIONAL  
DE METEOROLOGÍA

5 DEL I.M.M. IMPRIME: GRAFICAS ESCOBAR & CRUZ

INM

A 116

DISEÑO: J. M. GARCÍA

AEMET-BIBLIOTECA



1001930

R.º 1.342/F

Sig M83+M85.53+M77.38=60

CB 1001930

MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO  
Y COMUNICACIONES

**INM** INSTITUTO  
NACIONAL  
DE METEOROLOGIA

PUBLICACION  
A - 116

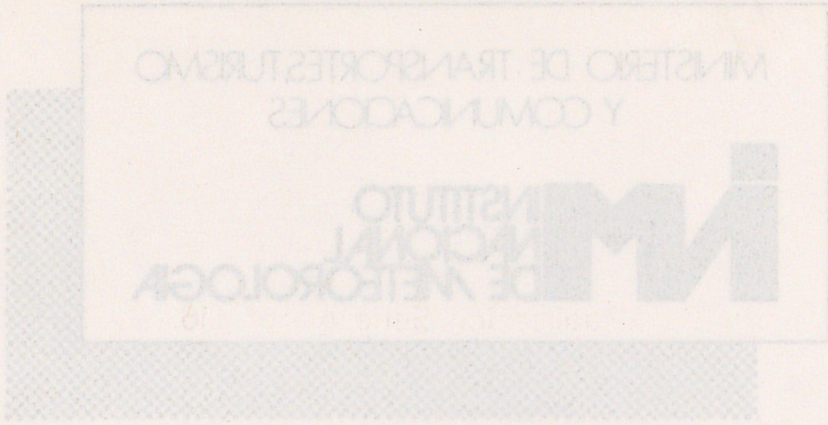
# Variaciones climáticas, sequía y desertificación

Alberto Linés Escardó

26 FEB. 1987

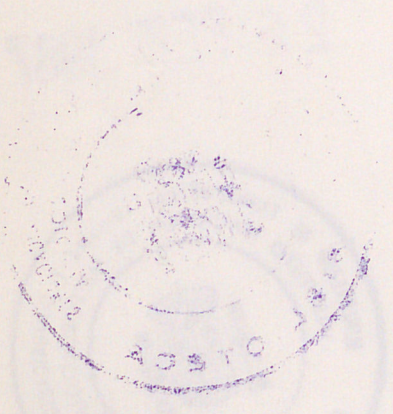


MADRID - 1986



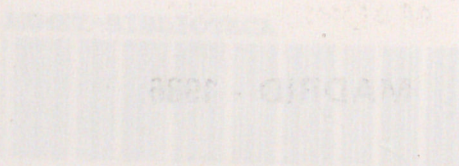
# Variaciones climáticas sequia y desertificación

Alberto Lirio Escudé



D. L.: M-9081-1986

Imprime: Artes Gráficas Cruz, S. A.  
Matilde Hernández, 36  
28019 Madrid



Publicación Serie A - nº 116

# Variaciones climáticas, sequía y desertificación

por

Alberto Linés Escardó  
Meteorólogo



MADRID - 1986

Manejo del Protocolo A.O.P. Gase

Secretaría de Estado de Medio Ambiente

Publicación Serie A - nº 118

El factor climático en el cambio de la

# Variaciones climáticas segura y desertificación

por

Albano Lina Escobar

Meteorólogo



MADRID - 1988

## **VARIACIONES CLIMATICAS, SEQUIA Y DESERTIFICACION**

Desde hace tiempo, y sería difícil el precisar cuanto, se mantiene la polémica acerca de los cambios climáticos y la incidencia en los mismos de las acciones del hombre. Los avances tecnológicos por lo regular han planteado interrogantes acerca de su transcendencia al medio. Por sólo citar algunos casos, podríamos hablar de las discusiones que hace sólo un siglo levantó el ferrocarril; también hace cuatro decenios, coincidentes con acusadas alteraciones meteorológicas, se dividieron las opiniones acerca de la repercusión de las pruebas nucleares en la atmósfera. En años más recientes, en España ha habido dos períodos de muy acusada sequía, en los cuales también se enfrentaron las opiniones acerca de si realmente nos encontrábamos en una fase de mutaciones climáticas, o tan sólo frente a fluctuaciones puramente normales.

### **CAMBIOS CLIMATICOS**

Nos atreveríamos a afirmar que tal polémica ya no tiene sentido. El mismo hecho de que la Organización Meteorológica Mundial, haya seleccionado para este año el tema «Las variaciones climáticas, la sequía y la desertización», ya es de por sí suficientemente elocuente. Existe una conciencia mundial en los ambientes científicos, de que nos encontramos ante cambios climáticos cada vez más agobiantes. Ciertamente que al hablar de variaciones climáticas es preciso ponerse de acuerdo acerca del intervalo cronológico a que nos referimos. En plazos muy largos, habrán de tenerse muy en cuenta factores ajenos al sistema tierra-atmósfera. Lo que parece comprobado es que variaciones climáticas aparecen en todas las escalas de tiempo, y además, en una u otra forma, podríamos decir que las ha habido siempre. Las más acusadas, han te-

nido una decisiva importancia en cambios sociales, políticos y económicos. El clima regula nuestra forma de vida: lo que comemos, lo que vestimos, nuestras costumbres. Amplísimas áreas del mundo, en la actualidad aparecen como muy vulnerables, quizá más que en otras épocas, a los cambios climáticos y de ahí que tales cambios sean cada vez más preocupantes.

En los últimos decenios, algunos de ellos han convulsionado a las sociedades humanas. En Africa, la sequía del Sahel, entre 1968 y 1973, arruinó de modo especial a seis naciones y fué un acontecimiento que atrajo la atención mundial más que otros, muy relevantes en aquellos años. Además se produjo un hecho un tanto excepcional: el desierto avanzó al Sur, no hacia el Norte, tal como había sido una constante en los siglos anteriores. En fechas más recientes, una terrible sequía ha asolado a buena parte de Etiopía, Sudán y otros países.

En el Noreste del Brasil a partir de 1958 se han producido terribles sequías, mientras que en el Sur de aquella gran nación se han repetido olas de frío, antes casi desconocidas. Pero acaso, a escala planetaria, el hecho más sobresaliente ha sido la denominada Oscilación Austral, y el sorprendente fenómeno El Niño. Como es sabido, una corriente marina de procedencia austral baña las costas princiamente de Perú, Ecuador y Colombia. Por ser fría, y por tanto tener el agua una densidad relativamente alta, lleva en suspensión ricos principios nutritivos que facilitan normalmente excelentes explotaciones pesqueras. Sin embargo, en el último decenio se han producido cambios en esta corriente, al ser reemplazada por masas de agua cálidas, procedentes del Pacífico ecuatorial, casi estériles, con efectos desastrosos para la pesca. A la vez, esas corrientes crean fuertes contrastes térmicos que han dado lugar a lluvias torrenciales en amplias áreas costeras. Entre 1982 y 1983 el fenómeno alcanzó enormes proporciones y se extendió por América del Norte, Australia, Indonesia y aún Eurasia. Este fenómeno oceánico aparece asociado con profundos cambios a gran escala de los grandes sistemas barométricos, y por tanto, de la circulación general atmosférica.

Sería interminable el relacionar las anormalidades climáticas más destacables si en vez de hablar de los últimos decenios, nos refirieramos a los últimos siglos. Podríamos hacer mención, en forma muy esquemática, a lo sucedido en España, donde sin duda, se ha dado un proceso de progresiva aridificación. Hoy nuestro clima, en amplias áreas es

más seco que hace algunos siglos, y el paisaje ha cambiado profundamente. Nos lo dice la toponimia, llena de alusiones a paisajes plétóricos de verdor que hablan de olmedos, cerezos, higueras, fresnos, hayas, en lugares que hoy son auténticos secarrales. Nos lo dice la Historia y la Literatura; por sólo citar un testimonio, nos referiremos a El Quijote, donde se enumeran cinco especies de árboles, entre ellas el haya, y no se habla del pino. El haya ha desaparecido de La Mancha, y nadie allí imaginaría hoy un hayedo, que precisa 800 mm anuales de precipitación, donde a duras penas se llega a los 400. Hay otra razón más para suponer que en estos últimos siglos se han producido mutaciones climáticas, y es la evolución de nuestra población. A mediados del siglo XVI se calculaba había en España unos 7,4 millones de habitantes; 6,2 millones correspondían a Castilla y tan sólo 1,2 millones al resto, de ellos tan sólo 200.000 a Aragón. Es decir el 84 por ciento de la población se encontraba en el interior, lo cual hoy no resulta fácilmente imaginable. A partir del siglo XVII, hay un incesante éxodo hacia la periferia, que pudo haber coincidido con la desecación del interior. Trasladadas estas cifras proporcionalmente a la población actual, cerremos los ojos y lancemos nuestra imaginación y pensemos que hoy se asentaran, con el actual nivel de vida, 30 millones de españoles en los que fué Castilla. Así, Valladolid, Medina, Burgos, Avila, Segovia, Toledo, Zamora y Toro y otras capitales, serían millonarias en habitantes; muchos pueblos que apenas llegan a los 5.000 habitantes excederían los 50.000. Estas urbes habrían de enclavarse en un paisaje rabiosamente verde, alternando cultivos intensivos y espesos bosques. Algo así como la actual Alemania o el Norte de Francia. Si abrimos otra vez los ojos, vemos el drama de nuestra España árida, tan lejana de aquella época en que una ardilla podía llegar del Pirineo a Gibraltar sin pisar el suelo.

Resulta en extremo interesante leer el relato de la climatología de Berberia que, en 1582, hace el geógrafo italiano Giovan Lioni. Así, describe cómo en latitudes de 30 a 35° N se recogen los melocotones al empezar octubre, en noviembre la oliva, pero no como en Europa, porque los árboles son tan altos, en algunos lugares, que no se pueden usar escaleras. Enero es menos frío que diciembre, febrero variable, *“ma fociente in un giorno el tempo far cinque o sei volte mutatione”*. En marzo los ponientes vendavales, la tramontana, quizá al Sur del Atlas. Los primeros frutos maduros al final de mayo. Los melones en julio, y si llueve en septiembre, la uva se ha de utilizar para vino. Esta descripción viene a coincidir con tipos de clima mediterráneo en latitudes superio-

res a los 40° N; es decir, da la sensación de que en cuatro siglos, los esquemas de la circulación prevaleciente en el Sur de Europa se han desplazado hacia el Norte, de cinco a diez grados.

En Canarias parece que el proceso de aridificación fué más lento que en el Continente. Plinio nos cuenta que Juba II, rey de Mauritania, viaja en el siglo I al granero del Norte de Africa, a Herbania, hoy Fuerteventura, a comprar trigo. Ello supondría unos 500 mm de precipitación donde hoy apenas exceden los cien. Es decir, habría períodos en que Las Canarias quedarían batidas por los vientos húmedos del Oeste, asociados con los frentes de lluvias. Ello concuerda con los datos pretéritos evaluados para el Norte de Africa por Sawyer y Brooks; según dichos autores, en el siglo I la frecuencia de los vientos del S, SW y W sería del 63% frente a sólo el 15% en la actualidad. Los datos de Hallerman son bastante aproximados a los de Sawyer y Brooks.

Hasta el siglo XVII, según la Historia de López Ulloa, en Las Canarias abundaba el agua. De Gran Canaria, todos los relatos hablan de mucha y buena agua. En Las Palmas el caudaloso Güiniguada cruzaba el centro de la ciudad. En Gomera había mucha agua, en cambio, escasa en Hierro, pero en esta Isla eran abundantes los pastos y ganados; los autores se refieren a un singular método de retención del rocío en ciertos árboles en cantidad tal, que permitía a los naturales disponer de agua suficiente para sus necesidades. Sin embargo, antes de finalizar el siglo XVII, se aprecian síntomas de aridez; en Gran Canaria clarean los bosques, desaparecen hayas y brezos, todo ello asociado con necesidades de tierra de cultivo y de madera para la construcción. En el siglo XIX se acelera la desecación de Canarias. La última vez que las aguas se llevaron el puente de Güiniguada fué en 1793; en los 110 años anteriores, por seis veces.

## **DESERTIZACION Y SEQUIA**

Vamos a hacer algunas puntualizaciones relativas al concepto de desertización y su relación con la sequía. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertización, en 1977, se dió la siguiente definición: «*La desertización es un proceso de degradación ecológica por el cual la tierra productiva pierde la totalidad o parte de su potencial de producción*».

Este fenómeno se puede dar hasta en tierras de regadío que pierden su capacidad de producción, a consecuencia de anegación o salinización; el exceso de pastoreo, excesos en la utilización de la tierra hasta quedar esquilada, la tala irracional o el incendio de bosques, pueden acelerar la desertización.

Las causas que originan la desertización son complejas, y como acertadamente apunta Obasi, Secretario General de la OMM, la primera pregunta que habría que contestar es si la desertización está causada por períodos temporales de sequía, o constituyen una manifestación de una tendencia climática de la aridez, o bien es el resultado de actividades humanas. El mismo autor se da la respuesta, cuando afirma que la contestación más sencilla es que la desertización es consecuencia de los tres factores.

Según la OMM, cada año se pierden totalmente unos seis millones de hectáreas, por desertización, y en más de 20 la productividad se acerca a ser casi nula. Lo peor del caso es que entre 1977 y 1983, estas cifras todavía resultaron más altas.

Las causas de la desertización pueden ser naturales o artificiales. Un factor natural puede ser la sequía, aunque por si sólo, puede no llevar a la desertización. En general, es un gran factor coadyuvante. A veces las mutaciones climáticas se presentan en forma de una desfavorable distribución de las lluvias, que disminuyen en forma alarmante en una región y aparece la sequía, que puede traer fácilmente la desertización, pero es un fenómeno complejo que va más allá de la simple carencia del agua, puesto que añade el proceso por el cual el suelo se hace estéril. El Dr. White, Presidente de la Academia Nacional de Ingeniería de USA, comentaba acerca de este punto: *«Una de las grandes lecciones que hemos aprendido de los estudios sobre la degradación de las condiciones en la región sudanosaheliana de Africa, es que la manera en que los seres humanos y los animales utilizan la tierra, tiene tanto que ver en la esterilización del medio como la sequía.»*

En cualquier caso, las sequías periódicas constituyen una de las causas principales de la desertización. Al hacerse débil, por la sequedad, la capa vegetal, puede desaparecer por uso irracional del suelo, o bien por causa de un ganado hambriento, que es capaz de devorarlo todo mientras exista un pozo con agua.

La desertización es un proceso gradual, unas veces lento y otras no tanto. Por lo regular, incluye estas tres fases:

- Una reducción de vegetación y la aparición de zonas peladas en la estación seca. Al final, la vegetación tan sólo se reduce a manchas verdes aisladas o matorrales.
- Una pérdida o desaparición de árboles de hoja perenne.
- Un aumento de la capacidad de reflexión de la radiación solar del suelo, es decir, un crecimiento del albedo.
- Una erosión, sobre todo eólica, del suelo, desapareciendo la capa orgánica que se oxida fácilmente. De haber posteriormente lluvias torrenciales, se encargan de lavar el suelo de los residuos orgánicos, con lo que se consuma la desertización.
- Una última fase, puede ser la formación y avance de las dunas que pueden alcanzar y aridificar zonas vecinas todavía productivas.

De ello se desprende que una tarea principal está en defender la capa vegetal, los árboles y arbustos más resistentes a la sequía, y la protección en lo posible de la capa orgánica. Esto es más fácil cuando hay humedad, y lógicamente más difícil, en épocas de penuria pluviométrica.

Son muchos los autores que opinan que el desierto no avanza; lo que progresa es la desertización, es decir, la esterilidad del suelo, propiciada por su mal uso, sobre todo en épocas de hambre, tanto para el ganado como para el hombre. En las regiones semiáridas, la capacidad de la tierra es insuficiente para mantener una ganadería muchas veces sobredimensionada, que ejerce una fuerte presión sobre los limitados recursos del suelo hasta agotarlos.

## **DESERTIZACION: PROBLEMA REGIONAL O GLOBAL**

No hay duda que a escala regional, la desertización amenaza también a las áreas adyacentes. Las zonas desertizadas sahelianas son un serio peligro para la sabana africana fronteriza por su flanco meridional, y quien sabe si también pone en peligro a la selva ecuatorial. Lo

que parece también probable es que las talas en dichos bosques inciden en la aridificación del continente.

Muchos se plantean el interrogante acerca de si la desertización actual en las tierras áridas, a la larga puede comprometer el clima a escala planetaria. Hay razones que apuntan en tal sentido, y sin necesidad de llegar a un determinismo extremado. El ecosistema tierra-atmósfera es un todo equilibrado, y las alteraciones significativas cuando menos en los balances de radiación, son capaces de alterar los mecanismos de la circulación general atmosférica. De ahí que la OMM trata por todos los medios —y uno de ellos es la celebración de este Día Mundial— de crear conciencia de que la desertización es un problema de todos, es de alcance planetario. Por ello las Naciones Unidas están desarrollando el Programa Mundial para el Medio Ambiente, a raíz de la conferencia de las Naciones Unidas para la Desertización, celebrada hace siete años. El tema está íntimamente relacionado con el hambre en el mundo. Se calcula que actualmente hay más de 850 millones de personas afectadas directa y gravemente por el problema de la desertización, y podrá aumentar, hasta los 1.200 millones en el año 2.000, de seguir las cosas como hasta ahora.

Surge inmediatamente otra cuestión: saber si la desertización es o no un proceso irreversible. Hay que decir que tecnológicamente es perfectamente posible detenerla, y aún hacerla retroceder. Según calcula Tolba, Director del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, harían falta unos 4.500 millones de dólares anuales, durante varios años, para detener la esteridad del planeta. Sólo se dispone en la actualidad de poco más de la mitad. Conviene tener en cuenta que, tan sólo en un año, la pérdida de productividad de la tierra puede evaluarse en unos 26.000 millones de dólares. ¿Por qué razón no ha de hacer la comunidad internacional el esfuerzo que falta?

El propio Dr. Tolba, con un tanto de ironía, encuentra una de las razones más poderosas: la lucha contra la desertización es lenta, muy lenta; los resultados se verán dentro de ocho, diez, veinte años. Y los gobiernos quieren gastar el dinero de erario público en proyectos con resultados a corto plazo, efectivos, cuyos frutos los pueda palpar la mano donante.

Quiero pensar que quizá en estos momentos, en muchos lugares

del mundo con ocasión del Día Mundial de la Meteorología, habrá quedado esta misma idea flotando en el aire.

Los planes para combatir la desertización abarcan muchos aspectos, tales como, la planificación del uso de la tierra, estudio cuidadoso de los regadíos para evitar la salinización; cultivo de plantas, árboles y arbustos adecuados a las condiciones del clima; tratamiento de tierras, enseñanza y sobre todo, creación de una conciencia pública del problema.

## **LA ACCION DEL HOMBRE EN EL CLIMA Y EN LA DESERTIZACION**

A lo largo de nuestra exposición, de una u otra forma, varias veces hemos tocado siquiera tangencialmente, el tema de la acción del hombre en el medio ecológico. Hoy, no se puede dudar racionalmente acerca de la importancia del hombre en los cambios climáticos y en la desertización.

En la actualidad hay una gran cantidad de sustancias en la atmósfera que anteriormente no estuvieron presentes: humos, gases, partículas procedentes de centros industriales, aerosoles, ciertos derivados de los fertilizantes y pesticidas. Incluso podríamos decir que están prácticamente excitadas todas las frecuencias del espectro de las ondas hertizianas, cosa que no sucedía hace un siglo, sin que se sepa a ciencia cierta si tal hecho puede tener incidencia en el clima o en los seres vivos.

Además cada día se liberan cantidades enormes de energía; se modifica profundamente la superficie terrestre, con lo cual se hace cambiar considerablemente su albedo. Se ha transformado el curso de los ríos, y comunicado por canales grandes masas de agua; han aparecido lagos artificiales y otros se han desecado. Pero acaso lo más trascendente ha sido la modificación química de la atmósfera, y la alteración de la capa vegetal terrestre, debido tanto a causas naturales como antropogénicas.

En cuanto a la alteración en la composición de la atmósfera, la contaminación por diferentes agentes es de la mayor importancia por las repercusiones en el balance de radiación y en la interacción superficie terrestre-atmósfera. Vamos a fijarnos únicamente en dos aspectos:

el relativo al incremento de dióxido de carbono y al deterioro de la capa de ozono.

El dióxido de carbono, gas incoloro, sin olor, no venenoso, se produce en todas las oxidaciones, tanto rápidas como lentas, tales como las oxidaciones orgánicas. Por la respiración de los seres vivos y en todas las combustiones se produce en gran cantidad, y es eliminado mediante fotosíntesis por la función clorofílica, de manera que el carbono existente en la atmósfera se fija en la superficie terrestre. Otra forma mucho más lenta de eliminación es mediante la formación de compuestos carbonatados, bien terrestres, o en las masas marinas en forma de carbonatos insolubles o en caparazones de crustáceos o moluscos. El gran problema es el crecimiento incontrolado del gas carbónico en la atmósfera. El océano lo disuelve muy lentamente. Tiempo atrás se pensaba, erróneamente, que el mar podía absorber indefinidamente todo excedente de gas carbónico atmosférico. Hoy se piensa de otra manera, y se cree que los océanos, por si solos pueden únicamente resolver en parte el problema de las enormes masas de gas carbónico que continuamente se producen en el mundo. Además, el carbono que pasa al océano es casi irrecuperable.

De la radiación solar incidente, una parte la absorbe el terreno y la emite en onda larga, capaz de caldear la atmósfera; esa misma atmósfera, radia a su vez, con lo cual, se tiende a crear un equilibrio para que la Tierra ni se enfríe continuamente, ni tampoco se caldee indefinidamente, aunque sea en forma lenta.

Los mecanismos existentes para eliminar la radiación excedente, son varios. Quizá el más sencillo es el de la simple reflexión, y de ahí la importancia que tienen las variaciones de albedo. Algo complica el llamado efecto invernadero. La atmósfera, bastante transparente a la radiación solar, resulta opaca para la terrestre sobre todo en determinadas longitudes de onda; en otras, no. La presencia del vapor de agua retiene la radiación terrestre entre las 5 y 8 micras; el  $\text{CO}_2$  retiene la radiación entre las 14 y 17 micras. Queda una zona entre 8 y 13 micras transparente a la radiación terrestre que es la llamada «ventana de la atmósfera». La presencia de gas carbónico retiene la radiación y caldea la atmósfera; el crecimiento de dicho gas, de hecho puede determinar un aumento de la temperatura del aire. Lo peor del caso es que la proporción del gas carbónico está creciendo en la actualidad de forma alarmante, de manera que, prescindiendo de momento de posibles efectos compensadores

y centrándonos en la presencia creciente de anhídrido carbónico, hemos de señalar a dicho crecimiento como posible causa de caldeoamiento de la atmósfera. Llevadas las cosas al extremo, está el caso del planeta Venus, cuya atmósfera está compuesta de anhídrido carbónico y vapor de agua. La temperatura de dicha atmósfera es de unos 800 grados. Naturalmente que estamos muy lejos de tal situación.

## **EVALUACION DEL IMPACTO DEL INCREMENTO DEL CO<sub>2</sub>**

Dejando a salvo respetables opiniones, merece la pena reflexionar sobre la opinión de los expertos dedicados al tema, de los órganos solventes y de las organizaciones mundiales. En 1980 en la reunión celebrada en Austria por la OMM, el PNUM y el CIUC, para evaluar los conocimientos sobre el impacto del incremento del CO<sub>2</sub> en el clima, se adoptó una declaración en la que se reconoce que, un aumento en la concentración del anhídrido carbónico puede cambiar el balance energético de la atmósfera, y que el aumento de la temperatura podría ser de medio grado de aquí a fin de siglo, y aun mayor en latitudes polares con repercusiones importantes sobre los tipos de tiempos y sobre la agricultura.

Dos años después, la OMM, en el Boletín del PMC ya concretaba algo más; en los últimos 100 años la temperatura global de la superficie de la Tierra ha aumentado en 0,5 grados, y la proporción de CO<sub>2</sub> en un 25%.

Las opiniones de los primeros tratadistas mundiales en materia de clima, son casi unánimes en cuanto al impacto del CO<sub>2</sub> en cambios climáticos a plazos no largos. Para Budyko, del Observatorio Geofísico de Leningrado, el CO<sub>2</sub> ha jugado un papel decisivo en la evolución del clima, y cree que el incremento actual, nos lleva a un acusado cambio. Apoya la teoría del incremento de medio grado en los próximos 20 años e incluso la posibilidad de que para el año 2.020 el incremento en altas latitudes sea de unos 2,5°. Wallen hace algunas matizaciones en estas cifras, ya que en la fecha de la publicación original de la obra de Budyko, el crecimiento del CO<sub>2</sub> se suponía más acelerado que ahora frenado por la economía de energía.

Las latitudes polares sufrirán más impacto que las ecuatoriales;

será menor la incidencia del incremento de la proporción del gas carbónico en la franja ecuatorial terrestre.

Un informe de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, insiste en que si el bióxido de carbono continúa aumentando en la atmósfera, se producirán alteraciones en el clima. La Agencia de Protección del Medio Ambiente, de Estados Unidos, se hizo eco de dicha teoría e iniciado un programa de mentalización pública, con documentales, tales como «Warning, warming».

Para estudiar los efectos del CO<sub>2</sub> se emplea la metodología de la simulación de modelos matemáticos. En esencia, se trata de encontrar una formulación del clima en función de sus componentes, para introducir modificaciones en los mismos y analizar las consecuencias. Aún cuando los modelos matemáticos no son perfectos, y no se ha resuelto por completo el problema, las ideas que pueden adelantarse son poco confortantes. En caso de que se duplicara la concentración del dióxido de carbono, por efecto de invernadero, se produciría probablemente un caldeoamiento en la troposfera, de promedio, de unos 3°C. Los más fuertes incrementos de temperatura se producirían en las zonas polares. Esta afirmación acerca de dichas zonas polares, es una constante de todos los modelos y de todas las hipótesis utilizadas.

Como consecuencia, los intercambios de calor sensible serán menores en las zonas templadas, lo cual puede suponer una debilitación del frente polar y una menor actividad de las gotas frías. Ello podría llevar a una menor precipitación en las zonas templadas, y sobre todo en las áreas más continentales. En cambio, pudiera intensificarse la precipitación en las áreas tropicales y ecuatoriales. Hoy por hoy, el único camino para vislumbrar este futuro, está en ver como se modificarán los esquemas de circulación atmosférica. De ahí la importancia de los trabajos de Manabe, Wetherald, Smagorinsky, Holloway, Bryan, Stone, Spelman y otros. En cualquier caso, habrían de tenerse en cuenta, en una formulación global, todos los agentes que pueden incidir en circulación general, como el ozono, las nubes volcánicas, cuyo efecto hoy se considera importantísimo ya que las nubes de ceniza volcánica, muy persistentes, son acaso el efecto compensatorio más importante del indeseado caldeoamiento atmosférico.

Vamos a presentar algunos datos concretos acerca de cual es la

proporción actual del CO<sub>2</sub> en la atmósfera. El CO<sub>2</sub> se mide, no en tanto por ciento, sino en tanto por millón. Medidas confiables, no se han dispuesto hasta 1958, en que, con ocasión del Decenio Geofísico Internacional, se instaló en Mauna Loa, en Hawai, una estación de medida, lugar óptimo por su representatividad de la totalidad de la atmósfera.

En 1958 el tanto por millón medio anual rondaba las 315 unidades y este valor ha ido aumentando más o menos a razón de un punto por año, de modo que ahora nos encontramos por encima de 340 partes por millón. El contenido de CO<sub>2</sub> experimenta oscilaciones en el curso del año, de forma que hay un crecimiento acusado, a finales de invierno, y un descenso ligero en verano; ello es lógico según los mínimos y máximos períodos de fotosíntesis vegetal unido a la mayor combustión en invierno.

A escala local, o mejor aún, a microescala, las proporciones de CO<sub>2</sub> son mucho mayores. En la plataforma de estacionamiento de un aeropuerto, las medidas de CO<sub>2</sub> oscilan entre las 500 y 600 unidades. En un estacionamiento subterráneo, se puede exceder de 1.000 y aún más.

Podríamos preguntarnos por ejemplo, cual era la proporción de CO<sub>2</sub> hace 80 ó 100 años. Son muchos los autores que establecen una proporción de 290 ppm para 1.900. Kellog da el valor 280/290 para hace un siglo lo que supondría un 20% de aumento en 100 años; Woodwell cree que ha sido de un 25% de aumento en 125 años, y sitúa en el año 1850 en proporción de algo menos de 290 partes. Trataremos de hacer una evaluación anterior al año 1850.

El seguimiento del ciclo de carbono, es esencial a la hora de hacer cualquier tipo de consideración. Básicamente podemos suponer que el carbono se encuentra en la atmósfera, en la biosfera, formando parte de los seres vivos, o bien en las capas orgánicas superficiales del terreno; en el subsuelo, en forma de compuestos carbonatados, en forma de carbón, o hidrocarburos fósiles. Y finalmente está el sumidero más difícil de evaluar: el océano.

Cuando se habla de balances de carbono se utiliza como unidad el «gig tons» (gigante tonelada), que son mil millones de toneladas, o bien 10<sup>15</sup> gramos. Actualmente se consumen unos 2.500 millones de toneladas de hidrocarburos fósiles, y aproximadamente, una cifra del mismo

orden de magnitud de carbón, gas natural y otros combustibles, principalmente, madera. Según las evaluaciones actuales, hay en la atmósfera unos 700 «gig tons» de carbono, en forma de CO<sub>2</sub>.

La reducción de las zonas forestales, al disminuir la fotosíntesis en los siglos pasados, ha podido determinar incrementos del CO<sub>2</sub> atmosférico.

Se ha especulado acerca de si la deforestación en el Sur de Europa fué originada por las construcciones navales. La deforestación se debió a múltiples causas, casi todas antropogénicas: la roturación de tierras para el cultivo, y sobre todo el uso de la madera para la construcción y como combustible y la insaciabilidad de los grandes poderes ganaderos.

En el siglo XIX hubo varias causas que aceleraron el retroceso forestal: las fábricas de vidrio, consumidoras de bosques, los ferrocarriles y minas y la Desamortización, al explotar intensivamente los nuevos titulares propiedades que creían no iban a durar mucho en sus manos.

Si nos propusieramos hacer una evaluación muy elemental del incremento de la proporción del CO<sub>2</sub> entre el año 1000 y el año 1850, podríamos partir de los datos disponibles acerca de la deforestación de Europa. Se calcula que la reducción de los bosques ha sido fantástica, y que nueve siglos, han pasado a cubrir del 90% a sólo el 20% en la actualidad. Han sido unos 7 millones de Km<sup>2</sup> de bosques desaparecidos. Atribuyéndoles características de bosque templado (laurel, haya), la densidad de carbono por m<sup>2</sup> podría establecerse entre 13,5 y 16 Kg, o quizá algo menos. Aplicando un promedio de 15 a los 7 millones de Km<sup>2</sup> nos resultarían 105 «gig tons» de carbono, que han desaparecido de la biosfera.

Podría suponerse una desertización paralela en el Norte de África y Oriente Medio. Cabría pensar, hace un milenio, una vegetación de bosque claro, de hoja caduca, que daría una densidad de carbono de 3 a 13 kg/m<sup>2</sup>. una media de 5, aplicada a unos 5 millones de Km<sup>2</sup> nos proporcionaría 25 «gig tons», que unidos a los anteriores serían 130 «gig tons» lanzados a la atmósfera. De ellos, podemos suponer que la mitad han podido ser disueltos en el océano, según diversas hipótesis de las que se hace eco Woodwell. Resultarían unos 60 «gig tons» que han podido ser añadidos a la atmósfera.

Podríamos suponer que el ciclo del carbono no ha variado esencialmente, y que, una mayor proporción del CO<sub>2</sub> no ha motivado un incremento de fotosíntesis en la vegetación residual.

Por cada 2,3 «gig tons» que pasan a la atmósfera, crece un punto la proporción del CO<sub>2</sub>. Ello nos daría que, los 60 «gig tons» retenidos en la atmósfera por la destucción de los bosques han supuesto un aumento de unos 26 puntos en la proporción del CO<sub>2</sub>. A ello habría que sumar una cantidad adicional, muy difícil de evaluar, debida a la lenta oxidación de los humus que sigue a la desaparición de los bosques, que Woodwell supone cercana, en orden de magnitud, al efecto de la deforestación.

Para completar el esquema, habría que considerar la deforestación en otras partes del mundo. En nuestra opinión, no guarda semejanza con lo ocurrido en el escenario de las viejas culturas. Actualmente hay en el mundo unos 30 millones de Km<sup>2</sup> de estepa y 17 de desierto. Es impensable que fueran de bosques hace 1000 años. En caso de matorral y monte bajo, no podrían serles atribuidos más de 1 Kg/m<sup>2</sup>, lo que supondría, en el caso extremo, unos 47 «gig tons», y si la mitad se supusiera disuelta en el mar, habría que añadir, a las 26 unidades anteriores, otras 10.

Estos cálculos toscamente aproximados, nos sirven para entender en que orden de magnitud nos movemos; hace 1000 años parece razonable pensar las 240 y las 270 unidades.

De todo lo dicho podemos sacar una consecuencia casi escalofriante: en los últimos 30 años el CO<sub>2</sub> ha aumentado tanto como entre los siglos X y XIX. La acción antropogénica se ha multiplicado por 30, y no ha hecho más que empezar.

## **DETERIORO DE LA CAPA DE OZONO.**

Otro componente de la atmósfera muy alterado por el hombre, es la capa de ozono, situada a unos 20 Km. de altura, cuyo deterioro es ostensible. La OMM ha lanzado tres llamadas a la opinión pública en los últimos diez años; no han tenido apenas eco.

La ozonfera impide la penetración, hasta el suelo de las radiaciones más perjudiciales. De seguir las cosas como hasta ahora, a finales de siglo, la eficacia de dicha capa se habrá reducido en una cuarta parte, con riesgo de un crecimiento de afecciones dérmicas para la población humana. Los mayores depredadores de ozono son determinados gases nitrogenados y sobre todo los freones (derivados polihalogenados del metano y etano) muy empleados, por su aparente inocuidad, en la industria del frío y en los esparcidores, vulgarmente llamados «spray».

Al llegar al final de esta exposición, podría formularse esta pregunta ¿qué podemos hacer ante este cúmulo de problemas y amenazas del ecosistema?

Cuando nos referíamos a la desertización, hemos aludido a la defensa del suelo contra la esterilidad. Algo similar podríamos decir relativo a la prevención de la esterilidad de la atmósfera. Hay ante todo algo que debe hacerse con absoluta prioridad: defender nuestra riqueza forestal. Los incendios y saqueos en nuestros bosques, es quizá la mayor amenaza a escala regional. Es mucho lo que se hace en su prevención, y cada año hay alguna víctima de la lucha contra los incendios forestales. Pero es insuficiente. La velocidad de destrucción de nuestro suelo actualmente es más veloz que la media mundial. De las 340 unidades de dióxido carbónico que hay en la atmósfera, casi una unidad corresponde a los bosques españoles quemados en el último medio siglo. Por titánicos que fueran nuestros esfuerzos para evitar el peor de nuestros males ecológicos, quedarán compensados con los beneficios de mantener lo mejor de nuestro patrimonio natural, que a la vez es lo más amenazado y también, más difícil de reponer. Junto al bosque, es preciso proteger también el suelo vegetal, la capa orgánica cuya oxidación es necesario prevenir.

Otra medida que debiera ser cuidadosamente ponderada es lo que podríamos llamar la libertad de combustión. La desaparición, hace ya tiempo, de los bienes libres naturales, reemplazados por el uso social de los mismos, está a punto de llegar a la combustión. Ya en los foros internacionales ha salido el tema; pensemos, en un plazo no largo en un control de las combustiones. Hoy es muy corriente su empleo como eliminación de lo inútil, con quebranto ecológico.

Hay que racionalizar el aprovechamiento del suelo. Las especies vegetales autóctonas se defienden mejor que aquellas que pudieramos llamar foráneas. Tras de los incendios en el área mediterránea , se ha observado que los algarrobos o garroferos subsistieron en gran parte, y hasta se defienden mejor de la lluvia ácida. Los pinos en cambio quedaron aniquilados.

Todo ello requiere un plan de educación ciudadana. Las libertades individuales nada tienen que ver con la impunidad para arrasar los espacios naturales, sembrar de desperdicios perjudiciales bosques y praderas. En esta empresa por respetar la naturaleza hay que actuar con mayor eficacia. Basta examinar los resultados.

Terminaremos con una consideración final. Las diversas generaciones pasamos por la naturaleza. Recibimos de nuestros mayores un legado, el medio natural, que tenemos que transmitir a nuestros hijos y nietos al menos tal y como lo encontramos. Ninguna generación puede atribuirse títulos de propiedad ni derechos absolutos sobre el medio, para ejercer su imperio sobre el mismo hasta agotarlo en propio recreo o beneficio. En los fueros y cartas reales del Honrado Consejo de la Mesta, el pastor con sus ganados tenía derecho de paso por los caminos y pasos especificados. Podía tomar lo absolutamente necesario para el sustento personal de lo inmenediato a las cañadas reales. Pero en modo alguno podía extralimitarse. Este derecho de paso, junto con el más estricto respeto a las tierras que se atravesaban fué durante siglos una regla de oro de la convivencia, pese a los enormes problemas prácticos implicados. El hombre de hoy a veces se conduce como si pensara que todo lo que atraviesa es suyo, y va dejando a su paso una estela de destrucción ecológica.

Nuestra incorporación a la Comunidad Económica Europea nos obliga a modificar nuestros comportamientos en muchos aspectos, y entre ellos, la emisión de contaminates. Sea ello en muy buena hora, puesto que contribuirá a la tarea de salvaguardar el medio y legar a las generaciones que nos sucedan un medio ambiente que les permita vivir.

## **Mensaje del Profesor G.O.P. Obasi Secretario General de la OMM con motivo del Día Meteorológico Mundial de 1986**

*Desde 1961 se viene celebrando cada año el Día Meteorológico Mundial el 23 de marzo, fecha en la que se conmemora la entrada en vigor del Convenio de la OMM en 1950. El tema seleccionado por el Consejo Ejecutivo de la OMM para el Día Meteorológico Mundial de 1986 se titula «Las variaciones climáticas, la sequía y la desertización».*

*Ha sido frecuente durante los últimos decenios que los fenómenos climáticos hayan convulsionado las sociedades humanas. En Africa, la sequía del Sahel de 1968-1973 cautivó la atención pública mucho más que cualquier otro acontecimiento y con ello quedó de manifiesto la realidad de la variabilidad climática y su importancia para la raza humana, en especial para las comunidades que se debaten en lucha contra las privaciones causadas por un clima árido o semiárido. En fechas más recientes la sequía ha hecho de nuevo aparición con una intensidad redoblada y sus efectos se están actualmente extendiendo a Etiopía, Sudán y otros países. La aparición del fenómeno "El Niño" constituye otro fenómeno relacionado con el clima. Las masas ascendentes de agua, normalmente frías y ricas en elementos nutritivos, de las costas del Perú, Ecuador y Colombia son reemplazadas por aguas calientes y relativamente estériles procedentes del Pacífico ecuatorial, con los consiguientes efectos desastrosos sobre las actividades pesqueras, produciéndose también lluvias superabundantes y destructoras a lo largo de estas costas. Este fenómeno oceánico está vinculado a cambios de gran escala de la presión atmosférica entre Australia, al oeste, y América del Sur y el Pacífico oriental, al este, fenómeno éste que recibe el nombre de Oscilación Austral. En 1982-1983 tuvo lugar un fenómeno "El Niño" sumamente intenso y su influencia se extendió por América del Norte, Eurasia, Australia e Indonesia. Si la Oscilación Austral ejerce consecuencias sobre la circulación de la atmósfera en buena parte del globo, es seguro que existirá algún tipo de relación entre este fenómeno y otras anomalías climáticas que sobrevienen en nuestro planeta a escala continental. Po-*

*dría esclarecerse esta situación mediante una investigación más intensa de las variaciones climáticas.*

*La zona noreste del Brasil ha estado expuesta a sequías a lo largo de toda la historia conocida. En efecto, con motivo de la gran sequía de 1958 alrededor de 10 millones de personas que habitaban esta región sufrieron consecuencias adversas de esta sequía. De un estudio histórico se desprende que en Brasil se han producido sequías similares de grandes proporciones en los años 1790-1794, 1877-1879 y 1932-1933. Habida cuenta de que estas sequías son la consecuencia de una modificación del régimen de precipitaciones del noreste del Brasil a lo largo de un período muy dilatado de tiempo, es necesario investigar su vinculación con otras variaciones climáticas.*

*En Australia, se produjeron condiciones de sequía en las zonas del este del país, en las que las cantidades de lluvia fueron muy inferiores a las normales en abril, mayo y junio de 1982. Los efectos económicos causados por esta sequía se estimaron en pérdidas por valor de dos mil millones de dólares australianos. Se propagaron con inusitada violencia incendios de monte bajo y una enorme tormenta de arena arrastró 200.000 toneladas de la capa superficial del suelo. Un estudio de los factores meteorológicos ha puesto de manifiesto que esta sequía, que fue acompañada por una alta presión en el sureste de Australia, estaba ciertamente relacionada con la Oscilación Austral.*

*En el Reino Unido, las lluvias que se registraron desde mayo de 1975 a agosto de 1976 en toda Inglaterra y en Gales, habían sido las más escasas desde que se comenzó a llevar registros en 1727, y esta escasez dio lugar a graves dificultades en el abastecimiento de agua. Seguidamente, a mediados de febrero de 1977, le llegó el turno a las zonas del Middlewest de los Estados Unidos de América que experimentaron una de las sequías más rigurosas de las que se tenía noticias hasta esa fecha. En muchos aspectos esta sequía se asemejó a la que había asolado a Great Plains en el decenio de 1930.*

*Se podrían aducir otros múltiples ejemplos de fenómenos climáticos catastróficos a este propósito tales como la escasez de las lluvias monzónicas en la India o las olas frías del sur del Brasil, los Estados Unidos de América y otras zonas del mundo. El estudio de los registros disponibles pone de manifiesto que estas aberraciones climáticas no son insólitas, que se han producido en otros tiempos fenómenos similares y que incluso éstos se producirán ciertamente de nuevo en el futuro. Lo que sí constituye una novedad es la constatación de que la raza humana sigue estando peligrosamente a las variaciones climáticas y que los progresos técnicos no han podido aminorar las consecuencias de éstas.*

Hasta la revolución industrial, cualquier variación del clima y las repercusiones consiguientes se suponía constituían fenómenos naturales que escapaban al control del hombre. En la hora actual se reconoce cada vez que no sólo la sociedad humana es tal vez incluso más vulnerable hoy a los efectos de las variaciones climáticas sino también que las propias actividades humanas pueden influir en el clima a gran escala. A resultas de la emisión de subproductos industriales y agrícolas, por influencia humana están cambiando actualmente los procesos radiativos de la atmósfera y tal vez hasta un cierto punto también los de la circulación atmosférica. Los ejemplos son demasado bien conocidos para mí por lo que no insistiré en su exposición. Baste decir que la intervención humana ha causado, de ordinario por inadvertencia, importantes cambios en grandes zonas de la superficie de la tierra y en la composición de la atmósfera. La intensidad de los efectos de estos cambios, a su tiempo, seguirá en aumento hasta llegar a afectar al sistema complejo que determina el clima mundial. Tal vez las consecuencias de este proceso serán observables en los próximos decenios.

El estudio del clima, de las variaciones climáticas y de la sequía ha sido objeto de gran atención en las Naciones Unidas y en otros organismos especializados. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano celebrada en 1972, se insistió en que el mundo estaba afrontando un problema de ámbito internacional sin precedentes, cuya solución sólo podría alcanzarse mediante la máxima colaboración posible entre las naciones. En 1974, la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación reconoció el importante papel que desempeñaba el clima en la producción de alimentos. De igual manera, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua de 1977 se insistió en la importancia de comprender las variaciones climáticas y sus efectos sobre el abastecimiento de aguas y su utilización en todo el mundo, y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desertización celebrada ese mismo año también subrayó que era necesario comprender las cuestiones relativas al clima. En Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas refrendó la iniciativa presentada por la OMM de establecer un Programa Mundial sobre el Clima. Por último, la Conferencia Mundial sobre el Clima, organizada en 1979 por la OMM, en colaboración con otros organismos internacionales, se propuso como tema central de consideración el estudio del cambio y la variabilidad climática debido tanto a causas naturales como artificiales y su impacto sobre las actividades humanas.

Está claro que necesitamos disponer de una imagen precisa de las variaciones climáticas si hemos de ocuparnos también de sus repercusiones. Con este fin, podemos estudiar los registros de épocas anteriores e iniciar investi-

*gaciones teóricas y experimentales y esta labor ha de encomendarse al Programa Mundial de Investigaciones Climáticas OMM/CIUC. Por lo que atañe a la desertización, la primera pregunta que habrá que contestar es si la misma está causada por períodos temporales de sequía o constituye una manifestación de una tendencia climática a la aridez o es el resultado de actividades humanas. Probablemente la contestación más sencilla es que la desertización es consecuencia de la combinación de estos tres factores.*

*Que la desertización arrastra consigo consecuencias sociales, políticas o medioambientales es algo que ha quedado claramente demostrado con motivo de las sequías de Africa. El aumento de los rebaños de ganado y la disminución progresiva de los recursos vegetales ha dado lugar a un cambio de las estructuras tradicionales de pastoreo, lo que a su vez ha originado fuertes presiones en las tierras de laboreo y la desaparición de la vegetación en zonas muy extensas. La pérdida de tierras productivas como consecuencia de la desertización junto con el aumento de la población y el descenso de la producción de alimentos en otras zonas del mundo es probable que conduzcan a consecuencias desastrosas. A resultas de las actividades humanas pueden quedar modificadas las zonas desérticas del mundo y los procesos que intervienen en estos cambios constituyen una cuestión que deberá ser resuelta por los científicos antes de que sea demasiado tarde.*

*Todos los programas técnicos de la OMM, esto es, la Vigilancia Meteorológica Mundial, el Programa Mundial sobre el Clima, el Programa de Hidrología y Recursos Hídricos, el Programa de Investigación y Desarrollo, el Programa de Enseñanza y Formación Profesional y el Programa de Cooperación Técnica están destinados fundamentalmente a prestar asistencia a los Miembros en todas las esferas de la meteorología y de la hidrología operativa. Una de las principales preocupaciones de la OMM estriba en ayudar a los Miembros que están sometidos a limitaciones geográficas, técnicas e institucionales a afrontar con eficacia los problemas vinculados con la sequía y la desertización. A este respecto, la Organización ha recibido la valisosa asistencia de todos sus Miembros incluídos los más afortunados, esto es, los que ya han realizado grandes esfuerzos para compartir gastos y suministrar conocimientos de expertos y asesoramiento y, lo que es más importante, enseñanza y formación profesional.*

*Expreso mi profunda gratitud a todos los Miembros de la OMM que han hecho posible esta cooperación y con motivo del Día Meteorológico Mundial de 1986 hago extensivos mis más cordiales votos para que se prosigan los éxitos en esta esfera.*





**SECRETARIA GENERAL TECNICA  
SERVICIO DE PUBLICACIONES**