

APÉNDICES

Apéndice 1

ECOSISTEMA ANTÁRTICO¹

A.1.1. Introducción

De forma esquemática nos introducimos aquí en el ecosistema Antártico. La razón para ello es doble. Por un lado para ver más de cerca cómo funciona un ecosistema y cómo es afectado por los cambios humanos, y por otro lado para intuir la complejidad que tiene cualquier sistema ecológico ya que este ecosistema es probablemente uno de los más sencillos que existen sobre la Tierra.

A.1.2 Características físicas

Las condiciones de aislamiento y meteorológicas suponen por un lado un impacto local pequeño, pero por otro lado una sensibilidad a los cambios globales (agujero de ozono, incremento de la temperatura y de los gases de efecto invernadero, etc.).

Como ecosistema, queda fuertemente determinado por la posición y características del continente Antártico:

Es el continente más frío, seco, elevado, aislado y ventoso

La superficie total es de $14 \cdot 10^6 \text{ km}^2$; la superficie libre de hielo es de $2 \cdot 10^5 \text{ km}^2$

Las especies son criptófilas (amantes del frío) que ajustan su ciclo vital al tiempo más cálido

La biodiversidad es baja

Hay un número pequeño de cadenas tróficas (prácticamente solo productores primarios y detritívoros)

La npp (productividad primaria neta de los fotosintetizadores) es muy baja: $\text{npp} = 5\text{-}100 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{año}^{-1}$ en sitios continentales, mientras que es de

¹ Salvo que se indique otra cosa los datos están sacados de: A.D. Kennedy (1995) "Antarctic terrestrial ecosystem response to global change" *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 26:683-704

300-650 g·m⁻²·año⁻¹ en sitios de costa (compárese con la $npp_{\text{media de la Tierra}} = 900 \text{ g·m}^{-2}\text{año}^{-1}$ (Vitousek et al.)).

A.1.3. La respuesta a los cambios globales

Respuesta al incremento de temperatura global: ΔT

El IPCC (Intergovernmental panel on climate change) predice:

$\Delta T_{\text{media}} \sim 0.3^\circ \text{C}$ por década² como promedio global

(0.2-0.5°Cdec⁻¹), sin embargo en la región polar se prevé en invierno un incremento de más del doble que esa media, mientras que en verano, en cambio, ese incremento de temperatura sería menor que el promedio mundial en un 30-50%.

Entre 1950-1985 se observa un $\Delta T \sim 0.3^\circ \text{C}$ (IPCC)

En la isla de Macquarie (subantártico) se ha observado desde 1949 un aumento de 1.3°C

En la estación de Faraday entre 1947-1990 se observó un aumento de unos 4°C por década en la temperatura media del invierno.

Consecuencias

Las consecuencias físico-ecológicas previstas por este aumento de temperatura se observarían en varios niveles:

Hielo: En un plazo corto la capa de hielo aumentará por el incremento de la precipitación de nieve, en un plazo más largo la capa de hielo tenderá a reducirse.

Un $\Delta T > 1^\circ \text{C}$ puede alterar el balance entre el hielo ganado y perdido

Localmente ya se han observado disminuciones del 35% de la capa de hielo, esto supone un incremento de la microfauna en las rocas (por haber mayor absorción de agua) y un incremento del suelo activo biológicamente (por estabilizarse las poblaciones secundarias).

Agua: Si $\Delta T \sim 1^\circ \text{C}$ se incrementaría la precipitación en un 5-20% (la precipitación anual en la Antártida es de 142-192mm). Como la escasez de agua es uno de los mayores limitadores de la

² Más de un orden mayor que el más rápido de los incrementos de temperatura en el pasado geológico reciente

vida, esto supondría un aumento de la complejidad de las comunidades.

Distribuciones en las especies: Existe una tendencia a modificar el patrón espacial por:

Incremento de las especies hacia el sur

Las especies exóticas tienen más facilidades para invadir con la aparición de nuevas especies

Desarrollo de las comunidades: Existe una tendencia a cambiar el peso relativo de las comunidades biológicas:

En experimentos de laboratorio se ha demostrado que se tiende a favorecer la sexualidad y a las especies sexuales.

Las especies nativas tienen una temperatura ideal mayor que la temperatura media del medio antártico y esta temperatura ideal es distinta para cada especie

Al incrementarse la temperatura, se incrementa la captura de Carbono (mayor facilidad metabólica) con lo que la razón entre Carbono y Nitrógeno cambia lo que hace que los herbívoros tiendan a comer más cantidad para conseguir la misma cantidad de N (proteína).

Respuesta al incremento de la radiación UV

En 1985 se descubre el agujero de la capa de Ozono, protectora de la radiación ultravioleta.

En 1993 la capa de ozono había disminuido de >300 DU (1975)(unidades Dobson) a < 100DU.

Consecuencias

Orgánicas: En experimentos de laboratorio se observa que la radiación UV induce mutagenesis, cambios en la composición de la membrana celular e interferencias metabólicas. En largas exposiciones se observa un crecimiento y desarrollo anormales, un descenso en la movilidad y en la síntesis de grasas y proteínas.

Distribución en las especies y comunidades: Debido a que las diferentes especies son más o menos sensibles a la radiación UV se prevé un cambio en la distribución de las comunidades.

Los rayos UV producen fotoinhibición en las plantas lo que supone una menor tasa fotosintética con un balance negativo (opuesto a ΔT).

Respuesta al incremento de CO₂ (DCO₂)

Desde 1750 hasta 1984 la concentración de CO₂ (medida precisamente en la Antártida) ha pasado de 260ppmv a 345ppmv

En un escenario de estabilización de las emisiones, la concentración prevista para el año 2050 es de 415-480ppmv y de 460-560ppmv para el 2100

En un escenario de extrapolación de las tendencias actuales (no se aprueban medidas que lo limiten) para el 2100 la concentración sería de unas 830ppmv

Consecuencias

Se produciría un incremento de la productividad fotosintética (npp mayor) (efecto de fertilización del CO₂) siempre que existan otras fuentes para adquirir otros compuestos (agua, nitrógeno...), lo que puede ocurrir si se incrementa la temperatura.

Se produciría un incremento del ratio C:N esto podría llevar a la disminución del crecimiento de los invertebrados.

A su vez se incrementaría el agua en forma de vapor (una duplicación del CO₂ supone un incremento en un 20-33% del vapor de agua) con un incremento de agua penetrando el suelo. Como la escasez de agua es uno de los mayores limitadores de la vida esto aumentaría la complejidad de las comunidades.

Otros cambios:

Inmigración de especies (Respuesta local).

El continente Antártico ha estado aislado durante 25 millones de años

Los cazadores de focas y ballenas llevaron (han colonizado áreas subantárticas):

- Angiospermas y cryptógamas
- Invertebrados

- Mamíferos (ratas, gatos...)
- Pájaros terrestres

El cambio global facilita a las especies exóticas la colonización. Por primera vez se podrían encontrar especies exóticas, lo que llevaría a la extinción de especies y fluctuaciones en la abundancia relativa de las mismas

La simplicidad del ecosistema facilita la entrada a las especies exóticas que se encontrarían con baja resistencia biológica (sin depredadores ni patógenos)

Realimentación al cambio climático

El albedo es muy alto (se refleja entre un 40 y un 80% de la radiación) lo que ayuda a sostener el nivel bajo de temperaturas (realimentación positiva)

Si disminuye la capa de hielo disminuye el albedo y por tanto se incrementa la absorción de radiación y la temperatura (realimentación positiva).

Apéndice 2

CORALES

A.2.1. Introducción

El coral, es un pólipos que vive en simbiosis con un alga (que le da el color al coral), de tal forma que el pólipo proporciona movilidad y refugio al alga y ésta realiza la fotosíntesis.

Los arrecifes coralinos tardan cientos de miles de años en formarse. El coral fija el CO_2 disuelto en el agua del mar y lo transforma en carbonato cálcico. Debido a las grandes superficies que ocupan, son un sumidero de carbono y por tanto de CO_2 , si bien, en estado estacionario o de retroceso, se convierten en una fuente real de CO_2 . Así, se calcula que los arrecifes coralinos de la actualidad (en condiciones estacionarias y a escala humana) son una fuente de CO_2 que representa un total relativamente pequeño comparado con las emisiones antropogénicas (al rededor del 1%).

Los arrecifes coralinos forman unas condiciones adecuadas para una elevada biodiversidad. De hecho un arrecife coralino puede albergar unas 400 especies distintas de corales y más de 1300 especies de peces. Esta elevada biodiversidad (al coral se le compara a menudo con los bosques tropicales) es debida a la propia estructura coralina, que proporciona refugio y defensa a muchas especies y a la vez oportunidades de depredación a muchas otras.

Un efecto positivo directo sobre el ser humano y otras especies es proteger contra los efectos de las tormentas (olas y vientos), a pesar de que éstas pueden ser útiles para la sucesión y regeneración del propio arrecife. En cambio un exceso de tormentas o una elevada intensidad de las mismas le son perjudiciales.

A.2.2. El estado actual de los arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos (600.000 km^2) están siendo rápidamente degradados:

- 10% ya está totalmente degradado
- 30% sufre un impacto muy grande (pueden perderse en 10 años)
- 30% sufre un impacto grave (pueden perderse en 20-40 años)

Algunos de los impactos más fuertes han consistido en explosiones nucleares en zonas de arrecifes, pesca con explosivos e incluso se ha llegado a minar zonas para construir.

Entre 1979-1990 se han reconocido 60 distintos episodios de “blanqueo” en corales, mientras en los 103 años anteriores se reconocieron tan sólo 3 (aunque se puede argumentar que los estudios se hacen cada vez más exhaustivos no deja de ser significativa la diferencia). El blanqueo se ha demostrado que fue debido principalmente a incrementos de la temperatura media del verano de 1-2°C.

El mayor impacto global sobre los arrecifes es el incremento de temperatura media de los mares. Aunque es difícil discriminar entre el deterioro por causas de cambio global y por causas locales debidas al impacto directo humano.

A.2.3. Algunas características del ecosistema coralino³

La gpp (productividad bruta de las plantas) del ecosistema coralino es muy elevada, así como la tasa de respiración, de tal manera que la npp (productividad neta de las plantas) es muy baja; necesitan muy poco aporte de nutrientes pues es un sistema con ciclos químicos muy eficiente, debido a la relación simbiótica entre el animal (el coral) y el alga.

El ecosistema coralino como tal, a largo plazo se ha mostrado capaz de aguantar cambios climáticos globales pasados, tales como la subida del nivel del mar o el incremento de CO₂ en la atmósfera y la subida de temperaturas medias.

Así, el sistema coralino aguantó una subida de temperatura entre la última glaciación y el periodo interglacial posterior de 4°C (en los trópicos la subida fue de entre 2 y 4°C), aunque esa subida fue diez veces más lenta que la actual. La variación de temperatura predicha actual es tan rápida como los tiempos de vida de los corales y de la comunidad coralina.

Durante el periodo glacial-interglacial se registraron subidas de más de 20cm/década en el nivel de mar, mientras que la tasa actual es de 1-2cm/década y la predicha para el próximo siglo de unos 6cm/década.

En el Pleistoceno (época de glaciaciones del cuaternario, primera parte del cuaternario) hubo extinciones masivas de coral que fueron superiores al 30% en el Caribe y de 10-15% en el Pacífico-Índico.

Así pues, el ecosistema coralino es un sistema robusto a escala global y temporal larga, y frágil a escala local y temporal corta (humana).

³ Referencia: S.V. Smith y R.W. Buddemeier. (1992) *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 23:89-118

A.2.4. Respuestas del coral a las variables medio ambientales

D Nivel del mar

El incremento predicho (~6cm/década) supone un hundimiento del coral con lo que el coral puede no acceder a la luz (depende de las condiciones locales de profundidad actual y de la tasa de acreción: crecimiento vertical del coral al precipitar el carbonato cálcico). El rango de crecimiento depende de muchos factores (especie, cantidad de luz, estrés...) y puede ir de 1cm/década a 10cm/década. Como para el 2100 se predice un incremento del nivel del mar de menos de un metro, en principio sufrirían sólo las consecuencias aquellos arrecifes ya hundidos y de crecimiento lento. En cambio se puede prever que otros arrecifes sobre-emergidos (recordemos que ha habido niveles del mar superiores al actual) podrían verse beneficiados. Estos corales suelen haber creado zonas de exceso de salinidad que les impide un mayor crecimiento. Un incremento en el nivel del mar podría aumentar la circulación marina en estas zonas y disminuir su salinidad.

Efectos indirectos

- Puede haber un incremento del estrés al aumentar la altura de las olas (ver más adelante)
- Puede haber cambios en las zonas y estructuras de las comunidades.
- El blanqueo⁴ y la mortalidad asociados, pueden remover selectivamente los taxones de crecimiento rápido, pero hay a la vez una presión selectiva que favorece a los corales de crecimiento rápido.
- Los corales al estar más hundidos no protegen tan bien las costas de la energía de las olas y de la erosión. Este caso se presenta especialmente en las islas más bajas.

D CO₂

El Δ del CO₂ atmosférico supone un incremento en la descalcificación y fotosíntesis lo que supone a su vez:

- Mayor dificultad para seguir el incremento del nivel del mar

⁴ El blanqueo es un síntoma de degeneración del coral. El coral pierde su color al perder el alga simbiótica asociada a él. Este blanqueo se produce en condiciones de estrés y puede terminar con la muerte del coral si las condiciones anteriores no se restituyen.

- Disminución de la densidad del esqueleto lo que incrementa la vulnerabilidad (erosión y daño físico) y una menor defensa para otros seres vivos
- Incremento de las algas filamentosas (cubrimiento del coral)

D UV

- La radiación UV amplifica la sensibilidad del coral a las variaciones de Temperatura y de Salinidad.
- Fotoinhibición en los corales más profundos
- Daños locales por el Δ UV ya han sido descritos, así como cambios en la estructura de algunas comunidades (adaptaciones)
- Daños sobre las larvas
- El efecto global es pequeño, pues en los trópicos el Δ UV es bajo 1-10%

Olas, corrientes y tormentas

Las modelizaciones por computador del cambio climático predicen cambios en los regímenes y estructura geográfica de las olas, corrientes y tormentas. En general se prevee un incremento de la intensidad y cantidad de las mismas.

La Circulación (olas y corrientes) determina:

- Control sobre la salinidad, la temperatura, los nutrientes...
- Zonación, morfología y distribución en profundidad de la barrera coralina
- Transporte de sedimentos, nivel del mar local y dinámica de las costas

Lo que implica cambios largos en la sucesión de las comunidades y en los patrones de desarrollo.

Δ Tormentas y olas implica:

- Mayor número de catástrofes en los corales y en las costas protegidas por los mismos
- Puede ser beneficioso para la reproducción, la sucesión de comunidades y la diversidad biológica (es un efecto análogo al fuego para la sabana, por ejemplo)

D Sedimentación

Este efecto es debido a factores como los anteriores y a problemas asociados al uso de tierras por el hombre (deforestación, prácticas agrícolas y construcción en costas), puede generar:

Problemas en el crecimiento

Cambios en la comunidad

Δ Turbiedad (no siempre) lo que supone menos capacidad fotosintética

Δ Nutrientes (no siempre) (ver más abajo)

Δ Infecciones bacterianas e Δ contacto con tóxicos

Salinidad

Existe una distribución espacial de distintos corales dependiendo de la salinidad. En general la salinidad óptima se sitúa entre 25-40‰. Una salinidad superior al 40‰ puede suponer pérdidas de taxones, mientras que una salinidad situada por debajo del 20‰ durante más de 24 horas es letal para los corales y otros taxa. En exposiciones subletales se produce el blanqueo y las tasas metabólicas se cambian.

La salinidad puede cambiar localmente por:

Δ Urbanización y deforestación (Δ sedimentación)

Variación en el régimen de lluvias (también predicho por los modelos de cambio climático).

D Nutrientes

Es la alteración más permanente sobre las zonas costeras debidas al ser humano.

En un arrecife coralino hawaiano se observó un incremento de los nutrientes durante 20 años hasta que en 1977 se cortó el vertido de los mismos de forma radical. Desde entonces se ha observado una mejoría en ese arrecife. En otros sitios en los que los nutrientes se siguen incrementando se observan efectos negativos:

Δ algas filamentosas y placton lo que lleva a una mayor turbiedad y bioerosión, a que se cubra el coral (menor fotosíntesis y mayor biomasa de placton y de detritos)

Cambia la sensibilidad a otros tipos de estrés

Cambios en la comunidad

Mayor número de animales compitiendo por el espacio con las larvas coralinas

Mayor demanda de oxígeno (perjudicial para el coral)

Elevadas concentraciones de fósforo y amonio lo que supone una menor calcificación

Otros efectos antropogénicos

- Toxinas: petróleo, metales y pesticidas (efectos locales)
- Explotación:

Turismo: Anclaje de barcos directamente sobre el coral y expoliación de los corales

Pesca: sobreexplotación lo que supone menos peces herbívoros y entonces un incremento de las algas

A.2.5. Relaciones comunidad coralina-comunidad humana

→ Millones de personas dependen de los corales para comida y como fuente económica. Además, los corales crean una barrera que protege el litoral y los manglares contra las olas.

→ En el Pacífico, más de 2.5 millones de personas viven en islas alrededor de corales. 300,000 personas viven en islas coralinas en el Océano Índico y aún más en el Caribe.

→ Los corales proporcionan un 10-12% de la pesca para consumo propio en países tropicales y el 20-25% de la pesca total en países empobrecidos.

→ El campo sostenible total de los corales puede ser de un 10-12% del total mundial (9 millones de toneladas).

→ El turismo también se beneficia mucho. En Florida, sus arrecifes coralinos (unos 5500km²) reportan 1.6 mil millones de dólares anualmente.

→ Para el Caribe el turismo en general representa ~50% del PNB (8.9 mil millones de dólares).

→ En las islas Vírgenes, un área protegida reportó unos beneficios turísticos de 20 millones de dólares mientras que los gastos fueron de 2.1 millones.

→ En general son las ONG's las que más están protegiendo los corales, pues muchos países no han implementado aún medidas de conservación eficaces.

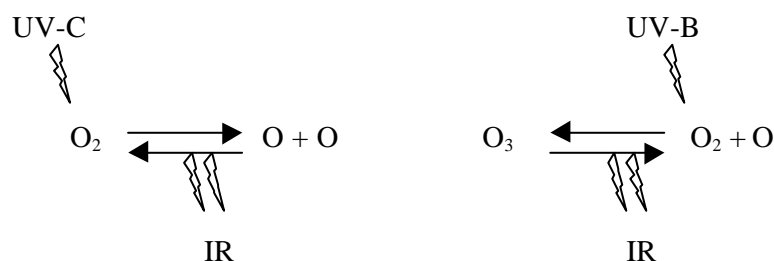
Apéndice 3

EL AGUJERO DE OZONO

A.3.1 La capa de ozono y sus destructores

En la estratosfera (10-50km de altura) hay aproximadamente 4500 millones de toneladas de ozono (a presión normal esta masa ocuparía una capa de 3 milímetros, es decir 300 Dobson). En la estratosfera, 10ppm son ozono.

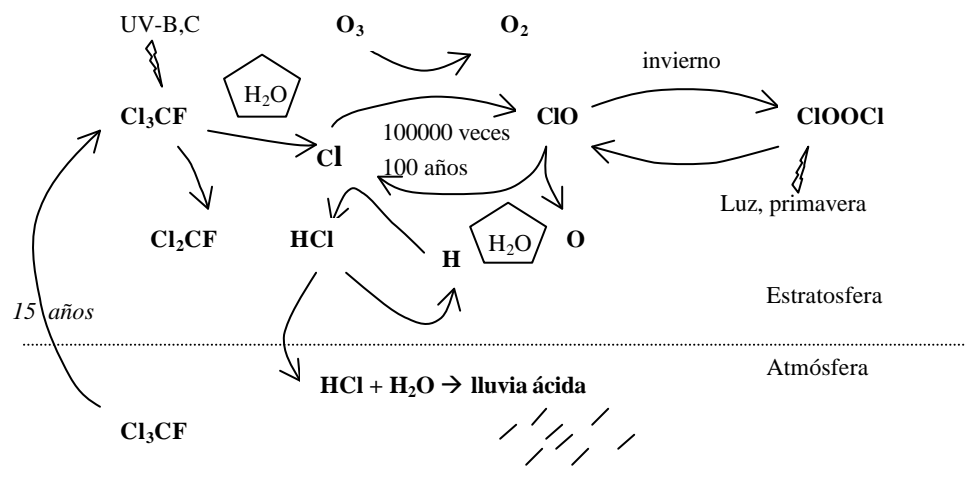
El ozono es un compuesto muy reactivo (es un fuerte contaminante en la baja atmósfera) que se encuentra en equilibrio con el oxígeno (hasta mediados de este siglo):



Absorbiendo radiación ultravioleta por un lado, y siendo un compuesto más de efecto invernadero (se emiten infrarrojos).

Al proteger la Tierra de la radiación ultravioleta, está evitando cánceres de piel y ceguera, pérdidas productivas agrícolas (por otro lado, el ozono de superficie produce pérdidas agrícolas y daños a las plantas y los seres vivos) y daños en la flora y la fauna.

Los CFCs y otros compuestos son compuestos no tóxicos, inertes químicamente y baratos de producir y son útiles en refrigeración, plásticos expansibles, aerosoles y limpieza de circuitos integrados y otras industrias. Debido a su alta estabilidad se acumulan en la atmósfera y terminan emigrando a la estratosfera, donde la radiación ultravioleta es capaz de romper su estructura liberando cloro (o bromuro en otros compuestos); esto provoca una serie de reacciones complejas aproximadamente de la siguiente forma:



Las moléculas de CFC's (aquí Cl_3CF) pasan de la atmósfera a la estratosfera en un promedio de 15 años, en la estratosfera la radiación ultravioleta en presencia de cristales de hielo (representados por pentágonos en el anterior esquema) rompen las moléculas generando iones de cloro (Cl) que son capaces de reaccionar con el ozono, rompiendo a su vez esta molécula y generando O_2 y ClO ; de nuevo en presencia de hielo la molécula de ClO se divide regenerando el Cl dispuesto otra vez para romper una nueva molécula de ozono. Este es el mecanismo que lleva a la destrucción de la capa de ozono, sobre todo en los polos donde existe abundancia de cristales de hielo. Además, en el polo sur, debido a especiales condiciones atmosféricas, se crea un vórtice de vientos en torno al mismo polo que encierra los gases y los CFCs. Por último, el ClOOCl se tiende a acumular en invierno parando el proceso que casi de golpe se inicia en primavera al romper el enlace la luz del sol. Todo ello explica por qué los agujeros de ozono han aparecido en los polos, especialmente en el sur.

A.3.2. Historia del problema⁵

1925-1930

⁵ French 1997. "Las lecciones de la experiencia del ozono" cap. 9. de la "situación del mundo" Informe del Worldwatch institute. Icaria.

- Se inventan los CFCs, entre las primeras aplicaciones se usa como elemento gas-líquido de refrigeración (sustituyendo a otros compuestos de la época)

→ Comienza un crecimiento exponencial de la producción (7-10% anual)

1970

- P. Crutzen: “Los óxidos de nitrógeno pueden destruir el ozono”

1971

- J. Lovelock: “Los CFCs fabricados desde los años 30 no han desaparecido del Antártico (se estaban acumulando por ser muy estables químicamente)”

→ ¿Los aviones estratosféricos tipo Concorde son destructores del ozono?

1974

- M. Molina y F.S. Rowland: “Los CFCs alcanzan la estratosfera liberando Cl”
- R. Stolarski y J. Cicerone: “El Cl en la estratosfera destruye el ozono”

Ambas publicaciones significan que los CFCs podían ser causantes de pérdida de ozono

→ Comienza un debate amplio:

- Los ecologistas comienzan una serie de campañas en contra de los aerosoles (sólo se centran en esta parte de la industria).
- Los consumidores responden decreciendo las ventas de aerosoles en un 60%
- La multinacional Dupont en el congreso de USA: “La hipótesis es especulativa y no hay evidencia concreta (si la hay actuaremos)”
- Algunas empresas y otros sectores sociales tachan de locos alarmistas y se burlan de los autores de esos artículos y del movimiento social en contra de los CFCs.

1977

→ El PNUMA lanza un Plan de Acción sobre la Capa de Ozono: Investigación de las causas y efectos de la posible destrucción del ozono. Se establece una colaboración científica sin precedentes liderada por R. Watson.

1978-79

→ Se prohíben los aerosoles con CFCs en Canadá, Noruega, Suecia y USA por la fuerte presión social

→ Los expertos de la industria advierten que la prohibición dejaría sin trabajo a mucha gente (no fue así)

→ La industria investiga sustitutos desde algunos años

1980

- Modelos de ordenador prevén menos daño que los predichos por Molina y Rowland

1982

- Primeras observaciones del agujero (no publicadas)

→ La economía Reagan hace que la industria relaje la investigación de sustitutos

1984

- Se publican las observaciones del agujero (= 2/3 en el Antártico), lo que ningún modelo de ordenador preveía.

1985-87

→ En Viena hay un compromiso con el plan del PNUMA

- Una expedición a la antártida confirma el agujero (1986)

- Aviones de la Nasa cartografían el agujero (1987): había aumentado desde 1984 (la pérdida era entre el 70 y el 97%)

- Se calculan datos de posibles cánceres de piel y cataratas si la pérdida fuera sobre zonas habitadas (una pérdida del 1% supondría 30000 cánceres en una población expuesta de un millón)

→ Se intensifican las campañas ecologistas y sociales

→ Los científicos dan charlas y talleres masivos de información

A principios del 86, la Alianza por una Política Responsable de CFCs (organización de 500 productores y usuarios de CFCs en USA) dicen: “la ciencia es aún demasiado incierta para justificar actuación alguna y la puesta a punto de sustancias químicas sería demasiado cara (también en puestos de trabajo)”.

A finales del 86, la misma organización pendiente de que se apruebe en USA una legislación restrictiva debido a la presión social, aboga por la limitación de los CFCs siempre que USA obligue a los demás gobiernos a las mismas limitaciones; para no perder así competitividad frente a Europa y Japón.

→ La industria europea es más reticente a las limitaciones porque no hay tanta presión social y la industria americana está más avanzada en el desarrollo de los posibles sustitutos.

→ McDonalds, presionada por sus consumidores, presiona a sus proveedores dándoles 18 meses para eliminar todos los envases con CFCs. Esto forzará a toda la industria americana envasadora a eliminar los CFCs.

→ El PNUMA empujado por su presidente M. Tolba, provoca, junto con todo lo anterior, que se negocie un acuerdo internacional que se firmará en Montreal.

→ Se incrementa la producción de HCFCs y de otros sustitutos como el agua!, gases inertes, etc. (el problema para las industrias de CFCs es que el agua no se vende)

1987(Septiembre) : Acuerdo de MONTREAL

- A pesar de que no hay evidencias científicas, se acuerda reducir los CFCs un 50% para 1998 (aplican el principio de precaución por primera vez)
- 24 países y la CEE lo firman
- La producción y uso de halones se estabilizará en 1992
- Los países empobrecidos tendrán un plazo mayor de 10 años para adaptar sus industrias (no eran los causantes del problema)
- Se restringirá el comercio con países no firmantes

1988

- Nuevas observaciones indican que se está perdiendo ozono de dos a tres veces más rápido de lo previsto y manejado en Montreal
- El agujero de ozono en el Antártico es ya del 95%

Estas noticias dan a entender que los acuerdos de Montreal no son suficientes

→ Dupont promete abandonar los CFC en el año 2000, más rápidamente que el protocolo; y presiona para que se endurezca el acuerdo de Montreal (mejora la imagen, tiene ya preparados buenos sustitutos y ha hecho y piensa hacer grandes inversiones). Los sustitutos serían los HCFCs y los HFCs (los primeros tienen un poder destructor del ozono del 2-10% respecto a los CFCs y los HFCs ningún efecto destructivo, ambos son fuertes gases de efecto invernadero y los HFCs provocan lluvia ácida al descomponerse). Otros sustitutos ensayados con éxito: zumo de limón (más barato además).

1989

- Watson et al.: Publicación de la primera evaluación exhaustiva en la que se da como muy probable la conexión CFCs-ozono (lo que apunta en la misma dirección de endurecer el acuerdo de Montreal)
- Las industrias llegan al acuerdo de cooperar para intercambiar información sobre sustitutos

1990 Acuerdo de LONDRES

- Los CFCs y halones deben dejar de producirse antes del año 2000 y se restringirán otros compuestos
- Los HCFCs serán compuestos sólo temporales (no se eliminarán pronto porque la industria debe amortizar su inversión)
- A los países empobrecidos se les tiene en cuenta: Los países enriquecidos compensarán económicamente todos los gastos adicionales. USA se opuso inicialmente a esto lo que estuvo a punto de hacer fracasar el acuerdo de Londres. Finalmente aceptó. Un estudio de la EPA (agencia de protección del ambiente de USA) concluyó que los

gastos de compensar a los países del sur son insignificantes comparados con los generados por el agujero de ozono).

- No se comerciaría con países no signatarios (lo que acelera la eficacia del acuerdo).

1991

→ El cambio está siendo tan rápido que la industria teme no recuperar las inversiones hechas en sustitutos

- Un estudio de la NASA afirma que en el polo norte el agujero avanza más de dos veces más rápido de lo previsto (podría causar 200000 muertes en USA en 50 años)

1992

- Los niveles de cloro en Canadá siguen en aumento

Los descubrimientos de los dos últimos años de nuevo indican que el acuerdo internacional, ahora en Londres, se queda corto.

→ Acuerdo de COPENHAGUE

- Se eliminarán los halones en 1994, en 1996 los CFCs y otros compuestos en los países ricos

- Se regulan los HCFCs: eliminación del 95% en el 2020 y del 100% en el 2030 (tiempo suficiente para que la industria recupere las inversiones)

Se imponen límites al Bromuro de metilo (un pesticida): En 1995 se pondrá a los niveles de 1991 (se cree que puede ser el causante de una tercera parte del agujero y de un 5 a un 10% de la pérdida total de ozono)

1994

→ La Unión Europea elimina la producción de CFCs

- Informe científico: “la eliminación del bromuro es lo más efectivo en este momento. Ya existen sustitutos para el 90% de sus aplicaciones”

1995 Acuerdo de VIENA

- Se eliminará el bromuro antes del 2010 en el norte

- El sur se pondrá a los niveles de 1995-98 en el 2002

- Se estabilizarán los HCFCs en el 2015 y en el 2040 los habrá eliminado el sur

→ La casa de moneda de Canadá cambia el uso de destructores de la capa de ozono por el uso de agua con una técnica especial que amortiza en un solo año y que luego es bastante más barata.

→ Los “charlatanes” Molina, Rowland y Crutzen reciben el premio nobel de química

En 1997 de nuevo en Montreal se regula el comercio y se establece una base para el cumplimiento de las medidas.

En 1999 en Beijing se relajó el asunto al aumentar el nivel de referencia de algunas sustancias, aunque se incorporó el bromoclorometano introducido en el mercado en 1998.

A finales de mayo de 2003 el estatus de las ratificaciones es (www.unep.ch/ozone/):

Montreal 184 países

Londres 164 países

Copenhague 146 países

Montreal 94 países

Beijing 49 países

Abril 1998 revista Nature:

Los gases de efecto invernadero hacen que la temperatura de la estratosfera descienda. Un modelo prevé que esa bajada de temperatura puede suponer que los vórtices de los polos se estabilicen en invierno, de tal forma que tendrían un efecto de reforzar los efectos de pérdida del ozono. Concluyen que los agujeros de ozono tardarán más de lo previsto en recuperarse y que seguirán creciendo hasta el 2010-2020 (en vez de 2000-2005 previsto).

Según el último informe científico encargado por el PNUMA (www.unep.ch/ozone/) se observa en la baja atmósfera menos cloro (aunque el decrecimiento es lento) que en el máximo de los años 1992-1994, sin embargo el bromo de los halones sigue creciendo aunque a una tasa menor. En la estratosfera, el cloro está ahora en el entorno de lo que puede ser su máximo valor y el bromo sigue creciendo.

Apéndice 4

UN MODELO DE ORDENADOR PARA LA RENTA PER CÁPITA MUNDIAL

Construiremos aquí un sencillo modelo (basta una hoja de cálculo) que nos va a permitir extrapolar bajo una serie de hipótesis la renta per cápita mundial.

Comenzamos de la ecuación dimensional siguiente:

C (renta per cápita mundial) = T (renta mundial/ capital natural mundial) IPV/P (capital natural per cápita)

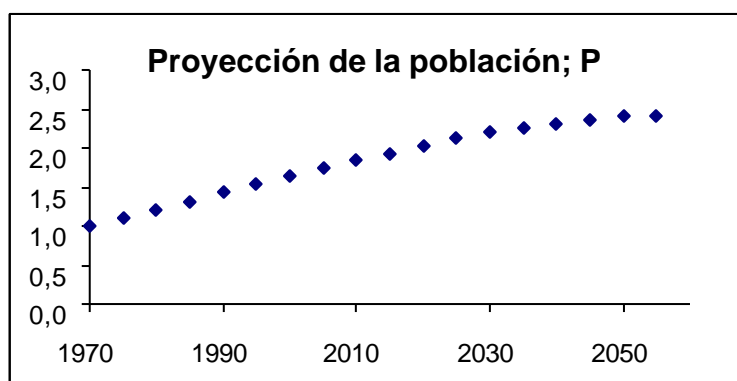
Con esta ecuación hacemos las hipótesis:

1. El capital natural, que es difícil de definir y cuantificar, lo suponemos proporcional al IPV (Índice del Planeta Vivo, ver epígrafe) y por lo tanto será un índice relativo al de 1970 ($IPV(1970) = 1$). El resto de índices los haremos también relativos a 1970 ($C = 1$, $T = 1$, $P = 1$). Este índice IPV es conocido entre 1970 y 1995 (según WWF 2000). Para el caso de la población mundial, P , este índice es conocido entre 1970 y 1995, al igual que la renta per cápita mundial C . De aquí, hallamos el factor que hemos denominado T despejando de la anterior ecuación dimensional: $T = C \cdot P / IPV$ para los años 1970-1995. Este índice lo hemos denominado T porque en parte es un factor tecnológico puesto que mide la “eficiencia” productiva (en \$) por unidad de capital natural que disponemos en cada momento y que necesitamos para que la economía funcione.
2. La T conocida ahora entre 1970 y 1995 la extrapolamos en el futuro (ajustándola a una función exponencial); con lo que suponemos que este factor sigue una senda en el futuro como la que ha seguido hasta el momento.
3. La Población mundial P , conocida entre 1970 y 1995 la extrapolamos también de acuerdo a las proyecciones que hace la FAO.
4. Por último el índice del planeta vivo (IPV), lo extrapolamos linealmente hacia el futuro, suponiendo pues que el decrecimiento en el capital natural es constante en las próximas décadas. Obviamente esta extrapolación nos lleva, ya que la pendiente de la recta es negativa, al

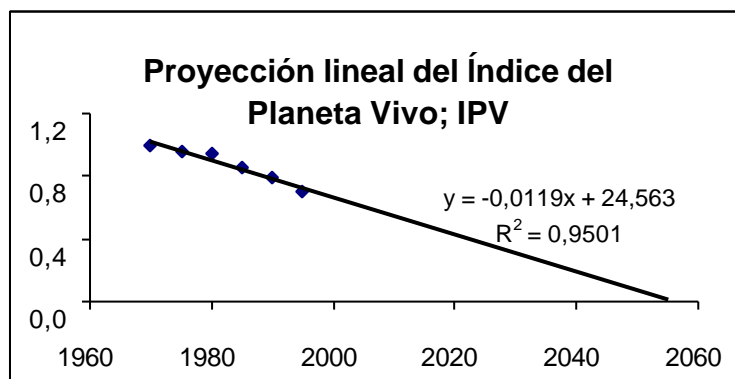
absurdo lógico de que el índice puede tomar valores negativos. El carácter erróneo de esta hipótesis confirma la pretensión de explorar no de predecir la realidad, es obvio que sin capital natural no podemos seguir adelante. Pero es obvio también que el patrón actual de deterioro nos lleva a que incluso antes de que este modelo se aparte de la realidad la senda actual nos lleva a una catástrofe.

Una vez extrapoladas P, T e IPV, no es más que volver a la primera ecuación para obtener C.

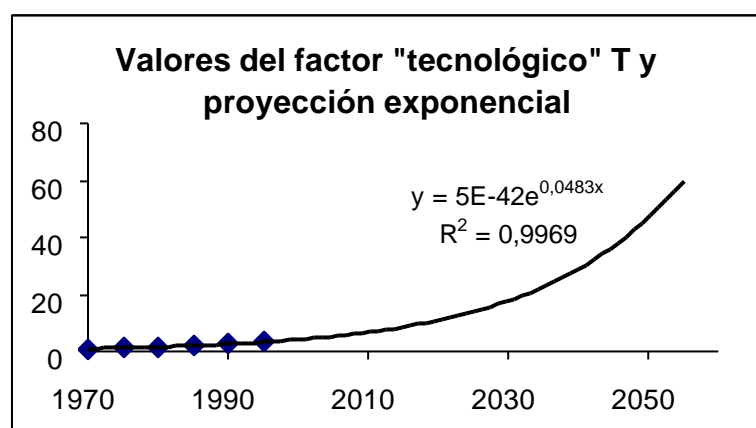
Veamos en forma de gráficas estos cuatro índices:



Proyección media de la FAO, relativa a 1970

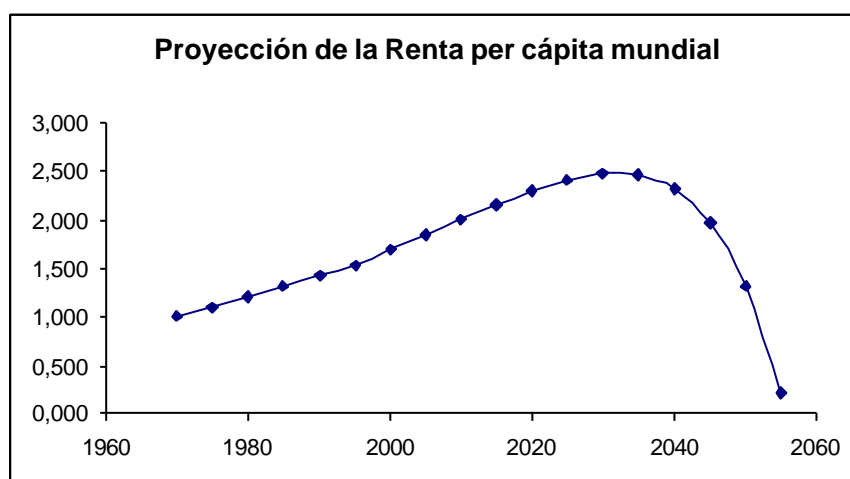


Proyección lineal del IPV a partir de los datos 1970-1995 que da WWF. Una proyección del tipo sigmoidal con asíntota horizontal en el valor IPV = 0 no cambiaría las conclusiones de la renta per cápita mundial.



Obtenemos a partir de los tres índices anteriores la Renta per cápita mundial (C). Vemos cómo a partir de la década de 2030 el decrecimiento es rapidísimo. Si hubiéramos supuesto un descenso más suave para el IPV (e.g. tipo sigmoïdal), el descenso se daría más o menos por la mismas fechas pero de forma menos brusca.

Suponer que el factor T puede crecer a un ritmo tan alto como el 5% anual cuando la economía se ralentiza y/o el IPV es muy bajo es una extrapolación obviamente optimista. Por otro lado el descenso del IPV es una visión quizás muy pesimista por igualar este índice al capital natural (es un índice que se refiere a las poblaciones de animales superiores).



Este modelo, aunque quizás en exceso sencillo, arroja similares resultados (con hipótesis muy diferentes) al de los Meadows. Como ellos mismos recuerdan, estos modelos no pretenden predecir el futuro.

Bibliografía:

WWF: www.panda.org

FAO: www.fao.org

Apéndice 5

DECLARACIÓN UNIVERSAL DE LOS DERECHOS HUMANOS (tomado del informe del PNUD 2000)

ARTICULO 1

Todos los seres humanos nacen libres e iguales en dignidad y derechos y, dotados como están de razón y conciencia, deben comportarse fraternalmente los unos con los otros.

ARTICULO 2

Toda persona tiene los derechos y libertades proclamados en esta Declaración, sin distinción alguna de raza, color, sexo, idioma, religión, opinión política o de cualquier otra índole, origen nacional o social, posición económica, nacimiento o cualquier otra condición.

Además, no se hará distinción alguna fundada en la condición política, jurídica o internacional del país o territorio de cuya jurisdicción dependa una persona, tanto si se trata de un país independiente, como de un territorio bajo administración fiduciaria, no autónomo o sometido a cualquier otra limitación de soberanía.

ARTICULO 3

Todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona.

ARTICULO 4

Nadie estará sometido a esclavitud ni a servidumbre; la esclavitud y la trata de esclavos están prohibidas en todas sus formas.

ARTICULO 5

Nadie será sometido a torturas ni a penas o tratos crueles, inhumanos o degradantes.

ARTICULO 6

Todo ser humano tiene derecho, en todas partes, al reconocimiento de su personalidad jurídica.

ARTICULO 7

Todos son iguales ante la ley y tienen, sin distinción, derecho a igual protección de la ley. Todos tienen derecho a igual protección contra toda discriminación que infrinja esta Declaración y contra toda provocación a tal discriminación.

ARTICULO 8

Toda persona tiene derecho a un recurso efectivo, ante los tribunales nacionales competentes, que la ampare contra actos que violen sus derechos fundamentales reconocidos por la constitución o por la ley.

ARTICULO 9

Nadie podrá ser arbitrariamente detenido, preso ni desterrado.

ARTICULO 10

Toda persona tiene derecho, en condiciones de plena igualdad, a ser oída públicamente y con justicia por un tribunal independiente e imparcial, para la determinación de sus derechos y obligaciones o para el examen de cualquier acusación contra ella en materia penal.

ARTICULO 11

1) Toda persona acusada de delito tiene derecho a que se presuma su inocencia mientras no se pruebe su culpabilidad, conforme a la ley y en juicio público en el que se le hayan asegurado todas las garantías necesarias para su defensa.

2) Nadie será condenado por actos u omisiones que en el momento de cometerse no fueron delictivos según el Derecho nacional o internacional. Tampoco se impondrá pena más grave que la aplicable en el momento de la comisión del delito.

ARTICULO 12

Nadie será objeto de injerencias arbitrarias en su vida privada, su familia, su domicilio o su correspondencia, ni de ataques a su honra o a su reputación. Toda persona tiene derecho a la protección de la ley contra tales injerencias o ataques.

ARTICULO 13

1) Toda persona tiene derecho a circular libremente y a elegir su residencia en el territorio de un Estado.

2) Toda persona tiene derecho a salir de cualquier país, incluso el propio, y a regresar a su país.

ARTICULO 14

1) En caso de persecución, toda persona tiene derecho a buscar asilo, y a disfrutar de él, en cualquier país.

2) Este derecho no podrá ser invocado contra una acción judicial realmente originada por delitos comunes o por actos opuestos a los propósitos y principios de las Naciones Unidas.

ARTICULO 15

- 1) Toda persona tiene derecho a una nacionalidad.
- 2) A nadie se privará arbitrariamente de su nacionalidad ni del derecho a cambiar de nacionalidad.

ARTICULO 16

- 1) Los hombres y las mujeres, a partir de la edad núbil, tienen derecho, sin restricción alguna por motivos de raza, nacionalidad o religión, a casarse y fundar una familia; y disfrutarán de iguales derechos en cuanto al matrimonio, durante el matrimonio y en caso de disolución del matrimonio.
- 2) Sólo mediante libre y pleno consentimiento de los futuros esposos podrá contraerse el matrimonio.
- 3) La familia es el elemento natural y fundamental de la sociedad y tiene derecho a la protección de la sociedad y del Estado.

ARTICULO 17

- 1) Toda persona tiene derecho a la propiedad, individual y colectivamente.
- 2) Nadie será privado arbitrariamente de su propiedad.

ARTICULO 18

Toda persona tiene derecho a la libertad de pensamiento, de conciencia y de religión; este derecho incluye la libertad de cambiar de religión o de creencia, así como la libertad de manifestar su religión o su creencia, individual y colectivamente, tanto en público como en privado, por la enseñanza, la práctica, el culto y la observancia.

ARTICULO 19

Todo individuo tiene derecho a la libertad de opinión y de expresión; este derecho incluye el no ser molestado a causa de sus opiniones, el de investigar y recibir informaciones y opiniones, y el de difundirlas, sin limitación de fronteras, por cualquier medio de expresión.

ARTICULO 20

- 1) Toda persona tiene derecho a la libertad de reunión y de asociación pacíficas.
- 2) Nadie podrá ser obligado a pertenecer a una asociación.

ARTICULO 21

- 1) Toda persona tiene derecho a participar en el gobierno de su país, directamente o por medio de representantes libremente escogidos.
- 2) Toda persona tiene el derecho de acceso, en condiciones de igualdad, a las funciones públicas de su país.
- 3) La voluntad del pueblo es la base de la autoridad del poder público; esta voluntad se expresará mediante elecciones auténticas que habrán de celebrarse periódicamente, por

sufragio universal e igual y por voto secreto u otro procedimiento equivalente que garantice la libertad del voto.

ARTICULO 22

Toda persona, como miembro de la sociedad, tiene derecho a la seguridad social, y a obtener, mediante el esfuerzo nacional y la cooperación internacional, habida cuenta de la organización y los recursos de cada Estado, la satisfacción de los derechos económicos, sociales y culturales, indispensables a su dignidad y al libre desarrollo de su personalidad.

ARTICULO 23

1) Toda persona tiene derecho al trabajo, a la libre elección de su trabajo, a condiciones equitativas y satisfactorias de trabajo y a la protección contra el desempleo.

2) Toda persona tiene derecho, sin discriminación alguna, a igual salario por trabajo igual.

3) Toda persona que trabaja tiene derecho a una remuneración equitativa y satisfactoria, que le asegure, así como a su familia, una existencia conforme a la dignidad humana y que será completada, en caso necesario, por cualesquiera otros medios de protección social.

4) Toda persona tiene derecho a fundar sindicatos y a sindicarse para la defensa de sus intereses.

ARTICULO 24

Toda persona tiene derecho al descanso, al disfrute del tiempo libre, a una limitación razonable de la duración del trabajo y a vacaciones periódicas pagadas.

ARTICULO 25

1) Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios; tiene asimismo derecho a los seguros en caso de desempleo, enfermedad, invalidez, viudez, vejez y otros casos de pérdida de sus medios de subsistencia por circunstancias independientes de su voluntad.

2) La maternidad y la infancia tienen derecho a cuidados y asistencia especiales. Todos los niños, nacidos de matrimonio o fuera de matrimonio, tienen derecho a igual protección social.

ARTICULO 26

1) Toda persona tiene derecho a la educación. La educación debe ser gratuita, al menos en lo concerniente a la instrucción elemental y fundamental. La instrucción elemental será obligatoria. La instrucción técnica y profesional habrá de ser generalizada; el acceso a los estudios superiores será igual para todos, en función de los méritos respectivos.

2) La educación tendrá por objeto el pleno desarrollo de la personalidad humana y el fortalecimiento del respeto a los derechos humanos y a las libertades fundamentales;

favorecerá la comprensión, la tolerancia y la amistad entre todas las naciones y todos los grupos étnicos o religiosos; y promoverá el desarrollo de las actividades de las Naciones Unidas para el mantenimiento de la paz.

3) Los padres tendrán derecho preferente a escoger el tipo de educación que habrá de darse a sus hijos.

ARTICULO 27

1) Toda persona tiene derecho a tomar parte libremente en la vida cultural de la comunidad, a gozar de las artes y a participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten.

2) Toda persona tiene derecho a la protección de los intereses morales y materiales que le correspondan por razón de las producciones científicas, literarias o artísticas de que sea autora.

ARTICULO 28

Toda persona tiene derecho a que se establezca un orden social e internacional en el que los derechos y libertades proclamados en esta Declaración se hagan plenamente efectivos.

ARTICULO 29

1) Toda persona tiene deberes respecto a la comunidad, puesto que sólo en ella puede desarrollar libre y plenamente su personalidad.

2) En el ejercicio de sus derechos y en el disfrute de sus libertades, toda persona estará solamente sujeta a las limitaciones establecidas por la ley con el único fin de asegurar el reconocimiento y el respeto de los derechos y libertades de los demás, y de satisfacer las justas exigencias de la moral, del orden público y del bienestar general en una sociedad democrática.

3) Estos derechos y libertades no podrán en ningún caso ser ejercidos en oposición a los propósitos y principios de las Naciones Unidas.

ARTICULO 30

Nada en la presente Declaración podrá interpretarse en el sentido de que confiere derecho alguno al Estado, a un grupo o a una persona, para emprender y desarrollar actividades o realizar actos tendientes a la supresión de cualquiera de los derechos y libertades proclamados en esta Declaración.