

Apuntes para Ecología y Conservación

Cambio climático, agujeros de ozono y deposiciones ácidas: El desafío de las especies



Marcelo L. Morales Yokobori

2017

Derechos reservados

Cambio climático, agujeros de ozono y deposiciones ácidas: el desafío de las especies, escrito por Marcelo Lino Morales Yokobori, es ofrecido como texto de estudio en el portal "Terra curanda", ISSN 1569-2469.

www.terracuranda.org

Contenido

Fenómenos de cambios ambientales regionales y globales de origen antropogénico	3
El calentamiento global y el efecto invernadero	3
Razones físicas del calentamiento global: el efecto del invernadero	5
Causas y consecuencias del calentamiento global.....	5
El agujero de ozono.....	6
El Protocolo de Montreal	7
Deposición ácida	8
Introducción a los ecosistemas	10
Bibliografía	13

Fenómenos de cambios ambientales regionales y globales de origen antropogénico

El calentamiento global y el efecto invernadero

Se llama cambio climático a la alteración del clima respecto a su histórico promedio y su variabilidad histórica. Los grandes cambios climáticos ocurren, aproximadamente, cada 100 mil años; con ciclos de avance y retroceso de glaciares. En cambio, cada 20 mil a 40 mil años pueden ocurrir períodos secundarios de enfriamiento.

Durante los últimos 150 años, las actividades humanas han modificado la tasa de cambio climático. Todos hemos oído hablar del calentamiento global e incluso hemos escuchado versiones que lo niegan. Pero resulta un hecho inobjetable, que surge a través de mediciones realizadas en distintos puntos del planeta, que la temperatura promedio del planeta se encuentra en ascenso (Organización de Naciones Unidas, 2016), principalmente desde comienzos del siglo pasado. Este incremento no ha sido uniforme durante los últimos 150 años, sino más bien escalonado como se puede apreciar en la Ilustración 1. A su vez, las variaciones medias de temperatura no son uniformes en todo el planeta. Si bien en la gran mayoría de las diversas regiones se observa algún grado de aumento de la temperatura promedio anual, en algunos casos particulares se observa una disminución de la misma (Met Office Hadley Centre,

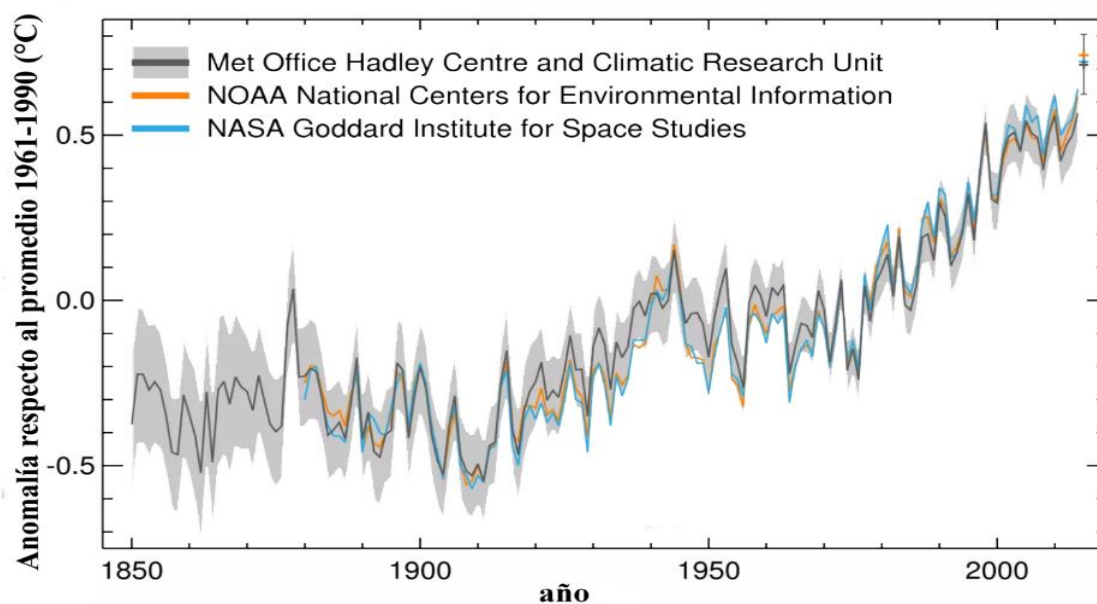


Ilustración 1: Anomalías de temperatura promedio mundial cercana a la superficie de 1850 a octubre de 2015. Se representan datos del HadCRUT4.4.0.0 (línea negra y áreas gris indicando el 95% de rango de incertidumbre), del GISTEMP (línea azul) y de la NOAA GlobalTemp (línea naranja). El promedio para 2015 fue un valor provisorio (al momento de realizarse el gráfico) cubriendo los meses de enero a octubre. Fuente y cortesía de la Organización de Naciones Unidas (2016).

2016), como se puede apreciar en la Ilustración 2.

El calentamiento global se lo puede expresar como un agravamiento del efecto invernadero. Este último es un fenómeno natural que ocurre por la presencia de ciertos gases en la atmósfera, los cuales tienen la propiedad de absorber y reemitir radiación infrarroja, franja del espectro electromagnético asociada al calor de los cuerpos, en particular de los organismos vivos (ver

Ilustración 3). Un incremento acelerado de estos gases en la tropósfera, la capa más próxima de la atmósfera, trae como resultado un aumento proporcional del efecto invernadero, razón por la cual hablamos de cambio climático.

Las variaciones climáticas han ocurrido siempre, desde antes de la aparición del *homo sapiens* y del surgimiento de la agricultura. Pero lo que se observa en este último siglo es un aceleramiento de dichos cambios (ver Ilustración 1). Se atribuye este incremento de velocidad de cambio al

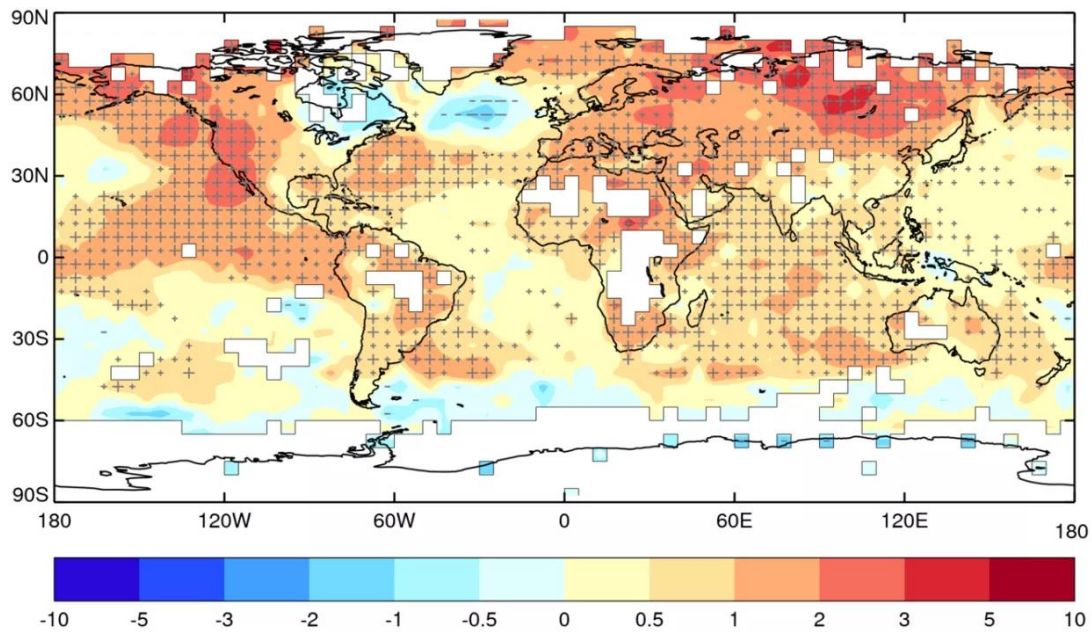


Ilustración 2: Anomalías globales promedio de la temperatura durante el periodo enero-octubre de 2015 respecto al promedio anual 1961-1990, obtenidas del conjunto de datos HadCRUT.4.4.0.0. Las pequeñas cruces (+) indican temperaturas que excedieron el 90° percentil, representando un calentamiento inusual, mientras que los pequeños guiones (-) indican temperaturas debajo del 10° percentil, representando condiciones inusuales de frío. Las grandes cruces y guiones indican temperaturas fueran del rango 2°-98° percentiles. Fuente y cortesía del Met Office Hadley Centre.

incremento de gases de efecto invernadero, entre ellos el dióxido de carbono (CO_2). Este último gas es liberado a la atmósfera durante varios procesos metabólicos naturales como los catabólicos¹, propios de los animales, por ejemplo. Pero también la quema de combustibles fósiles libera a la atmósfera este dióxido de carbono, siendo principalmente este factor antropogénico directo al cual se le atribuye el calentamiento global. El vapor de agua es el otro gas de efecto invernadero más importante, el cual resulta en constante dinámica por evaporación y condensación, además del transporte de los vientos (Akitt, 2017; D'Antoni, 2012). Otro gas que también contribuye al calentamiento global es el metano (CH_4), el mismo que utilizamos a nivel doméstico, y que también, una vez quemado, libera dióxido de carbono. Es devuelto a la atmósfera durante el proceso digestivo de los rumiantes, razón por la cual Argentina, en la época en que su ganadería alcanzó su máximo desarrollo, fue el principal contaminante de este gas a la atmósfera. Se pueden mencionar también al óxido nitroso (N_2O) y el ozono (O_3) como gases de efectos de invernadero. Cabe observar que los gases atmosféricos en mayor proporción, N_2 ($\approx 78\%$) y O_2 ($\approx 21\%$), no son gases invernadero.

¹ Catabolismo: proceso por el cual una célula viva u organismo descompone moléculas orgánicas complejas en otras más pequeñas, liberando así energía y materia de desecho (Park, 2007).

El calentamiento global es, como su nombre lo indica, un fenómeno de alcance mundial. Estos gases, una vez liberados a la atmósfera, se dispersan a diversas latitudes y longitudes. Pero la dinámica climática es mucho más compleja por lo que, aun así, los efectos no resultan homogéneos sobre toda la superficie terrestre, tal como se puede apreciar en la Ilustración 2.

Razones físicas del calentamiento global: el efecto del invernadero

Como decíamos anteriormente, el efecto invernadero es un fenómeno natural que ocurre por la presencia de ciertos gases en la atmósfera, los cuales tienen la propiedad de absorber y

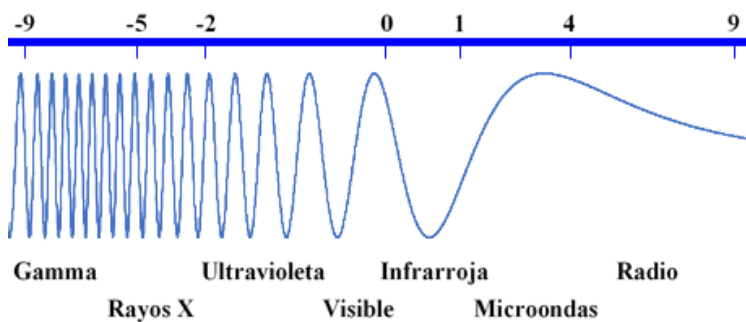


Ilustración 3: Representación de las distintas bandas del espectro electromagnético, donde los números indican los logaritmos de dichas longitudes de onda expresadas en micrómetros. Obsérvese que, a mayor longitud de onda, menor frecuencia.

reemitir la radiación infrarroja. Esta radiación es la que transmite el calor y por ello su retención en la tropósfera contribuye a conservar la temperatura en nuestro planeta. Pero un exceso de la misma, que no logra escapar de la atmósfera, conduce a un incremento general de la temperatura, provocando serias consecuencias en la evaporación del agua, la

formación de vientos y la naturaleza.

Causas y consecuencias del calentamiento global

La revolución industrial es el principal punto de inflexión a partir del cual comienza la contaminación del hombre sobre la atmósfera, produciéndose como consecuencia el agravamiento del efecto invernadero, calentamiento global o, en términos más amplios, cambio climático acelerado. La revolución industrial trajo aparejados cambios sustanciales en nuestra forma de vida, en muchos casos mejorándola. Entre ellos, podemos mencionar:

- Incremento masivo del uso de energía de origen fósil
- Economías de base agraria, con utilización de maquinarias
- Rápido y amplio crecimiento en la producción de bienes
- Crecimiento sostenido de la población, con migración hacia centros urbanos
- Incrementos de medios de transporte y de calidad de vida

Las principales consecuencias directas de este cambio climático que estamos atravesando son:

- El descongelamiento de las nieves en las regiones sub-polares, afectando la estabilidad de los suelos y causando severos daños en las infraestructuras.
- El descongelamiento de los glaciares, aumentando el nivel de los océanos y la salinidad de los suelos costeros, con los consecuentes impactos para la vida silvestre.
- El calentamiento de las regiones templadas, favoreciendo el aumento de vectores de enfermedades infecciosas (principalmente insectos) y de parásitos, con impactos directos sobre el *homo sapiens* (enfermedades) e indirectos (agricultura y ganadería).

- El cambio en los patrones de lluvias, forzando una adaptación de temporadas de siembra y cosecha o de cambios de rubros en la producción.
- El posible incremento de intensidad en tormentas y huracanes tropicales.
- Los cambios en la disponibilidad del agua, tras sequías, inundaciones, cambios en los patrones de distribución de las precipitaciones, etc.
- Pérdida de hábitat para algunas especies, pues existen umbrales de temperatura, los cuales atravesados traen consecuencias negativas para ellas.

El agujero de ozono

Desde comienzos de los años 80 se ha detectado una importante disminución en la concentración del ozono alrededor de los polos. Este fenómeno, que dio en llamarse “Agujero de ozono”, tiene su mayor expresión en la Antártida. El ozono cumple la importante función de absorber la radiación ultravioleta emitida por el sol, cuyos fotones tienen suficiente energía como para causar daños severos, a nivel molecular, sobre las células más expuestas de los organismos, como por ejemplo las de la piel. Recordemos de física que la energía de un fotón es proporcional a su frecuencia, la cual es inversamente proporcional a la longitud de onda. Es decir, la luz ultravioleta tiene mayor energía que la visible y ésta, a su vez, que la infrarroja.

Dentro del espectro de radiación ultravioleta (UV) se pueden distinguir tres bandas, la UVA (315-400 nm), la UVB (280-315 nm) y la UVC (100-280 nm). Cada una de estas bandas impacta de manera distinta sobre la piel, siendo la UVA capaz de alcanzar la dermis e inducir el envejecimiento prematuro, mientras que la UVB, más energética, está asociada a diversos cánceres de piel (ver Ilustración 4). La UVC no alcanza la superficie porque es retenida por la capa de ozono, pero la UVA, en cambio, alcanza en un 95% y la UVB en un 5% (Vallejo, Vargas, Martínez, Agudelo, & Ortiz, 2013). Otros efectos nocivos de la UVA son el incremento de los daños ocasionados por la UVA, particularmente cáncer de piel y la formación de cataratas².

La radiación UVB puede también ocasionar efectos adversos sobre los vegetales, tales como la alteración de su forma y la reducción del crecimiento, la modificación de los tiempos de floración, la afectación de sus sistemas inmunológicos, el incremento de la producción de sustancias tóxicas y, ocasionalmente, las pérdidas de especies. A su vez, la radiación UV es responsable de una alarmante reducción de fitoplancton en la Antártida, con los consecuentes impactos negativos sobre toda la cadena trófica que se sustenta a partir de dichos organismos fotosintéticos.

La radiación ultravioleta está también involucrada en procesos fisiológicos como la síntesis de vitamina D₃ por parte de la piel humana y la síntesis de vitamina D₂ por parte de las plantas.

Los principales compuestos a los que se atribuye la causalidad de la reducción de la capa de ozono son los clorofluoro-carbonados (CFC) y los bromofluoro-carbonados (halones), liberados a la atmósfera y utilizados en la industria del frío y en los propelentes para aerosoles. Estas moléculas, una vez en la estratósfera³, liberan su átomo de cloro o bromo cuando reciben un rayo UV. Este átomo de Cl o Br, a su vez, toma un átomo de oxígeno del ozono, el cual es liberado

² Cambio estructural del cristalino, que produce una visión borrosa.

³ Segunda capa de la atmósfera, por encima de la tropósfera, que ocurre entre los 11 km y 48 km, aproximadamente.

posteriormente cuando se encuentra con otro átomo de oxígeno. De esta manera, el cloro sigue persistiendo en la atmósfera, alterando el equilibrio estequiométrico⁴ entre oxígeno molecular y ozono, y disminuyendo la concentración del gas responsable de frenar la radiación UV.

Si bien estos gases han sido, mayoritariamente, reemplazados por otros, el átomo de cloro tiene una vida media estimada de 50 años en la atmósfera, y por ello el daño seguirá causando daños por un tiempo.

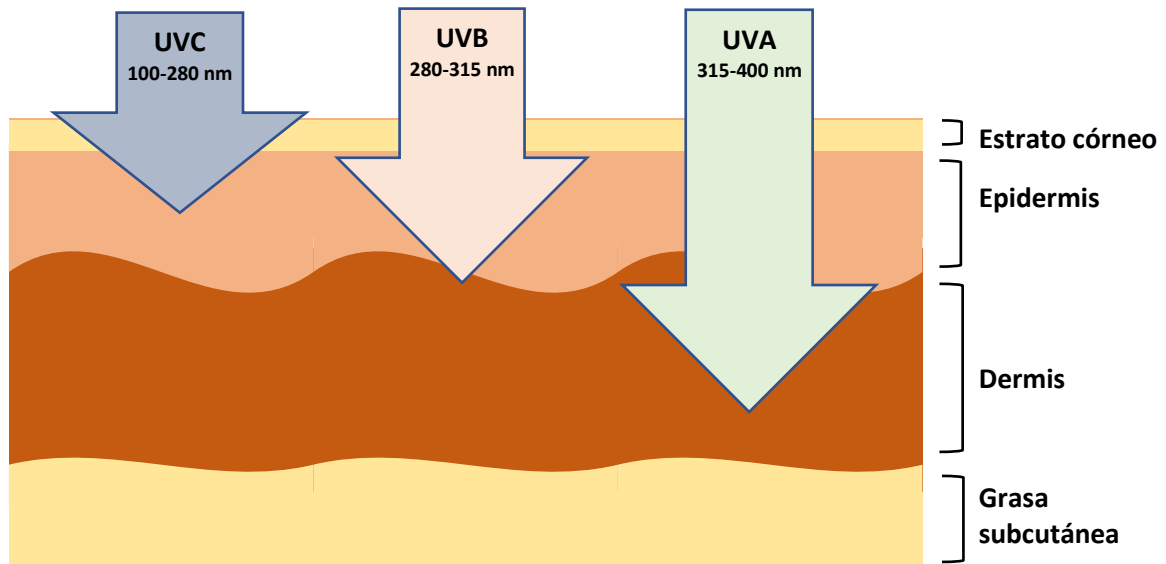


Ilustración 4: Capacidad de penetración, en la piel humana, de las distintas bandas de longitud de onda de la luz ultravioleta, siendo la UVA la que alcanza la dermis. La UVC, por ser más energética, es más dañina, pero es retenida en su totalidad en la estratósfera, gracias al ozono todavía presente. Por esa razón, los protectores solares son formulados para detener el paso de los UVA y UVB.

El Protocolo de Montreal

El Protocolo de Montreal fue firmado en 1987, como un acuerdo internacional para reducir progresivamente con la producción de clorofluorocarbonos (CFC). Entró en vigor en el año 1989 y fue ratificado por 29 países y la CE. El protocolo fue elaborado con el respaldo de la Organización de Naciones Unidas y ajustado mediante enmiendas (1990 en Londres; 1992 en Copenhague; 1995 en Viena y 1997 en Montreal).

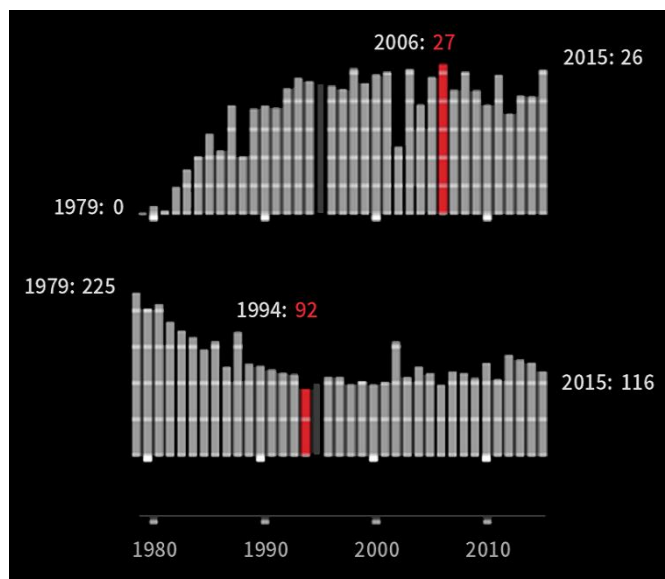


Ilustración 5: Gráfico superior: área promedio del agujero (7 de set. – 13 oct.) en millones de km². Gráfico inferior: mínimo promedio de ozono (21 set – 16 oct) en unidades Dobson. Fuente: NASA (2015).

⁴ Equilibrio entre reactivos y productos en una reacción química.

En la actualidad cuenta con más de 185 países adheridos, entre ellos Argentina. Ofrece definiciones,

recomendaciones, medidas de control, propuestas para considerar las situaciones especiales en países en desarrollo, pautas para la investigación e intercambio de información entre países participantes y pautas para la transferencia de tecnología y anexos con listas de sustancias controladas.

La meta para el año 2010 fue eliminar por completo el consumo de clorofluorocarbonados. Los resultados parecen ser alentadores. La concentración de ozono, que se mide en unidades Dobson⁵, parece haberse incrementado, en promedio, en los últimos cuatro años hasta el 2015 (ver Ilustración 5).

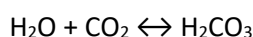
Deposición ácida

La deposición ácida es la precipitación, desde la atmósfera, de sustancias ácidas sobre la superficie terrestre. Involucra todo tipo de precipitaciones, incluyendo lluvia, nieve, granizo y niebla. También puede ocurrir como deposición seca, sin que medie el agua, es decir como gases o partículas. Por todo ello, el término científicamente correcto es deposición ácida y no lluvia ácida.

La acidez (o alcalinidad, que significa lo opuesto) se mide como el valor absoluto del logaritmo, en base 10, de la concentración molar de hidrógeno libre o hidronio (H⁺ o H₃O⁺, respectivamente). Este valor representa el grado de acidez de una solución, siendo ácida (mayor concentración de protones) cuando el pH se halla debajo del valor 7 y en caso contrario, resultando alcalino. Todas las deposiciones naturales son ácidas, es decir con un pH por debajo de 7. Por ejemplo, la lluvia limpia suele tener un pH entre 5 y 5,5. Esto se debe a que el agua y el dióxido de carbono reaccionan, en la atmósfera, para formar ácido carbónico, es decir:



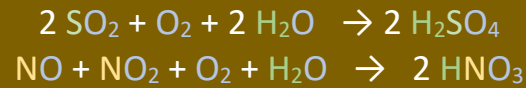
Ilustración 6: El agua que precipita se escurre (escorrentías) sobre la superficie y se infiltra (percolaciones) en el suelo. Las escorrentías alimentan ríos y lagos mientras que las percolaciones permiten la absorción del agua mitigando así los anegamientos. De esta manera, las deposiciones ácidas se diseminan sobre la superficie y profundidad del suelo.



Si bien el fenómeno se conoce, abreviadamente, como deposición ácida, debemos entenderla como una deposición más ácida de lo natural. El problema surge cuando el nivel de acidez

⁵ 100 unidades Dobson (UD) equivalen a 1 mm de espesor de ozono en condiciones normales de presión y temperatura (1 atm. y 0°C).

natural de las deposiciones se incrementa (pH desciende) debido a la presencia en la atmósfera de los óxidos de azufre y de nitrógeno, provenientes de la quema de combustibles fósiles, los cuales reaccionan también con el agua formándose ácidos como el sulfúrico y el nítrico, siguiendo las siguientes reacciones:



Una vez que las precipitaciones ocurren, la acidez excesiva se distribuye sobre y por debajo de la superficie terrestre, a través de escorrentías y percolaciones (ver Ilustración 6).

En la Ilustración 7 se pueden observar distintos niveles de pH sobre muestras tomadas en la amplia superficie de EE. UU. Nótese que, hacia el este de este país, precisamente en su zona más industrializada, se encuentran los valores más bajos de pH, atribuibles a deposiciones más ácidas.

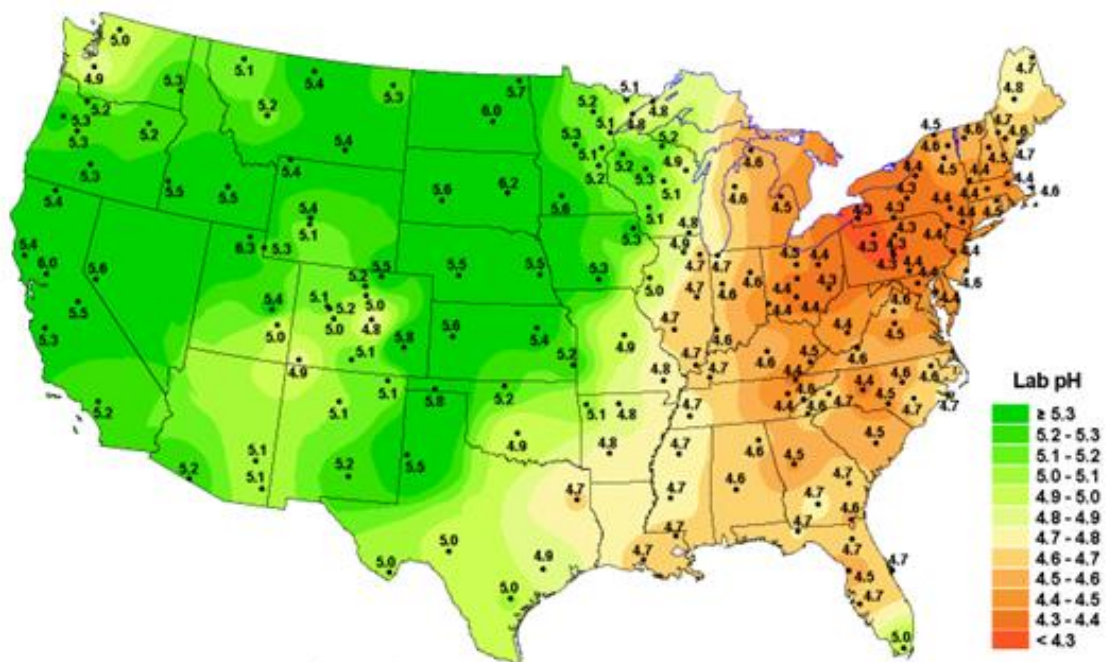


Ilustración 7: Concentración de iones hidrógeno (como pH) en las deposiciones atmosféricas, según mediciones efectuadas en el Laboratorio Analítico Central del Programa Nacional de Deposición Atmosférica de EE. UU. Fuente: National Atmospheric Deposition Program (nadp.sws.uiuc.edu).

Las fuentes de los gases antes mencionados pueden encontrarse a cientos de kilómetros de donde ocurre la deposición ácida, transportada por los vientos, el fenómeno no es considerado solo de escala local sino también de carácter regional; sin llegar a ser de escala global. Por ejemplo, diversos autores han señalado la ocurrencia del transporte de polutantes desde el Reino Unido y Europa Central a Suecia, causando la muerte de peces (Menz & Seip, 2004).

Introducción a los ecosistemas

Cuando hablamos de ecosistema nos referimos a un conjunto de individuos de distintas especies que interactúan entre sí y con el medio ambiente, intercambiando materia y energía. Si descomponemos el término ecosistema en sus dos raíces, tenemos eco que proviene del griego “oikos” significando casa, y sistema. Pensemos en nuestro hogar, como cada sección cumple una función muy específica (dormitorio, baño, cocina, etc.) o, más específicamente, cada elemento desde un tenedor hasta una escoba para limpiar. Aunque lo tengamos implícito, por cuestiones culturales, estamos inmersos en un sistema cuando habitamos nuestro hogar y somos parte sustancial del mismo.

La naturaleza es nuestra casa grande y es un hogar cambiante, por razones propias de la misma naturaleza y por razones de nuestra capacidad intelectual de desarrollar conocimiento y de alterar la dinámica original del planeta. Involucra un flujo de energía constante que se origina en los grandes astros como nuestro sol, que luego se transforma en materia orgánica a través de la fotosíntesis⁶ de las plantas, y que luego son alimento de herbívoros como los rumiantes, que son uno de nuestros alimentos predilectos.

Los ecosistemas pueden tener distintas jerarquías o niveles. Un paisaje, compuesto por un lago, campos y montes de árboles, puede ser pensado como un gran ecosistema, donde algunas aves se alimentan de plantas en los campos y habitan los montes de árboles, mientras otras aves se alimentan de los peces del lago, donde también habitan pequeños mamíferos como las nutrias que también viven en tierra. Pero, a su vez el lago puede, ser pensado como un ecosistema, más específico, donde los peces, moluscos del fondo, fitoplancton⁷ y zooplancton⁸, entre otros, constituyen también un ecosistema, aunque de menor dimensión espacial y estructural.

Todos los ecosistemas están compuestos por dos componentes fundamentales: la comunidad de especies y el hábitat. La comunidad involucra una diversidad de especies, algunas de las cuales pueden interactuar con otras y el hábitat de distintas maneras. El hábitat es el soporte fisicoquímico donde ocurren las historias naturales de todas las especies; es decir, en líneas generales, suelo, agua, aire. Cada uno de estos últimos puede tener variantes. Por ejemplo, no será lo mismo un suelo con un 70% de humus que uno con tan solo 20%; o un lago con niveles de salinidad propios de los océanos que uno de agua dulce.

Cada especie en la comunidad está representada por un dado nivel poblacional o población, que varía por diversos factores. Es decir, cuando hablamos de población, nos referimos a una especie en particular. En general las especies muy pequeñas tienen estrategias reproductivas de procreación masiva, tales como los insectos, garantizando de esta manera el éxito reproductivo. Esta estrategia, a su vez, permite que muchos individuos que no llegarán a adultos sirvan de alimento para otras especies, por ejemplo, aves. La teoría de evolución de las especies explicaría este fenómeno sosteniendo que los ancestros de las actuales especies fueron cambiando, a lo largo de millones de años y en forma azarosa, pero, y al mismo tiempo, siendo seleccionadas

⁶ Proceso que realizan los organismos que poseen pigmentos como la clorofila, entre ellos algas, plantas y cianobacterias, que utilizan para captar energía solar que luego es transformada en energía química en forma de glucosa y sus derivados.

⁷ Organismos fotosintéticos que no son capaces de vencer (por ejemplo, por enraizamiento) las fuerzas de la viscosidad del agua, quedando entonces sometidas al movimiento de la misma y siendo transportados forzosamente por ella.

⁸ Análogamente a fitoplancton, pero tratándose en este caso, por ejemplo, de animales en su primer estadio de vida como las larvas de los peces.

por el entorno, el cual incluye al hábitat (cambiante, por razones naturales) y las otras especies. Sobreviviendo así, las aptas para el entorno del momento. Cada especie miraría, seguramente, el universo o el resto de la naturaleza posándose como centro de coordenadas. Esta sugerencia de carácter antropogénico surge seguramente de la historia de nuestra especie, que siempre lo ha hecho. Pero, con una visión más amplia, deberíamos pensar que la evolución es un fenómeno concurrente de cambios que, en forma dinámica, se van influenciando unos a otros, presentando en uno de sus instantes, nuestras vidas, la naturaleza tal como la conocemos.

La estrategia reproductiva de los insectos, llamada estrategia r^9 , resulta viable cuando las especies son pequeñas porque si fueran de gran tamaño, la escasez de alimento sería un factor limitante de gran impacto impidiendo, desde los primeros inicios de vida, la supervivencia de algún individuo. Cuando las especies son grandes, y, por lo tanto, requieren más alimento, se torna necesario el cuidado parental. Esta es la segunda estrategia reproductiva, llamada estrategia K, siendo este valor el límite para el crecimiento poblacional de dicha especie, en un dado ecosistema. Es decir, las limitaciones de recursos se harán sentir fuertes cuando la población de una especie estrategia K este llegando a este valor límite (K, habitualmente medida en cantidad de individuos de la especie). Cuando la población esté cerca del valor K, los individuos de la misma se verán forzados a competir entre sí por el alimento y el territorio, entre otros factores.

Las especies pueden interactuar entre ellas, básicamente, de tres formas distintas: mutualismo, comensalismo y predación.

El mutualismo es una relación cualitativamente simétrica, es decir ambas especies se benefician. Las abejas, que se alimentan del néctar de la flor y transportan, accidentalmente, el polen hacia otra flor, permitiendo así la reproducción sexual de las plantas, es un típico ejemplo de mutualismo.

La predación, en donde se puede incluir al parasitismo, es una relación cualitativamente antisimétrica, es decir mientras una especie (predador) se beneficia la otra (presa) pierde la vida o se enferma, en el caso de parasitismo. Un ejemplo de parásito es el *Trypanosoma cruzi*, un protozoo¹⁰, que es el agente etiológico del mal de Chagas-Mazza, enfermedad endémica de Argentina y de otros países de América Latina, que ha alcanzado también otros rincones del planeta. El protozoo es transmitido entre humanos a través del aparato digestivo de una especie vector, la vinchuca (*Triatoma infestans*), que es hematófaga¹¹. Después de picar, el insecto defeca, y si la picazón es respondida por la persona afectada con un rascado (algo que puede ocurrir, también, cuando la persona está durmiendo) los desechos defecados, que pueden contener al parásito, tienen la oportunidad de ingresar por el orificio de la picadura, accediendo así al torrente sanguíneo.

El comensalismo es una relación donde una especie se beneficia, pero la otra no sale perjudicada ni tampoco obtiene ventaja. Un ejemplo son las especies carroñeras, que se alimentan de los restos de organismo muertos, abandonados por sus predadores una vez que la parte más sustancial de la carne fue devorada.

⁹ Se llama estrategia r porque con este símbolo se representa la tasa instantánea exponencial de crecimiento.

¹⁰ Organismos que pertenecen, junto con las algas, al reino de los Protistas, uno de los cinco reinos en que se dividen los organismos vivos.

¹¹ Se alimenta de sangre.

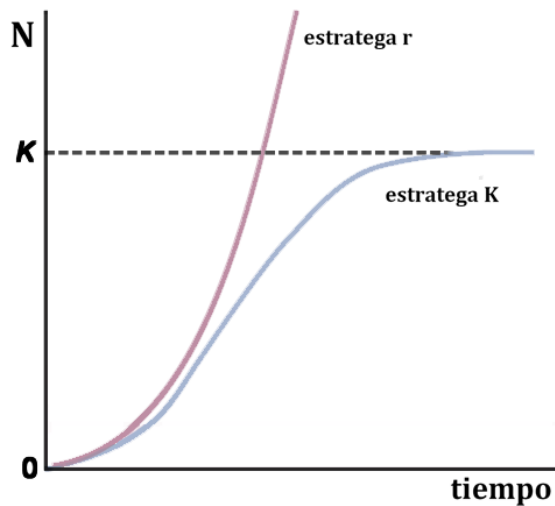


Ilustración 8: Dos estrategias de reproducción claramente diferenciadas. La estrategia K es propia de animales grandes, que requieren mucho alimento y cuidado parental en sus crías. Las estrategias r, en cambio, se caracterizan por la reproducción masiva y son típicos ejemplos los insectos.

El cambio climático, los agujeros de ozono y las deposiciones ácidas son todos factores ambientales que están afectando las poblaciones de las especies, los hábitats y los ecosistemas, y no solo a nuestra especie y las economías de las distintas regiones del planeta. Cada especie es el resultado de un proceso evolutivo, donde los tiempos que requirieron los cambios genéticos necesarios pudieron ajustarse a los cambios naturales del medio ambiente, permitiendo la convergencia a las formas de vida que hoy conocemos en la naturaleza, incluyendo a nuestra propia especie. Resulta impredecible que sucederá con muchas especies, ante el agravamiento y aceleramiento de los fenómenos ambientales estudiados en este capítulo, sobre todo si las especies no tienen la capacidad de adaptarse tan rápidamente. Es evidente que algunos de los efectos ya se han hecho notar, y

que la sociedad entera planetaria debe cambiar su estilo de vida por uno más austero y consciente de los impactos que generamos sobre la naturaleza.

Bibliografía

- Akitt, J. (2017). Some observations on the greenhouse effect at the Earth's surface. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 127-134.
- D'Antoni, H. L. (2012). El cambio global. Procesos naturales e intervención humana. 13-76.
- Menz, F. C., & Seip, H. M. (2004). Acid rain in Europe and the United States: an update. *Environmental Science & Policy*, 253-265.
- Met Office Hadley Centre. (2016, septiembre 15). *Met Office Hadley Centre observations datasets*. Retrieved from <https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut4/>
- NASA. (2015). *Antarctic Ozone*. Retrieved from NASA. Scientific Visualization Studio: <https://svs.gsfc.nasa.gov/>
- Organización de Naciones Unidas. (2016, enero 25). *Sustainable Development Goals. 17goals to transform our world*. Retrieved from United Nations: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2016/01/wmo-confirms-2015-as-hottest-year-on-record/>
- Park, C. (2007). *Dictionary of Environment and Conservation*. Oxford: Oxford University Press.
- Vallejo, E., Vargas, N., Martínez, L., Agudelo, C., & Ortiz, I. (2013). Perspectiva genética de los rayos UV y las nuevas alternativas de protección solar. *Revista argentina de dermatología*, 94(3).