

rios adversos. Confiamos en que este Congreso hará lo mismo.

Me doy perfecta cuenta, por supuesto, de que debe aumentarse considerablemente el presupuesto necesario para cumplir el programa deseado. Pero, digamos primero que la parte principal de este aumento expresado en dólares de los EE.UU. es debido, únicamente, a las variaciones experimentadas en el cambio de francos suizos a dólares. Esto ha sido debido a razones que caen fuera del control de la OMM, y que son bien conocidas y reconocidas por todos los gobiernos. Al margen de este aumento en el presupuesto en dólares por esta causa, el incremento propuesto me parece que es peligrosamente pequeño, si debe resolverse en forma adecuada el gran desafío a que ahora se enfrenta la OMM.

No añadiré nada más sobre otros temas. Los he citado solamente en mis comentarios, ya que podremos discutirlos en detalle en las próximas cuatro semanas.

En resumen, debo pedirles a todos ustedes que lleven en la mente que la OMM, incluyendo la Secretaría, ofrece grandes servicios a todos y cada uno de los países Miembros. Cuando cada uno de nosotros consideremos la contribución financiera que hacemos a la OMM, en relación con los beneficios que nos redundan y cuando consideremos, también, la escala de nuestros propios gastos a nivel nacional dentro de los campos de actividad de la OMM, llegaremos a la conclusión de que nuestros propios intereses están mejor servidos si tenemos una OMM eficiente y efectiva.

Creo yo que la cuestión no está en si nosotros, los países miembros podemos permitirnos aceptar las propuestas del Secretario General, sino más bien en si podemos permitirnos *no* aceptarlas.

Gracias.

LOS CAMBIOS CLIMATICOS Y SUS EFECTOS EN LA BIOSFERA

El clima, la biosfera y el hombre

Por B. BOLIN*

El clima ha cambiado en el pasado y lo hará en el futuro. Sabemos de los cambios notables en las épocas geológicas: el período cálido carbonífero en la era Paleozoica, hace unos 300 millones de años; el clima más frío de la era Mesozóica que duró unos 200 millones de años; el clima más cálido que comenzó en la época del Paleoceno durante la era Cenozóica hace unos 70 millones de años; y la alternancia de períodos glaciales en los pocos millones de años del Cuaternario. Nuestro conocimiento se hace progresivamente más detallado a medida que nos acercamos al presente. Los períodos glaciales que aparecieron en los últimos millones de años (Pleistoceno) tuvieron una duración media de 100.000 años y se alternaron con períodos interglaciales de unos 20.000 años de duración, el último de los cuales persiste todavía (Holoceno). Se sabe que han ocurrido variaciones a escala cronológica de unos pocos miles de años desde la

* El profesor Bolin es profesor de Meteorología en la Universidad de Estocolmo.

desaparición de los hielos del norte de Europa y del norte de América, hace unos 10.000 años. Estudiando el período más reciente, con observaciones instrumentales y basándose en la historia y en la arqueología, de los últimos milenios, sabemos que ha habido fluctuaciones climáticas de escala cronológica más pequeña. La "Pequeña Era Glacial" con su máximo en el siglo diecisiete duró sólo unos pocos cientos de años.

Se conoce hace mucho tiempo la estrecha relación entre el clima y las características de la biosfera. El conocido estudio de Köppen sobre la clasificación de los climas, publicado por primera vez a principios de siglo, se basaba fundamentalmente en la distribución de las biomasas más importantes sobre la Tierra, aunque después las zonas climáticas se definieron en función de la temperatura y la precipitación (Köppen (1936)). En realidad, la dependencia de las biomasas respecto al clima es más sutil de lo que se pudiera suponer a primera vista, ya que existen otros factores ambientales que también juegan su papel. Además, una biomasa no está necesariamente en equilibrio con su ambiente; incluso, aunque el clima no cambie, los caracteres básicos de un ecosistema pueden hacerlo. El suelo puede modificarse gradualmente por efecto de la vegetación. La frecuencia relativa de las especies puede cambiar como resultado de una selección interna mientras el sistema se desarrolla hacia un "climax", pero también por la migración de nuevas especies a su dominio. Aunque, como una primera aproximación, es útil considerar una relación estática entre el clima y la vegetación, a veces parece deseable realizar un análisis más detallado cuando se considera el problema de cómo pueden afectar los cambios climáticos a la biosfera ahora y en el futuro, especialmente cuando estos cambios son rápidos.

Incluso, tal vez sea más importante tomar conciencia de que las variaciones naturales del clima, en períodos de décadas o de un siglo, pueden influir decisivamente en las actividades futuras y en el bienestar de la raza humana en lo que se refiere a la producción de alimentos. La "Pequeña Era Glacial" que se desarrolló lentamente a partir del siglo catorce, tuvo un impacto importante sobre la vida diaria en Europa. Es posible que la sociedad actual sea menos sensible a los cambios climáticos en algunos aspectos pero, ciertamente, no en todos. Las nuevas especies utilizadas en la agricultura son, a menudo más sensibles, y además, la creciente población mundial hace más vulnerable a la sociedad. El comercio internacional permite mitigar los efectos de las malas cosechas, sean estas locales o regionales, como ocurrió en el medio oeste de los EE.UU. en los años treinta, en la U.R.S.S. en 1972 y en zonas de la Europa occidental en 1976. Por otro lado, la sequía en la región de Sahel a fines de los años 60 y comienzos de los 70, así como el hambre en zonas de la India y Bangladesh en 1972, son ejemplos de recientes desastres debidos a cambios en el clima al que estaba adaptada la población local, pero en los que la ayuda internacional fue incapaz de evitar sufrimientos y pérdidas de vidas.

La biosfera y el sistema climático

La biosfera se define estrictamente como la delgada capa de aire, agua y suelo que envuelve la Tierra, en la que existe la vida. Se ha formado durante millones de años a partir de la geosfera inerte que se había formado durante los primeros miles de millones de años que siguieron a la creación de nuestro planeta. La biosfera comprende la atmósfera hasta una porción bastante grande de la estratosfera, los océanos, las masas de hielo y los glaciares, los lagos y las corrientes de agua sobre la Tierra, una capa relativamente profunda de suelo y, finalmente, los sedimentos en el fondo marino. Estrictamente hablando, el clima debería ser considerado como el estado físico de la biosfe-

ra. Para comprender los mecanismos que mantienen y cambian el clima necesitamos estudiar la biosfera en su conjunto, tal y como se ha definido antes, aunque los parámetros utilizados para describir el clima sean, en su mayor parte, variables atmosféricas. En la moderna investigación climática la biosfera recibe a menudo el nombre de "el sistema climático", ya que en realidad se trata de dos conceptos casi idénticos. Sin embargo, el término "biosfera" se utiliza a menudo en un sentido más restrictivo como "el mundo viviente"; el tema de este artículo es, claro está, la forma en que los cambios climáticos afectan a la vida terrestre o marina.

Incluso las plantas y los organismos más simples dependen del suministro de algunos elementos químicos básicos. Los mecanismos de transporte que proporcionan los movimientos del aire y del agua fueron, por tanto, esenciales para el desarrollo de la biosfera. Gradualmente, sin embargo, los procesos bioquímicos de la vida empezaron a modificar el flujo de estos elementos a través del aire y del agua y cambiaron la forma química en que aparecían. Los ciclos de estos elementos, que al principio habían sido determinados sólo por procesos físico-químicos, se vieron afectados también por el desarrollo de la vida. Actualmente las características básicas de los ciclos del oxígeno, del carbono, del nitrógeno, del fósforo, del azufre y de los elementos en porciones muy pequeñas, necesarios para el mantenimiento de la vida, están determinadas en un grado considerable por el carácter de la biota terrestre y marina existentes. Con frecuencia se hace un uso eficiente de los compuestos disponibles, especialmente de los menos abundantes tales como los alimentos raros. El ecosistema mundial se ha desarrollado hacia un estado en el que se está cerca de la máxima utilización de los recursos disponibles, dentro de las limitaciones que la evolución ha impuesto en lo que se refiere a la capacidad de cada una de las especies con respecto a ello.

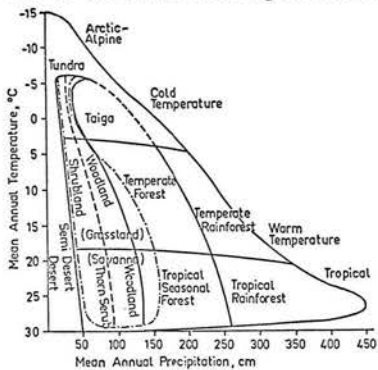


Figura 1 - Distribución de los tipos de biomas más importantes en función de la temperatura y de la precipitación (según Whittaker (1970)).

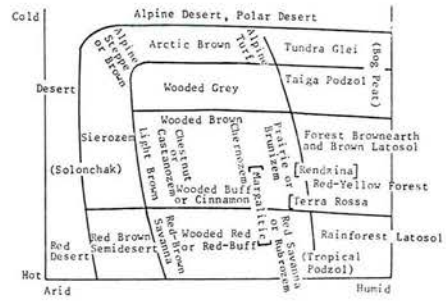


Figura 2 - Distribución de los tipos de suelos más importantes en relación con el calor y la humedad (según Whittaker (1970)).

Hay, sin embargo, una interrelación mutua. La existencia de vida en la Tierra ha modificado los procesos físicos y químicos que determinan el clima. La composición de la atmósfera de la Tierra y, en menor escala, la del agua del mar, ha cambiado debido a la existencia de vida en la tierra y en el mar. En un estudio sobre los efectos de los cambios climáticos en la biota terrestre y marina, esta interrelación, tiene que ser tenida en cuenta, ya que puede, probablemente, haber sido importante en la evolución de sus características actuales. Lovelock (1974) incluso ha propuesto la hipótesis de que la biosfera se ha desarrollado de tal forma que la temperatura media anual ha permanecido más constante a través de las épocas geológicas de lo que se hubiera esperado en el caso de un planeta inerte.

El ecosistema terrestre mundial y sus comunidades

Las características de la vegetación terrestre dependen fundamentalmente de los suelos, pero en parte los suelos se han formado como consecuencia de una sucesión de comunidades de animales y de vegetales que han transformado la superficie inorgánica de la Tierra. Además, los factores climáticos, tales como la temperatura, la disponibilidad de agua, la duración e intensidad de la insolación, imponen limitaciones sobre la vida. De esta forma se ha desarrollado la estructura en mosaico del ecosistema terrestre. En escalas cronológicas grandes (varios milenios o más), las distintas biomas de la Tierra dependen entre sí. Una comunidad, de cualquier zona que se considere, debe su existencia a una larga historia de vida vegetal y animal que la ha precedido configurando un ambiente determinado en el cual crece ahora. En este sentido, la vida en la Tierra es un ecosistema. Para una comprensión adecuada de los mecanismos que mantienen una estabilidad y equilibrio relativos de la distribución mundial, necesitamos sin embargo, analizar su estructura con más detalle. Para escalas cronológicas más cortas las diferentes comunidades pueden ser consideradas como entidades independientes en relación con su ambiente más próximo.

Una bioma (o comunidad) puede estar en *progresión*, *estacionaria* o en *regresión*, ordinariamente como resultado del cambio de las condiciones ambientales por intervención del clima o del hombre. Un paisaje desnudo y sin vida es colonizado por una sucesión de biomas de complejidad creciente y la biomasa tiene una *producción* primaria neta también creciente (por ejemplo, la materia orgánica debida al crecimiento de las plantas). Cuando se aproxima al estado final (o *climax*), el número de especies normalmente decrece otra vez hasta que se alcanza el estado aproximadamente estacio-

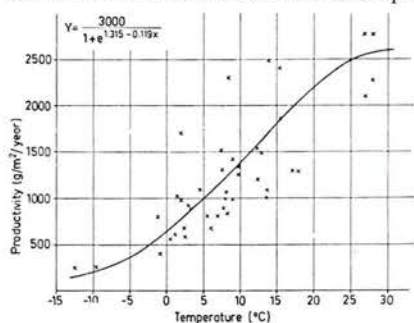


Figura 3 - La productividad primaria neta como función de la temperatura media anual. La curva que mejor se adapta está representada por la ecuación, después de haber excluido los valores en los que era evidente que la falta de humedad estaba limitando la producción primaria (según Lieth (1975)).

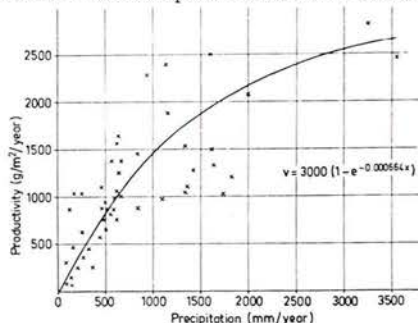


Figura 4 - La productividad primaria neta como función de la precipitación media anual. La curva está representada por la ecuación después de haber excluido los valores en los que era evidente que la baja temperatura limitaba la producción primaria (según Lieth (1975)).

nario. Entonces domina un número más limitado de especies, particularmente en los climas más fríos y en general, en aquellos ecosistemas que están sometidos a una tensión ambiental.

El período de tiempo necesario para alcanzar un climax varía enormemente en función de las condiciones ambientales. La transformación de un lugar consistente en rocas, piedras y grava se produce muy lentamente, especialmente en los climas fríos. Cuando la mayor parte de los hielos se retiraron de las latitudes septentrionales, medias y altas, tuvieron que pasar muchos siglos (incluso milenios en algunos lugares) antes

que la acumulación gradual de materia orgánica y la formación de una delgada capa de suelo por musgos y hierbas, permitiera el desarrollo de una flora más rica. En arcillas o en suelos procedentes de anteriores ecosistemas, el establecimiento de nuevas comunidades puede ser mucho más rápido; incluso en una década con apropiado suministro de agua y de nutrientes. Sin embargo, el tiempo necesario para alcanzar el climax es más largo, si tiene lugar una transformación del suelo.

Para tratar el problema del impacto de los cambios climáticos en la biota terrestre, necesitamos analizar con algún detalle de qué manera los actuales tipos de biomas están determinados por las condiciones climáticas reinantes. Esto puede resumirse en un simple gráfico como ya lo hizo Whittaker (1970) (véase la *Figura 1*). Aún en el caso de que la configuración esté notablemente simplificada dará una idea de la relación entre las biomas y el clima. Nótese que, en realidad la distribución no es única, ya que también influyen otros factores tales como las condiciones del suelo (véase más adelante) y el carácter del clima (continental o marítimo).

Los suelos de los distintos ecosistemas se han desarrollado a partir de una interacción entre la vegetación y el sustrato inorgánico, bajo la influencia del clima reinante. Para que estos procesos alcancen el estado estacionario (que corresponde al de climax de las comunidades vegetales), se requiere un período de tiempo considerable (a menudo varios milenios).

Análogamente a como se hizo para las biomas, podemos resumir la forma en que los distintos tipos de suelos dependen de la temperatura y de la precipitación en un sencillo gráfico (véase la *Figura 2*). Como ya se ha dicho, se requiere un período de tiempo considerable para que se establezca el equilibrio entre un suelo y su cobertura vegetal, particularmente en los climas fríos. Por tanto, las comparaciones entre las figuras 1 y 2 deben hacerse con cuidado. Los cambios climáticos normales son aparentemente lentos, y estos diagramas pueden ser aproximados sólo para los milenios siguientes a la última glaciación.

La descripción de las distintas biomas pone de manifiesto la diversidad de características que presentan. Se han hecho varios intentos de estimar la productividad neta media, la biomasa y la estructura del suelo y de confeccionar cuidadosamente mapas de su distribución. A pesar de las numerosas incertidumbres, la imagen general que ha salido de estas investigaciones es interesante y los valores globales, probablemente son razonablemente confiables. La producción primaria mundial neta (53×10^9 t de carbono al año) y la biomasa total de la Tierra (830×10^9 t. de carbono) son probablemente correctos con un margen de error del 20 por 100 (Whittaker y Likens (1975)), mientras la cantidad total de carbono orgánico (1460×10^9 t) puede tener fácilmente un error del 30 al 50 por 100 (Schlesinger (1977)). También se ha llegado a otros resultados interesantes. Los cuatro biomas del bosque contienen casi el 90 por 100 (740×10^9 t) de todo el carbono contenido en la materia viva terrestre; su producción primaria neta supone alrededor del 60 por 100 del valor total para la biota terrestre. El período de tiempo de renovación del carbono en los bosques es así, de unos 22 años en comparación con los 16 años para la biota terrestre considerada en conjunto. Sin embargo, debe notarse que en la mayoría de los bosques y de las biomas arboladas el 50 por 100 de la producción primaria neta está en forma de ramitas, hojas, frutos, arbustos y hierbas que, normalmente, constituyen un pequeño tanto por 100 de la biomasa de los bosques y alrededor del 10 por 100 en las zonas arboladas. Basándose en estas cifras encontramos que en los bosques de la zona templada el período medio de renovación para el carbono en forma de madera es de unos 50 años, siendo, quizás, algo me-

nor en los bosques tropicales. Por otro lado, las sabanas, las praderas de la zona templada y la tundra tienen un período de renovación de la materia orgánica viva de sólo unos cuatro años.

El ritmo de renovación de la materia viva en los climas fríos es más lento que en los trópicos, e incluso esto es más acentuado en el caso de la materia orgánica muerta contenida en el suelo. Los períodos medios de renovación para los suelos de los bosques tropicales, templados y boreales son 18, 21 y 42 años respectivamente; para la sabana, las praderas de la zona templada y las tundras y tierras alpinas son de 9, 72 y 350 años respectivamente. La lignina, los humatos y los ácidos húmicos se descomponen muy lentamente y son los principales constituyentes del suelo a pesar de las pequeñas cantidades contenidas en el humus. Schlesinger (1977) ha obtenido algunos valores notables para las tierras negras ("chernozem") del suelo de las praderas (praderas de la zona templada): el humus no descompuesto (el cinco por ciento del suelo) tiene un período de renovación de 1,2 años; los humatos y los ácidos húmicos de unos 1.300 años (el 73 por 100 del suelo). Los datos anteriores muestran que la distribución de las biomas y, por tanto, la rapidez de la fotosíntesis viene determinada en grado considerable por el clima (principalmente por la temperatura y la precipitación). Lieth (1975) ha confeccionado gráficos que muestran la producción primaria neta en función de la temperatura (Figura 3) y de la precipitación (Figura 4), para distintas partes del mundo.

El ecosistema mundial, los ciclos biogeoquímicos y el clima

La vida en la Tierra, terrestre y marina, depende de la disponibilidad simultánea de carbono (como anhídrido carbónico en la atmósfera y como iones de ácido carbónico en el mar), agua, oxígeno y nutrientes (de los cuales los más importantes son el nitrógeno, el fósforo y algunos oligoelementos). Las características de la biosfera dependen, pues, de cómo los movimientos de la atmósfera y del océano proporcionan estos elementos en las cantidades apropiadas y, también, de las influencias de las características físicas y químicas de la superficie de la Tierra. En una primera aproximación la biosfera está en estado estacionario, lo cual implica que se han establecido ciclos estacionarios de estos elementos fundamentales. En el análisis del ecosistema mundial es una tarea fundamental mostrar cómo se mantienen estos estados dinámicamente equilibrados. Estos problemas han recibido una gran atención en los últimos años, debido a que las características de los ciclos son también esenciales para la determinación del impacto a largo plazo de las emisiones de contaminantes en el ambiente.

Es necesario un análisis cuidadoso de cómo estos ciclos fundamentales (en particular los del carbono y del nitrógeno) responden a los cambios climáticos para evaluar la repercusión de estos cambios en la biosfera. Este artículo se limitará a hacer algunos comentarios pertinentes. Se ha sugerido que un incremento de la temperatura en la superficie del aire y del agua que resultaría, probablemente, de una mayor concentración de anhídrido carbónico en la atmósfera, ya que la solubilidad del CO_2 depende de la temperatura. Esto produciría, a su vez, un nuevo incremento de la temperatura. Sin embargo, se sabe actualmente que las características amortiguadoras del agua del mar impedirían que este mecanismo de realimentación se hiciera importante (Mac Intire (1978)).

Es interesante para comprender la dinámica del ecosistema terrestre y su papel en el ciclo del carbono, y viceversa, intentar evaluar la cantidad de carbono que se fija anualmente por la fotosíntesis y la contenida en la biomasa y en los suelos en algunas épocas determinadas de la evolución climática desde la última glaciación. Tales estimaciones

serán, por supuesto, algo aproximadas. Hemos basado nuestras consideraciones en la hipótesis de que las *características* que tienen las biomas no han cambiado, en principio, en los últimos 20.000 años, sin embargo variaron en latitud y en extensión. Por tanto, en este supuesto pueden usarse los valores estimados para las condiciones actuales por unidad de superficie de la producción primaria neta, de la biomasa y de los detritos. Tomamos como punto de partida las superficies cubiertas hoy día por las distintas biomas, su producción primaria neta y su biomasa y sus perfiles medios de detritos tal y como se han dado anteriormente. Basándose en los cambios en la distribución de la bioma que se pueden deducir aproximadamente, intentamos evaluar las condiciones en la época de máxima glaciación (aproximadamente 20.000 años antes de Cristo) y hacia finales de la Edad Media (hacia 1.500 después de Cristo), esto es, antes de que se produjera el crecimiento de población más importante y tuviese lugar la expansión agrícola.

En los tiempos de la última glaciación suponemos que:

- Las rocas, los hielos y las arenas cubrían 40 millones de km² (en comparación con los 24 millones de km² de hoy día).
- La tundra y las biomas alpinas cubrían 20 millones de km² (en comparación con los 8 millones de km² actualmente).
- Las zonas desérticas y semidesérticas cubrían 12 millones de km² (en comparación con los 18 millones de km² de hoy).
- No había tierras cultivadas.
- La superficie total de bosques, arbustos y sabanas era la misma que la actual.
- Otras biomas ocupaban el resto de la tierra en las mismas proporciones que en el presente.

A finales de la Edad Media suponemos que las tierras cultivadas cubrían dos millones de km² y que el resto de lo que hoy se utiliza para la agricultura se distribuía a partes iguales entre los bosques tropicales, los bosques de la zona templada, los bosques boreales y las sabanas y praderas.

Cambios estimados de la producción primaria neta, la biomasa terrestre y los detritos desde la máxima glaciación (20.000 años antes de Cristo) hasta fines de la Edad Media (1.500 después de Cristo) y mediados del siglo veinte

Epoca	Producción primaria neta		Biomasa		Detritos	
	10 ⁹ ton/año (carbono)	Cambio %	10 ⁹ ton (carbono)	Cambio %	10 ⁹ ton (carbono)	Cambio %
Máxima glaciación	43	+ 30	670	+ 43	1.380	+ 12
1.500 a d.C.	56	- 6	960	- 14	1.560	- 6
1.950 a d.C.	53		830		1.460	

La tabla resume los resultados de esta estimación. Debe recordarse nuevamente que estos valores no son muy seguros. Sin embargo, son internamente concordantes dentro de los límites señalados por las hipótesis hechas. Indudablemente los cambios son significativos. Se apreciará que parece haber habido un cambio considerablemente mayor de la producción primaria neta y de la biomasa desde la primera glaciación a la actualidad que en el caso de los detritos. Esto se debe a la acumulación comparativamente mayor de detritos en las regiones frías, si se compara con la de las regiones de latitudes tropicales. La razón más importante para justificar la baja cantidad de carbono en el suelo durante el máximo de la glaciación es su efectiva eliminación por la expansión de

los hielos. La presencia de un ritmo de producción primaria neta mucho menos está asociada con las temperaturas más bajas, mientras que el decrecimiento de la biomasa se debe fundamentalmente a importantes reducciones de las zonas forestales.

La tabla nos muestra que la cantidad total de carbono orgánico en la biomasa y en el suelo se incrementó en aproximadamente 500×10^9 t desde la época glacial hasta la interglacial y, a partir de entonces, disminuyó en unas 200×10^9 t como consecuencia de las actividades humanas (en particular de la expansión de la agricultura), hasta mediados de este siglo. Probablemente no se produjeron cambios significativos en la concentración de anhídrido carbónico (menores de 20 ppm), antes de comienzos de este siglo. Por ello, los océanos tienen que haber suministrado el carbono adicional. Los cambios fueron, sin embargo, bastante lentos en comparación con el ritmo de la circulación oceánica. Si suponemos que se mantenía un equilibrio entre el agua oceánica y los sedimentos de carbonato cálcico (véase Eriksson (1963)) el suministro de carbono a partir del océano produciría una disminución en la presión parcial del CO_2 de sólo 10 a 15 ppm, que no tendría una influencia significativa en el ritmo de la fotosíntesis o en el balance de radiación de la Tierra.

Tomando como base estas modificaciones en el ecosistema mundial, podemos pasar a analizar los cambios posibles o probables de cada una de las biomas. En este punto se requiere un trabajo más detallado y cuidadoso. Parece particularmente importante estudiar cómo se transforman los ecosistemas a lo largo de las ecoclinas en las zonas en que el clima está cambiando espacialmente. Con esta base podemos intentar deducir los cambios probables de las biomas existentes relacionados con los cambios climáticos cronológicos. Los ecosistemas sometidos a una tensión ambiental considerable son particularmente sensibles a los cambios de clima y variaciones climáticas modestas pueden producir alteraciones muy drásticas. Por otro lado, los ecosistemas con una flora rica y próximos al climas son bastante resistentes a los cambios ambientales. Los monocultivos introducidos por el hombre para aumentar la producción de alimentos y fibras son, nuevamente, más sensibles.

Para planificar para la raza humana y para su futura utilización de los recursos naturales de la Tierra, necesitamos modelos compuestos mucho más elaborados del ecosistema mundial. Aunque para ello se requiere un conocimiento especializado de muchos campos de la ciencia, los meteorólogos y los climatólogos jugarán un importante papel, no sólo en la producción de información meteorológica y climatológica, sino también utilizando el avanzado desarrollo de los modelos al que han contribuido en los años 70 y el que se espera sea incluso más importante en los difíciles estudios científicos con que nos enfrentamos actualmente.

REFERENCIAS

- KOPPEN, W. (1936): Der geographische System der Klimate. *Handbuch der Klimatologie*, Band 1, Teil C, Borntraeger, Berlín.
- LIETH, H. (1975). Quantitative evaluation of global primary productivity models generated by computers. (In: Primary productivity of the biosphere). *Ecological studies* 14, Springer Verlag, Berlín, pp. 237-265.
- LOVELOCK, J. E. and L. MARGULIS (1974): Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: The gaia hypothesis. *Tellus*, 26, pp. 2-10.
- MAC INTYRE, F. (1978): On the temperature coefficient of CO_2 in seawater, *Climatic change* 1, pp. 349-354.
- SCHLESINGER, W. H. (1977): Carbon balance in terrestrial detritus. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 8, pp. 51-81.
- WHITTAKER, R.H. (1970): *Communities and ecosystems*, MacMillan Publ. Co. Inc., New York, 387 pp.
- WHITTAKER, R. H. and G. E. Likens (1975): The biosphere and man (in: Primary productivity of the biosphere), *Ecological studies* 14, Springer Verlag, Berlín, pp. 305-328.