

Implicaciones históricas y biológicas del cambio climático

Alba Cristina Ortiz P¹, Jair Zapata Peña²

1. Universidad La Gran Colombia, Bogotá.

2. Universidad Antonio Nariño, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.

Correspondencia: jzapata25@gmail.com

Recibido: 03-07-2010/ Aceptado: 06-08-2010

Resumen

Este trabajo presenta una revisión histórica de construcción científica acerca de la problemática del cambio climático y el calentamiento global. Se discuten algunas de las implicaciones sociales, científicas, políticas y educativas que el estudio del fenómeno ha generado. Además se presenta de manera sucinta algunas implicaciones biológicas sobre la influencia en la biodiversidad y el comportamiento de los ecosistemas causado por las alteraciones en el comportamiento del clima global. Las plantas y los animales se han ido adaptando a los cambios en su entorno, tanto a través de la evolución como de la migración. Sin embargo, los modelos recientes publicados demuestran que muchas especies no podrán mantenerse al día con las tasas proyectadas de cambio. Aún más grave es la fragmentación de los hábitats naturales por la actividad humana, problema que no puede ser atribuido a las fuerzas naturales.

Palabras claves: cambio climático, calentamiento global, biodiversidad, ecosistemas.

Abstract

Historical and biological implications of climate change

This work presents a historical review of construction scientist who has made the change issue climate and global warming; we discuss some of the social, scientific, political and educational study the phenomenon has generated. You presented in a briefly some biological implications of the influence on biodiversity and ecosystem behavior caused by changes in global weather patterns. The Plants and animals have adapted to changes in enviroent, both through evolution and migration. No But recently published models show that many species can not keep up with projected rates change. A bigger problem, and one that can not be attributed to natural forces, is the fragmentation of natural habitats by human activity.

Keywords: biodiversity, climate change, ecosystems, global warming.

Introducción

Para nadie es un secreto que el mundo en el que vivimos enfrenta una serie de problemas ambientales que parecen perfilar una catástrofe, en la que los fenómenos asociados al cambio climático comprometen: por un lado, escasas precipitaciones, temperaturas más elevadas y por otro, graves inundaciones debido al aumento del nivel del mar. Los impactos ambientales que traen consigo las construcciones, los desarrollos científicos, tecnológicos y el crecimiento de la población en el mundo, están deteriorando la vida de nuestro planeta provocando erosiones, inundaciones, pérdida de la biodiversidad, extinción de la flora y la fauna, enfermedades de contagio entre la población y reducción de las fuentes de agua potable, entre otras. Se reconoce que la crisis tiene un carácter grave, debido a la aceleración de los impactos y el ritmo con que suceden se ha disparado en las últimas décadas de manera alarmante. con una disminución marcada de recursos naturales, aumento de la pobreza, guerras, desastres naturales y crisis económica.

Historia de un fenómeno

La construcción del modelo científico que estudia el fenómeno del cambio climático comenzó mucho antes de 1970, pero es a partir de esta década donde se estructuró este problema como un objeto de investigación fundamentado y posicionado dentro de la comunidad científica (1,2). Así para rastrear la historicidad de este fenómeno y su proceso de construcción científica es necesario remontarse a mediados del siglo XIX cuando se publicaron los primeros razonamientos sobre cuáles son los factores que determinan la temperatura media del planeta, si la luz del sol incide en la superficie de la tierra y la calienta. Estas primeras lógicas de pensamiento científico que trataban de relacionar los conceptos de temperatura de la tierra y radiación solar fueron planteadas por el científico francés Joseph Fourier, y generaron interrogantes como ¿por qué el calor debido a los rayos provenientes del sol no se sigue acumulando y aumenta la temperatura del planeta indefinidamente?

Preguntas como ésta fueron abordadas y explicadas por primera vez por el científico británico John Tyndall en 1859, quien se planteó la idea de cómo la atmosfera podría controlar la temperatura de la Tierra, Tyndall pensaba que los comportamientos atmosféricos estaban directamente relacionados con las variaciones de la temperatura y de acuerdo a sus modelos y observaciones de las modificaciones del clima en diferentes partes del planeta, donde la distribución de gases atmosféricos cambiaba en algunas proporciones, se aventuró a suponer que existía algún tipo de relación entre estos dos parámetros y empezó a diseñar y realizar experimentos (3).

La creencia de los científicos de la época era que todos los gases son transparentes a los rayos infrarrojos. Con sus estudios en laboratorio Tyndall verificó que los principales gases atmosféricos, el oxígeno y el hidrogeno son transparentes, pero también descubrió que gases como el metano, producido por la quema de la hulla y el CO₂ producto de la quema del carbón, se comportaban como cualquier material opaco ante los rayos del sol absorbiéndolos e interaccionado con ellos. Aunque el CO₂ sólo se encuentra en unas pocas partes por millón en la atmósfera, Tyndall encontró que una fracción de la radiación que refleja la superficie de la Tierra y asciende hacia la atmósfera es absorbida por las moléculas del CO₂ evitando que salga al espacio y transfiriendo energía térmica a ésta, calentando la superficie terrestre. De esta manera la tierra presenta una temperatura mayor a la que tendría en ausencia de CO₂ (4).

En 1896 el científico sueco Svante Arrhenius realizó aportes importantes a las explicaciones de los efectos de CO₂ y el vapor de agua, que para la época se empezaba a reconocer como uno de los gases más importantes del efecto invernadero dado que retiene 2/3 del calor total allí atrapado. Arrhenius explicó como el aumento o disminución del CO₂ podría variar la cantidad del vapor de agua presente en la atmósfera (5). Este científico proponía un modelo en el cual, si se incrementaban las emisiones de CO₂, aumentaría la temperatura del planeta ocasionando un incremento del vapor de agua y por consiguiente

su calentamiento. Por otro, lado si se disminuyeran las emisiones del CO₂ se reduciría las retenciones de vapor de agua, generando un enfriamiento de la atmósfera y una reducción paulatina de temperatura hasta llegar a desencadenarse una glaciación. Arrhenius afirmaba que así el cambio en la composición del aire no parezca tan relevante como para conducir a un cambio del clima tan extremo, por sí solo, estos procesos climáticos tienen la particularidad que luego de iniciados pueden retroalimentarse e incrementarse.

A pesar de que Arrhenius no logró probar como podría cambiar el clima si variaran las cantidades de CO₂, presentó algunos cálculos donde presupuestaba que si se aumentaba al doble o se disminuía a la mitad las cantidades existentes de CO₂ atmosférico, la temperatura de la Tierra subiría de 5 a 6°C o se enfriaría unos 5°C, respectivamente. Pero para las tecnologías de la época, donde apenas se iniciaba la revolución industrial, no se concebía la idea que el hombre pudiera impactar de alguna manera la naturaleza del planeta, pues no se imaginaba que la población del mundo llegaría al punto de crecer exponencialmente y que los recursos naturales se podrían agotar por los excesos en su uso, o que cualquier avance industrial no fuese para mejorar (3).

La responsabilidad de ser uno de los primeros en hablar de un *calentamiento global* se le atribuye al ingeniero Guy Stewart Callendar, quien se presentó ante la Royal Meteorological Society de Londres en 1938 para exponer sus teorías acerca del clima. Apoyado en una gran recopilación de estadísticas meteorológicas que recolectaba como pasatiempo, Callendar sugirió que el planeta se estaba calentando globalmente y que de acuerdo con sus investigaciones en publicaciones de la época, los niveles de CO₂ en la atmósfera habían aumentado desde comienzos del siglo XIX. Esta idea, como era de esperarse solo tuvo acogida en un reducido grupo de científicos que para la época se interesaban en modelos teóricos que pudieran explicar el comportamiento del clima (6).

Científicos de diferentes disciplinas orientaron sus investigaciones en problemas relacionados con el comportamiento del clima y modelos

meteorológicos. Pero no sólo era un campo atractivo a los meteorólogos, geólogos, geofísicos, oceanógrafos e incluso los dedicados a la astronomía se sumaron a estos y empezaron a tomar parte en los asuntos del clima. En 1920 Charles Greeley Abbot, del Smithsonian Astrophysical Observatory, lideraba un programa de medición de intensidad de la radiación solar, que demostró grandes variaciones en la radiación relacionadas con el desplazamiento de las manchas solares a lo largo de la superficie del sol. Como complemento a sus investigaciones, Abbot indicó que podía observar una correlación entre el ciclo de las manchas solares y los ciclos de temperatura terrestre (7). El estudio de estos ciclos tuvo gran acogida durante la primera parte del siglo XX por científicos, meteorólogos y hasta aficionados que se aventuraban a lanzar predicciones sobre el clima.

Trabajos más rigurosos fueron propuestos posteriormente; uno de ellos desarrollado por el ingeniero serbio Milutin Milankovitch, en 1941, quien propuso tres ciclos principales que determinaban la variabilidad climática de la Tierra de acuerdo a mediciones astronómicas: el primer ciclo tiene una durabilidad de 100.000 años y determina la excentricidad de la órbita de la Tierra, de tal forma que la intensidad de la radiación solar que llega al planeta depende de la excentricidad de la órbita; el segundo, tiene un periodo de 42.000 años y está relacionado con la inclinación de la Tierra sobre su eje, que varía entre 21.8° y 24.4°, y determina a qué parte del planeta llegará mayor radiación; el tercer ciclo dura 22.000 años e indica la precesión de la tierra sobre su eje, que puede estar apuntando hacia las estrellas Polar o Vega, si el eje apunta hacia Vega los inviernos se tornan más fríos y los veranos más calurosos, cuando apunta a la Polar ocurre lo contrario (5). Los ciclos de Milankovitch provocan una variación de 0.1% de la luz solar lo que ocasionaría una variación de ±5°C en la temperatura del planeta. Estos ciclos indicaban según los cálculos que los periodos glaciales no coincidían con los que hasta esa época guiaban a los geólogos y que marcaban cuatro glaciaciones. Pero para la mayoría de científicos el considerar que una pequeña alteración en la luz

solar podría desencadenar un cambio en el clima tan fuerte como una glaciación no era suficientemente acertado y hasta entonces poco demostrable (3).

En los inicios de la guerra fría la Armada de los Estados Unidos decidió apoyar estudios científicos a través del Departamento de Investigación Naval. El interés de los organismos militares por financiar investigaciones científicas se justificaba, debido a los aportes de la ciencia a la Segunda Guerra Mundial, como la bomba atómica, la utilización de radares y la formación de meteorólogos militares que se encargaron de pronosticar y proporcionar información vital en misiones de bombardeo y ataques por vía marítima. En 1956, en el marco de este apoyo militar, fue financiado Gilbert Plass de la Universidad Johns Hopkins, para estudiar la radiación infrarroja (8). Complementando su trabajo oficial y apoyado en las lánguidas teorías existentes hasta ese momento -que afirmaban que las glaciaciones podían explicarse en función de los cambios de CO_2 - dirigió parte de sus esfuerzos a estudiar la relación existente entre la cantidad de CO_2 en la atmósfera y la absorción de radiaciones infrarrojas. Dentro de sus resultados presentó los primeros cálculos formales sobre el posible aumento del CO_2 .

Con la implementación de los recién inventados ordenadores de la época, desarrolló cálculos donde demostraba que el aumento o disminución de CO_2 podía influir considerablemente en la cantidad de radiación que escapaba al espacio desde la superficie de la Tierra. Además, afirmó que la actividad humana podía aumentar la temperatura media del planeta a un ritmo de 1.1°C por siglo, advirtiendo que el cambio climático podría ser un problema grave para las generaciones futuras en varios siglos. Estas palabras no fueron tomadas en serio hasta finales de siglo XX, y en su momento sólo dieron pie para generar un sin número de debates con detractores e impulsores de la idea (9).

En la primera mitad de la década de 1950 el oceanógrafo Roger Revelle y su equipo, quienes trabajaban en el Scripps Institution of Oceanography en San Diego California, realizaron mediciones del

radiocarbono en el agua del mar y el aire, encontrando algunas proporciones características de la absorción de CO_2 por la superficie de los océanos. Luego de aciertos y errores en sus cálculos, estimó que los océanos no podrían absorber en su totalidad el CO_2 producido por la humanidad (6). Los aportes científicos, que hasta la época se habían pronunciado como contribuciones al descubrimiento del calentamiento global que, aunque interesante como fenómeno, los consideraban como un problema marginal sin vislumbrar las consecuencias que podrían traer para con el ecosistema de la Tierra en un futuro más cercano de lo que se pensaba.

En la década de los años 50 se conformaron sociedades internacionales, tales como la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en 1951, formada por miles de estaciones meteorológicas en todo el mundo que suministran datos sobre el comportamiento global del clima. Igualmente, se organiza el año geofísico internacional (AGI) entre 1957 y 1958, con el ánimo de unificar esfuerzos y formalizar estudios meteorológicos, geofísicos y oceanográficos con científicos de diversas naciones para trabajar en investigaciones que proporcionaran información sobre el comportamiento del clima, la atmósfera y los océanos como un fenómeno global. Fue sólo hasta 1958 cuando dedicados científicos como Revelle consiguieron fondos suficientes para iniciar mediciones serias del aumento del CO_2 ; para esta tarea acuden a Charles David Keeling, un consagrado geoquímico, a quien le asignan la misión de dirigir las mediciones simultáneas del gas existente en el océano y el aire en varios puntos del planeta, con el objetivo de tomar una medida simultánea de los valores mundiales de CO_2 , obteniendo una media de las amplias variaciones observadas en distintos lugares y momentos.

Luego de algunas décadas se podría medir nuevamente otra simultánea y estudiar cómo se comportaban las variaciones de CO_2 . Keeling inició su tarea instalando uno de sus instrumentos de medición en la cima del volcán Mauna Loa en Hawai y otro en la Antártida. Luego de muchos esfuerzos en la búsqueda

de fondos y apoyo continuo a sus mediciones, recogió datos que mostraban el aumento real del CO₂ en la atmósfera, en una gráfica conocida como la *curva de Keeling*. Estos datos empezaban a ratificar los trabajos adelantados por Tyndall, Arrhenius, Plass, Revelle y Callendar, los cuales no constituían directamente el descubrimiento del calentamiento global, pero abrían las puertas como un tema importante para investigaciones futuras (3-6).

La contaminación química y la guerra nuclear abocaban los problemas de mayor relevancia en la década de 1950 y el cambio climático y la influencia del hombre en los procesos naturales apenas se presentaba como un problema menor, de poca importancia ambiental y económica. Las pruebas de que el mundo se había calentado y que ese calentamiento se podía medir, empezaban a tener bastante solidez para convencer a la mayoría de los meteorólogos. Se empieza a cambiar el pensamiento que se tenía en la década de 1940; hacia 1960 la realidad del clima comienza a tener forma y se toma en serio la posibilidad que éste podría cambiar en poco tiempo, no necesariamente en periodos glaciales (10). Surgen diferentes teorías que tratan de explicar el comportamiento del clima en la tierra, al tiempo que emergen técnicas para estudiar las conductas y durabilidad de los periodos glaciales. Los resultados muestran que no sólo hubo cuatro glaciaciones como lo proponían los geólogos, sino que posiblemente se presentaron más de doce, y coincidían con las predicciones astronómicas sobre las glaciaciones de acuerdo a los ciclos de Milankovitch (5).

Hacia 1956 se presentan modelos matemáticos (General Circulation Model, GCM) que describen el comportamiento del tiempo y se usan computadoras de la época para tratar de simular los complejos procesos. Pero las simulaciones presentan problemas de representación, debido a que cualquier pequeña variación en las condiciones iniciales o en la aproximación de cifras significativas en alguna celda del modelo produce cambios totales en los posibles resultados, con lo que el problema del clima se convierte en algo extremadamente complejo de

estudiar (11). En esta misma década inician estudios sobre la influencia de gases como aerosoles y los producidos por los aviones como agentes influyentes en el comportamiento atmosférico.

En 1971 se conforma la primera cumbre mundial donde se reúnen 14 naciones para hablar del clima y los potenciales causantes de su cambio. Entre otros el desarrollo de estudios tecnológicos más avanzados con potasio radioactivo y con cilindros de muestras de hielo del océano indico y de los glaciales, demostraron que hubo docenas de glaciaciones (12). Además se encuentra que los efectos de las glaciaciones tenían un comportamiento global y no sólo local, encontrándose aspectos similares en los dos hemisferios: Groenlandia y Antártida. Estudios de los climatólogos de la década de los setenta muestran que no sólo se podría dar el calentamiento global, también podría presentarse el enfriamiento de la tierra, de esta forma, así como, la contaminación del aire produciría un paulatino aumento en la temperatura, la acumulación de hielo en el mar podría generar un enfriamiento progresivo de la tierra (13).

Se entiende entonces que el clima es mucho más inestable de lo que se pensaba, cualquier cambio leve en la temperatura podría causar un drástico cambio en el clima global. Modelos computacionales presentan cálculos que reflejan la gran fragilidad del clima, y el efecto invernadero empieza a considerarse como la explicación científica más coherente al calentamiento global. La ratificación de estas teorías fue demostrada por resultados y análisis obtenidos de los laboratorios reales de los planetas vecinos Venus y Marte. Los cuales se estudiaron para entender y comprender el comportamiento de este fenómeno en escalas reales, investigando las dinámicas de la evolución y los parámetros de comportamiento que regulan las atmósferas de estos planetas, que se encuentran hace miles de años bajo el efecto invernadero (3-5).

Los modelos de GCM empezaron a presentar dificultades ya que son demasiado susceptibles a las condiciones iniciales. Además estos modelos no tienen en cuenta el comportamiento de los océanos, existen dificultades técnicas y de aplicación de modelos para

describir en detalle los océanos. En virtud de estos inconvenientes, se desarrollan modelos conjuntos para representar la atmósfera y la tierra. Crece así el campo de estudio de los modelos oceánicos, donde se encuentra que el clima puede no solo cambiar suavemente, puede hacerlo también bruscamente (14).

Estudios científicos confirman la dependencia del comportamiento del clima con respecto a cambios producidos en el sol, se descubre a través de mediciones del radiocarbono existente en los anillos de los árboles, el cual variaba su concentración de un siglo a otro. En donde se encuentra que el aumento en los niveles de radiocarbono coincidía con los cambios en los comportamientos solares como manchas solares, viento solar y campo magnético (3,5,12,15). Se descubren los gases industriales CFC como posibles productores de efecto invernadero, apareciendo en la escena los denominados gases efecto invernadero como el metano (CH_4) que tiene un efecto invernadero 20 veces superior al del CO_2 .

Movimientos mundiales

A finales de la década de los 80 la relevancia de los estudios climáticos al interior de la comunidad científica se empezó a notar con investigaciones, publicaciones, conferencias cumbres y demás mecanismos de divulgación que promovían la creación de un instituto que se dedicara a la investigación del cambio climático; estos movimientos tuvieron respuesta cuando la OMM y otras dependencias medioambientales de las Naciones Unidas se vieron forzadas a crear un Equipo Intergubernamental para el Cambio climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). Compuesta por personal relacionado con laboratorios, centros meteorológicos y entidades científicas que representaran a los gobiernos del mundo (16).

El modelo científico del cambio climático para esta década había tomado su mejor forma, en donde científicos y organizaciones a nivel mundial empezaron a generar círculos de investigación y discusión acerca de la problemática científica, natural y lógicamente antropogénica, del origen y las causas del cambio climático y el calentamiento global. La

realidad del cambio climático se mostraba cada vez con mayor solidez científica, convirtiéndose en un problema emergente real con características políticas económicas y sociales. Es así como los modelos propuestos hasta ese momento develaban que a pesar de los pequeños cambios en los gases emitidos por los volcanes, las corrientes de agua en los océanos, los cambios solares, las emisiones de CFC y CO_2 y demás factores que producen variaciones en el clima, se encontró que, lo más influyente en la variabilidad del clima es la retroalimentación que tienen los complejos procesos de evolución del clima.

La complejidad de los procesos de retroalimentación en el fenómeno del clima evocaron un sentido científico-social al problema, adjudicándole una característica global que debería ser enfrentada en consenso mundial, del que todas las naciones e industrias deberían tomar parte. Se inicia entonces con la creación de diferentes organizaciones gubernamentales, diplomáticas científicas y movimientos sociales alrededor del mundo para tomar posiciones que hicieran frente a la problemática ambiental latente (17).

En 1968 se conformó el Club de Roma, constituido inicialmente por científicos y políticos provenientes de distintos países para tratar temas relacionados con la creciente problemática ambiental. La visión de crecimiento económico, empezó a cuestionarse y a debatirse sobre las tendencias de incremento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y el agotamiento de los recursos naturales. Reflexiones que llevaron en 1972 a realizar la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, denominada Conferencia de Estocolmo; orientada a introducir las limitaciones del modelo de crecimiento económico tradicional, su impacto en los recursos naturales y en los asuntos de política internacional. La Conferencia se articuló desde tres pilares: las necesidades sociales y culturales para planificar la protección ambiental, los recursos naturales y los medios necesarios para luchar contra la contaminación internacionalmente (18).

Surge en 1985 la Convención de Viena, que busca proteger la salud de los seres humanos y el medio ambiente de los efectos provenientes del deterioro de la capa de ozono (19). De los acuerdos adelantados en esta convención es creado el Protocolo de Montreal en 1989, que busca reducir y regular la producción, consumo y comercialización de las sustancias que contribuyen con la destrucción de la capa de ozono, con un total de 155 países comprometidos a cumplir el Protocolo (20). Emerge en esta misma década por primera vez la conceptualización de sostenibilidad, en el Informe Brundtland de 1987, Elaborado por la Comisión mundial Sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Acuñándose y conceptualizando el término Sostenible como “el modelo de desarrollo que atiende a las necesidades del presente sin comprometer los recursos en las necesidades las futuras generaciones” (21).

En 1992 se lleva a cabo la Cumbre de la Tierra o conferencia de río, en el marco de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, la cual incluía compromisos de los participantes en temas relacionados con el cambio climático y la biodiversidad desde y hacia un Desarrollo Sostenible. En este mismo año se da el Tratado de Maastricht o Tratado de la Unión Europea, que además de una Unión Económica y Monetaria (UEM) incluía políticas comunes para la protección del medio ambiente; que posteriormente en el 2001, sirvieron como base para la creación de la Estrategia de la Unión Europea para el desarrollo Sostenible «Desarrollo Sostenible en Europa para un mundo mejor» (22).

Uno de los más importantes acuerdos de política mundial es planteado en 1997, denominado Protocolo de Kyoto, que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases causantes del calentamiento global: CO₂, gas metano (CH₄) óxido nitroso (N₂O), gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de un 5%, dentro del periodo comprendido entre el año 2008 al 2012. Donde el objetivo principal es mitigar el cambio climático de origen antropogénico que es la mayor causa del efecto invernadero (23).

Posterior al Protocolo de Kyoto se realizaron cumbres y conferencias que pretendían dar seguimiento y continuidad a las políticas y acuerdos planteados en este; la primera evaluación fue en Montreal en el 2005, donde se crea el denominado Grupo de trabajo Especial relacionado con el futuro y los Compromisos de la Partes adoptados en el Anexo I del Protocolo de Kyoto. Seguido a este evento se llevó a cabo en el 2007 la 13a cumbre del clima en Bali (COP13), que buscaba definir las políticas posteriores al 2012, al igual que la XV Conferencia sobre el Cambio Climático COP15 en 2009 en Copenhague y la COP16 de Cancún en 2010, que logró postergar el periodo de vigencia del Protocolo de Kyoto.

La educación toma parte. Casi paralelo al surgimiento de organizaciones mundiales tanto gubernamentales como ecológicas y sociales que empezaron a tomar parte de los problemas climáticos, ambientales y de desarrollo sostenible, emana dentro de los ámbitos académicos y educativos la necesidad de tomar posición frente a estas problemáticas mundiales. Así la educación y las investigaciones relacionadas con ella se direccionan a plantear y resolver problemas que involucren componentes ambientales desde diferentes tópicos. En esta perspectiva en lo relacionado con la educación y el cambio climático existen investigaciones importantes como la de McKeown y Hopkins (24), quienes trabajan alrededor de cómo se debería hacer frente a la educación sobre el cambio climático. Se plantea que la educación no solamente debe darse desde las disciplinas de las ciencias cuando se pretende afrontar el problema del cambio climático, este debe ser abordado desde la complejidad del comportamiento social.

McKeown y Hopkins plantean que la educación para el cambio climático se divide en dos partes, el clima y la educación para el cambio. El clima ya se ha trabajado en las ciencias e incluso es parte de algunas asignaturas como climatología y demás, pero la problemática radica en la educación para el cambio, debido a su inherente complejidad y su necesario tratamiento holístico. Para este último propósito proponen seis componentes que son requeridos para poder llegar a una educación para el cambio:

análisis de la temática, toma de decisiones personales y de comunidad, procesos políticos, justicia social, sensibilidad y competencia intercultural y finalmente cambios de comportamiento (25).

La imperante relevancia que el cambio climático ha tomado en los procesos educativos a nivel mundial vislumbra un amplio campo de investigación que abarca los diferentes niveles de la educación. Ejercicios de apropiación y metodologías orientadas a sumergir a los niños y jóvenes en una formación que promueva una educación ambiental orientada a mitigar y reducir los efectos y causas del cambio climático, son realizados en escuelas y universidades de EEUU, Japón, medio oriente y Europa (26-31). En donde algunos de estos trabajos articulan su planteamiento desde la educación para el desarrollo sostenible (EDS), de tal manera que se promueven actividades dirigidas a trabajar la problemática del cambio climático bajo el enfoque del desarrollo sostenible.

Es importante notar que existen trabajos que dan evidencia de algunos primeros intentos de reconocimiento social acerca de la problemática del cambio climático desde hace más de 15 años. Un grupo de profesores del departamento de ingeniería Universidad de Pittsburgh en Pennsylvania realizan un trabajo sobre los modelos mentales que tenía la gente sobre el cambio climático (32), en el cual analizan los conocimientos de la gente sobre las causas del cambio climático, su relación con el efecto invernadero y los efectos sobre la atmósfera.

El clima afecta los seres vivos. Los organismos tienen una relación directa con el clima (rango térmico: humedad, temperatura y radiación), debido a que su distribución, migración, modificación, fenología, variabilidad, efectos de magnitud (33-34) y adaptación fisiológica dependen en gran medida de ella. En términos de tiempo y desarrollo evolutivo las especies se han situado en determinadas variaciones de temperaturas, donde la integración de formas de comportamiento y características fisiológicas desarrolladas por un proceso de evolución les permiten sobrevivir a un espectro térmico, que llevado a una límite extremo les puede representar la muerte. La

ley Vant–Hoff y Arrhenius que explica fenómenos biológicos contra procesos químicos, expresan la estabilidad entre las dos puntualizando el “óptimum térmico” (corresponde a la máxima producción de trabajo físico, en el cual el potencial reproductivo de la especie es mayor). Para explicar la influencia del clima en estos fenómenos se definen como una función de la temperatura (35-37).

La distribución y el número de las plantas son influenciados por factores climáticos (37), especies de amplia dispersión suelen aparecer subdivididas en formas locales, mostrando un distinto comportamiento en relación con la temperatura; cuando se evoluciona se tiende a sustituir plasticidad (es una medida de la cantidad o proporción en que las expresiones de las características manifiestas cambian a simple vista por los organismos debido al efecto de la variación ambiental) y variabilidad fenotípica (36-38). Además, como consecuencia de la perturbación producida por el aumento de la temperatura y la variación en el reparto de las precipitaciones, asociadas al cambio climático, numerosas especies ven modificado su hábitat aumentando o disminuyendo su rango de distribución (37-39).

Las especies de plantas, junto con factores edáficos, influyen en cantidad y distribución de especies animales y viceversa. Después de su formación el suelo experimenta transformaciones debido a la temperatura y lluvias que transportan diversas sustancias y organismos, como por ejemplo: los materiales en suspensión y solución por agua que se filtra dentro del suelo y luego se acumulan (40-42). Adicionalmente con la mortalidad que se pueda producir a causa de los cambios ambientales son liberados recursos que antes no eran disponibles, de esta manera el cambio de un ecosistema que se ve alterado por un aumento en su capacidad de carga, debe equilibrarse con una liberación de energía. Esta “energía libre” puede ser explotada rápidamente por pequeños organismos, que poseen tasas muy elevadas de crecimiento y reproducción (43).

Estas variaciones e intercambios de energía producen efectos que son manifestados en tiempos

posteriores; el crecimiento de las plantas es lento y la reproducción de organismos puede aumentar, al mismo tiempo la energía libre total disponible se reducirá a medida que se incorpora a la biomasa. Por lo tanto, se puede decir que los organismos de tamaño corporal grande, se asocian con condiciones de menor energía libre, mientras que los organismos de tamaño más pequeño tienen condiciones de mayor energía libre a raíz de una perturbación a gran escala (33,34).

De otro lado, es el estrés fisiológico el que retarda los procesos de la vida, obliga a los organismos a modificar sus temperaturas tisulares (tejidos), lo que podría obligar a las enzimas y otras proteínas a desarrollar propiedades funcionales no ideales o incluso letales. Respecto a lo anterior se genera la preocupación relacionada con la evolución, evidenciándose que si el hombre sigue acelerando cambios climáticos, no se permitirían los procesos de adaptación y evolución de especies completas, obligándolas a funcionar con sistemas moleculares inapropiados durante muchos años, trayendo como consecuencia extinciones a un ritmo más acelerado del natural (45).

Si se habla de bioquímica evolutiva es necesario saber cuánto debería cambiar los aminoácidos en una proteína para que esta molécula adquiriera propiedades funcionales nuevas. Luego de algunos experimentos que se realizaron con barracudas, se ha encontrado que hay la posibilidad de que algunos pocos aminoácidos diferentes determinen propiedades funcionales, esto explica que algunas especies pueden evolucionar con rapidez desarrollando homólogos de enzimas diferentes, debido a alteraciones no comunes del clima (45).

El clima en las plantas. La relación de las plantas con diferentes factores climáticos, edáficos y bióticos, son importantes en la distribución, crecimiento y desarrollo de las mismas, relacionándose con la creación de microclimas producidos por éstas. En cuanto a los límites extremos existe una amplitud general, pero es restringida a las especies; la adaptación a la temperatura produce modificaciones bioquímicas que se relacionan con la deshidratación del protoplasma, que evita la coagulación de las albuminas. Además, las plantas se

protegen con envolturas caloríficas para condiciones de muy baja temperatura, produce un paro vital que se llama reposo hibernar, algunas plantas leñosas pierden sus hojas pero al regreso de su clima retorna a la vida activa, por el contrario la adaptación a la humedad tiene una morfología inversa con numerosas hojas, grandes y blandas (46-47).

Una alteración en el cambio climático influye en especies de plantas no nativas, cambia su función en el ecosistema y las puede convertir en invasoras del clima de la zona de introducción (48-49). En una investigación publicada en la revista Nature para el año 2010 de Universidad Wyoming, el ecologista Doak Daniel Duque y el ecólogo de la Universidad William Morris presentaron un informe sobre un estudio a largo plazo de las plantas árticas y alpinas, los resultados muestran por qué algunas especies puede ser lentas para cambiar su distribución geográfica por el cambio climático, «este estudio ilustra la necesidad crítica de investigación a largo plazo para hacer frente a retos ecológicos más urgentes», afirmó Saran Twombly, director del programa de la National Science Foundation (NSF) de la División de Biología Ambiental, que financió la investigación (50).

El impacto por el calentamiento global en cultivos y la vegetación natural, representada por bosques, prados y arbolados es claro, por ser el clima el principal determinante de su distribución geográfica. Los efectos sobre la agricultura y silvicultura debida a insectos, parásitos y enfermedades transmitidas por los insectos es menor en las latitudes más altas, debido a las condiciones climáticas menos favorables. En las regiones septentrionales se considera que los problemas causados por los organismos nocivos, estén o no sujetos a cuarentena, son menores que los que se dan al sur (51).

La expansión de la superficie de especies forestales plantadas de rápido crecimiento es probable, como medio de compensar las emisiones de dióxido de carbono y el desarrollo de un recurso sostenible de bioenergía (52-53). La selección de sitios apropiados para estas plantaciones requiere la consideración de los efectos del cambio climático en el crecimiento de

las mismas y los riesgos derivados de factores abióticos y bióticos. Este tipo de conocimiento es muy valioso en la planificación y asignación de recursos; el cambio climático y conservación de especies se plantean como dos cosas distintas por diferentes autores y en realidad se deben trabajar en conjunto, haciendo una proyección del cambio climático potencial, con resolución espacial y temporal de los escenarios. Estas proyecciones a escala fina, junto con técnicas de modelado de distribución de nuevas especies para predecir la distribución potencial de especies invasoras, puede proporcionar información útil a los esfuerzos de conservación (54-55).

El clima en los animales. Los animales están relacionados con las plantas porque constituyen el alimento de los herbívoros y éstos a su vez de los carnívoros, de aquí se deriva el estudio de sus relaciones y su correspondencia con las zonas térmicas de Köppen (clasificación climática mundial que identifica cada tipo de clima con una serie de letras que indican el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones); sin desconocer que otros factores geográficos y geológicos intervengan igualmente en esta distribución, ocultando hasta cierto punto los factores del clima. Muchas especies se acomodan a climas extremos, la humedad y la sequedad tienen mayor importancia que la temperatura, pero estas variables están intrínsecamente relacionadas. El clima influye en especies domésticas a las cuales ofrece una localidad más propicia, contribuyendo a la formación de razas, en climas templados donde es más notorio el desarrollo de la civilización, y la diversidad es mayor (37).

En efecto las razas menos modificadas llamadas nativas se acomodan a condiciones severas de clima que evolucionan con grandes ventajas por su rusticidad y adaptación al medio, las razas se dividen en dos grandes grupos según su dispersión: en animales *estenótonos* y *euríctono*, los atributos físicos como pelo, pigmentación de piel y tamaño tienen relación con el medio y sus condiciones climáticas (35). El calentamiento global ha entrado a alterar las sincronías entre especies en algunos ecosistemas, se van debilitando las cadenas alimenticias; así como la relación de ciertas aves y orugas de las que se nutren. Cuando las especies responden de manera

diferente a la misma cantidad de calentamiento, se hace más difícil para los ecologistas predecir el futuro de los efectos biológicos del cambio climático y hacer planes o pronosticar conductas para estos efectos (56).

La gran mayoría de las especies animales en este planeta son invertebrados, que son más sensibles directamente a los cambios de temperatura, teniendo en cuenta que su temperatura corporal varía con el aire, el vapor de agua y el agua a su alrededor. Cuando los invertebrados presentan una temperatura interna más alta, la totalidad de sus procesos fisiológicos se aceleran. Este comportamiento tienen una notable diferencia con el de los mamíferos de sangre caliente y las aves (incluyendo humanos), cuyos procesos de homeostasis y termorregulación mantienen sus funciones naturales estables independientemente de la temperatura ambiente (para casos de variación de temperatura no tan extremos) (57).

Especies de Milpiés (*Diplopoda*) y cochinillas (*Crustacea, Isopoda*), con un total de 15.000 especies descritas en todo el mundo, contribuyen sustancialmente a la biodiversidad de invertebrados. Estos saprófagos macro artrópodos, que son reguladores clave de los residuos de las plantas en descomposición, juegan un papel importante en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres en las zonas tropicales y templadas. El calentamiento climático da lugar a mayores tasas de crecimiento de la población y tiene efectos positivos en la abundancia de algunas especies. La generalidad de estos hallazgos de respuesta al calentamiento global se evalúa en relación con la historia de vida y distribución geográfica de las especies. A bajas latitudes, las interacciones con sequías más graves son probables y podría afectar la composición de la comunidad (58).

En Europa central ha sido más dramática el calentamiento desde 1980. En un estudio se compararon los datos de cría de insectos antes de 1980 con los datos de cría de insectos a partir de 1980. Se encontró que por 190 de las 263 especies examinadas (72%), la segunda se hizo más pronunciada después de 1980 en comparación

con las muestras obtenidas antes de 1980. En otras palabras, para la mayoría de las especies que se analizaron, había más generaciones por año a partir de 1980. Por ejemplo, muchas plagas de cultivos son las larvas de las polillas o mariposas, como la col blanca y el gusano cornudo del tomate. Una población que está teniendo más generaciones por año aumentaran en número más rápido que una población con menor número de generaciones por año. Así que el calentamiento global podría significar una más rápida proliferación de plagas de insectos, además de eso, un mayor número de especies de insectos en particular puede provocar que las especies agoten su fuente de alimento, o se lancen por competir y eliminarse con sus competidores por los recursos limitados (59).

Otro resultado potencial de una población de insectos puede ser el exagerado aumento de los depredadores de esta especie de insectos. Los depredadores de las mariposas, polillas y sus larvas son: las aves, lagartos, ratones, sapos, avispa parásitas, entre otros. Si se incrementan las poblaciones de depredadores, esto podría tener un efecto moderador sobre la presa de éstos, las presas pueden tener un valor económico o podrían ser especies importantes en sus respectivos ecosistemas. Ecologistas han demostrado, en repetidas ocasiones, que la eliminación de todas las especies de un ecosistema, o simplemente cambiar la densidad de una especie, puede tener profundos efectos en la estabilidad del ecosistema (36,43), en su conjunto los ecosistemas son sistemas muy complejos cuyas partes están estrechamente interconectadas.

En vertebrados como los reptiles, que son ectotermos, y su metabolismo y los procesos fisiológicos se ven fuertemente afectados por las temperaturas ambientales, se observa que por cambios en su comportamiento a veces logran regular la temperatura corporal, y su tasa metabólica tiene fluctuaciones en el día. La disparidad en la capacidad aeróbica metabólica entre ectotermos y endotermos es evidente por el nivel de base metabólica para sus sistemas y órganos que participan en el transporte de oxígeno (60).

Los anfibios y reptiles se verán afectados negativamente por los cambios proyectados en el

clima en las próximas décadas. Las condiciones conocidas y la hipótesis de los umbrales fisiológicos y ecológicos estiman que en menos de 50 años, los anfibios y reptiles en el sudeste asiático alcanzarán los límites de su capacidad para adaptarse a los efectos del cambio climático y que la determinación del sexo dependiente de la temperatura y el aumento de tasas metabólicas, tendrá efectos graves e irreversibles sobre estos organismos (61).

La producción de leche, que es tan importante desde el punto de vista económico, es uno de los casos de influencia del clima. Una disminución o aumento de temperatura perjudican la secreción cuantitativa de leche, encontrándose que el cambio climático desarrolla la aparición de enfermedades; algunas de ellas no tipificadas, que afectan a las condiciones de vida de los animales, como las parasitarias (por ejemplo, infestación por nematodos y tenias), los trastornos nutricionales, la insolación o la deshidratación.

Esta comunión de factores pueden ser muy importantes para la situación económica de los agricultores y las enfermedades tipificadas, que pueden influir en el riesgo de brotes de enfermedades infecciosas transmisibles graves de los animales; especialmente de las transmitidas por vectores, enfermedades dependientes de condiciones atmosféricas específicas y enfermedades transmitidas por la fauna silvestre (51).

Teniendo presente los aspectos mencionados nos parece importante anotar que la historicidad del cambio climático muestra que a pesar que este fenómeno se empezó a construir científicamente desde finales del siglo XVIII y principios del XIX, su importancia y posición en las comunidades científicas e incluso en los ámbitos políticos ha tenido su mayor desarrollo desde la década de los 70, con la incursión de organizaciones y cumbres políticas ambientales emergentes a nivel mundial.

Los efectos del cambio climático en las plantas y los animales son difíciles de medir, pero son potencialmente desastrosas. Muchas especies habitan precisamente en dichos aspectos delimitados con nichos ecológicos, que así sean pequeños cambios los que se presenten en el clima pueden causar alteraciones

fundamentales en los alimentos o disponibilidad. En el pasado, los animales podían responder a estas presiones por que se desplazaban de un lugar a otro. Hoy, sin embargo, el uso del suelo por el hombre, ha limitado y fragmentado gamas y rutas de viaje, por lo que la migración de especies en respuesta al cambio climático es mucho más difícil. Por otra parte, la pérdida de depredadores clave o especies presa puede afectar los ciclos de vida de otros organismos en la cadena alimentaria.

Los procesos orgánicos desempeñan funciones importantes en la regulación del clima. Los cambios en la extensión de nieve, hielo, o la vegetación que cubre la superficie del planeta puede alterar los procesos clave del clima con efectos imprevisibles (cambiando la cantidad de dióxido de carbono consumido por las plantas, por ejemplo, o la proporción del calor del sol es absorbida por la tierra). Evidencia biológica puede ayudar a los investigadores a entender procesos importantes en este tema. A veces, los registros que ofrecen información sobre los patrones climáticos como las fechas de cambio de las migraciones de aves, o el inicio de la primavera, y/o datos que se toman de una historia de vida, en el propio ecosistema como los anillos de los árboles, los huesos conservados, y escamas de peces en los sedimentos oceánicos, se remontan más allá de medidas más directas del cambio climático pero son valiosos datos indicadores de una historia del cambio climático.

El calentamiento global hasta la fecha, sin duda ha afectado la distribución geográfica de especies y rangos de la época de reproducción, la migración y la floración, entre otros aspectos. Sin embargo, la extrapolación de estos efectos observados con las predicciones de riesgo de extinción en el futuro es un reto, los esfuerzos de conservación deberían centrarse en la protección de una variedad de las comunidades más resistentes o adaptables, y proporcionar los corredores protegidos de la tierra o el mar para permitir que las especies sobrevivan a cambios que se presentan en sus hábitats.

Referencias

1. Lovelock J. La venganza de la tierra. La teoría GAIA y el futuro de la humanidad. Barcelona: Planeta. 2007.
2. Gallego P, Gallego R. El cambio climático la catástrofe que nos acecha. Ed. Comunicación visual. Bogotá Colombia. 2009.
3. Weart S. El calentamiento global. Historia de un descubrimiento científico. Laetoli. Harvard University sobre ka yuhiesrinfunPress. 2003.
4. Tyndall J. Further researches on the absorption and radiation of heat by gaseous matter. Contributions to molecular physics in the domain of radian heat. New York: Appleton. 1862.
5. Flannery T. La amenaza del cambio climático. Madrid: Taurus. 2006.
6. Weisman A. El mundo sin nosotros. Barcelona: Debate. 2007.
7. Delibes M, Delibes de Castro M. La Tierra herida. ¿Qué mundo heredarán nuestros hijos?. Barcelona: Destino. 2005.
8. Duarte CM. Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. Madrid: CSIC-Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2006.
9. Treviño E. Prometeo y el cambio global: decima olimpiada de ciencias de la tierra. En: Geos, México, 2004;24:468-474.
10. Singer P. Un solo mundo. La ética de la globalización. Barcelona: Paidós. 2003.
11. Monbiot G. Calor. Cómo parar el calentamiento global. Barcelona: RBA. 2008.
12. Gore A. Una verdad incómoda. La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla. Barcelona: Gedisa. 2007.
13. Velázquez F. 25 preguntas sobre el cambio climático. Conceptos básicos del efecto invernadero y del cambio climático. Madrid: Ed Libertarias. 2005.
14. Guevara PE. Cambio climático y energía. Rev Ciencias Edu. 2004;1:61-79.
15. Pernick R, Wilder C. La revolución Limpia. Invertir en tecnología y crecer en el futuro inmediato. Ed. Gestión. 2000. p 402.
16. Brown LR. El futuro del crecimiento. En Brown, L. R., Flavin, C. y French, H. Ed. Icaria. Barcelona. 1998.
17. Antón M. El desarrollo sostenible y el nuevo pensamiento de la complejidad: un modo nuevo de pensar la sostenibilidad. Rev Futuros. 2008;20:VI.
18. Meadows DH, Randers J, Meadows DL. Los límites del crecimiento 30 años después. Barcelona: Galaxia Gutenberg. 2006.
19. Derechos Human Rights. "convención de Viena sobre el derecho de los tratados"U.N. Doc ACONIF (1969), Enero 15 <http://www.derechos.org/nizkor/ley/viena.html>. 2005.
20. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Un éxito en ciernes: el protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. 2007. Disponible en: http://ozone.unep.org/Publications/MP_Success%20in%20the%20making-S.pdf.
21. Daly J. Medio ambiente y Desarrollo Sostenible. Más Allá del Informe. Ed. Brundtland. 1997. p.33.
22. Organismos Oficiales: «La Unión Europea: Breve introducción al tratado de Maastricht». B.O.E. Madrid 1992. p. 205.
23. Oberthür S. Linkages between the Montreal and Kyoto Protocols Enhancing Synergies between Protecting the Ozone Layer and the Global Climate. 2001. En: International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics.2009;1:357-377.
24. McKeown R, Hopkins C. Rethinking Climate Change Education. Green Teacher. 2010. p. 89.
25. López F, De la Osa J. Educación Ambiental y cambio climático. Zaragoza: Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. 2003
26. Alavi MR, Taher-Shamsi A, Maknoun R. The role of environmental engineering education in sustainable development in Iran AUT experience. International J Sustai Higher Edu. 2007;8:123-130.
27. Anonymous C. Students Save the Environment. One Scrap at a Time. Curr Rev. 2010;49:5-6.
28. Kitamura Y, Hoshii N. Education for sustainable development at Universities in Japan. Inter J Sustain High Edu. 2010;11:202-216.

29. Nomura K. Higher education for sustainable development in Japan: policy and progress. *International J Sustain High Edu.* 2010;11:120-129.
30. Rickinson M, Lundholm C. Exploring students' learning challenges in environmental education. *Camb J Edu.* 2008;38:341-353.
31. Rule AC, Meyer MA. Teaching urban high school students global climate change information and graph interpretation skills using evidence from the scientific literatura. *J Geos Edu.* 2009;57:335.
32. Bostrom AM, Morgan G, Fischhoff B, Read D. What Do People Know About Global Climate Change? *Mental Models. Risk Analysis.* 1994;14: 959-970.
33. Choi J. Lake ecosystem responses to rapid climate change. *Environ Mon Assessment Dordrecht:* 1998;49:281.
34. Peterson A, Navarro S, Li X. Joint effects of marine intrusion and climate hange on the Mexican Avifauna. *Association of American Geographers. Ann Assoc Am Geogr.* 2010;100:908-912.
35. Osorio L. El clima y los seres vivos. *Publicaciones del Ministerio de la Economía Nacional. Colombia – Bogotá;* 1946. p.181.
36. Margalef R. *Ecología.* Ediciones Omega, S.A. Barcelona; 1991; p.121-140.
37. Lorente I, Gamó D J, Gómez L, Santos R, Flores L, Camacho A, Galindo L, Navarro J. (). Los efectos biológicos del cambio climático. *En: Ecosistemas* 2004;13:103-110.
38. Delgado T, Suarez D (2009). Efectos del cambio climático en la diversidad vegetal del corredor de conservación comunitaria reserva ecológica el Angel-Bosque en el norte de Ecuador *En; Ecología aplicada.* 2009;8.
39. Kritzberg E, Duarte M, Wassmann P. Changes in Arctic marine bacterial carbon metabolism in response to increasing temperature. *En: Polar Biology.* Berlin. 2010;33:1673.
40. Yiftach T, Marcelo S, Grunzweig J. Impact of rainfall manipulations and biotic controls on soil respiration in Mediterranean and desert ecosystems along an aridity gradient. *Global Change Biology.* Oxford. 2011;17:1108.
41. Singh B, Bardgett R, Smith P, Reay D. Microorganisms and climate change: terrestrial feedbacks and mitigation options. *Nat Revi Microbiol.* 2010;8:779-790.
42. Von Lützw M, Kögel-knabner I. Temperature sensitivity of soil organic matter decomposition what do we know? *Biology and Fertility of Soils.* 2009;46:1-15.
43. Villet C A. *Biología.* Ed. McGRAW-HILL. México. 1996. p.943.
44. Barrett J, Virginia R, Wall D, Adams B. Climate change effects on organic matter. *Global Change Biology;* 2008;14:1734.
45. Hill R W, Wyse GA, Anderson M. *Fisiología Animal.* Ed. Médica Panamericana. Madrid, España. 2010; p. 245.
46. Bomhard B, Richardson D, Donaldson J, Hughes G, Midgley G, Raimondo D, Anthony G. Potential impacts of future land use and climate change on the Red List status of the Proteaceae. 2005;11:16-20.
47. Chilon E. Compostaje alto andino, suelo vivo y cambio climático. *Ciencia Agro J ciencia y tecnología.* 2010;2: p.221-227.
48. Haider S, Alexander J, Dietz Hansjörg, Trepl L. *Biological Invasions.* Dordrecht: 2010:12:4003-4013.
49. Pautasso M, Schmutz D, Holdenrieder O, Pietravalle S. Plant health and global change - some implications for landscape management. *Biol Rev Camb Philos Soc.* 2010;85:729-755.
50. Anonymous. Climate change may create tipping points for populations, not just species. *Ecology, Environment & Conservation.* Atlanta. 2010:97-99.
51. Comisión de las Comunidades Europeas CCE. Efectos del cambio climático en la salud humana, animal y vegetal. Documento de trabajo de los servicios de la comisión. Bruselas, 2009. p. 416.
52. Watt M, Kriticos D, Potter K, Manning L. Using species niche models to inform strategic management of weeds in a changing climate et al. *Biol Invas* 2010;12:3711-3725.
53. Peltzer D, Allen B, Lovett W. Effects of biological invasions on forest carbon sequestration. *Global Change Biology.* 2010. p.732-746.
54. Poloczanska E, Hawkins S, Southward, A, & Burrows, M. Modeling the response of populations of competing species to climate change. *En: Ecology.* 2008.11. p.3138.
55. Jarnevich C. *Biological Invasions, New biological invasions En: Global Warming Focus.* 2010. p.31.
56. Grossman D. Pérdida de sincronía en los ecosistemas. *Investigación y Ciencia.* 2004. p. 72-82.
57. Ruppert E. y Barnes R. *Zoología de los Invertebrados (6ª Edición).* McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. México. 1996. p1114.
58. Jean-François D, Handa T, Tanya I. The ecology of saprophagous macroarthropods (millipedes, woodlice) in the context of global change *En: Biological Reviews.* Cambridge. 2010. 85:4. p. 881.
59. Kneidel S, Basil & Spice. *Climate Change Speeding Up Insect Breeding: Ramifications For Ecosystems En: Jepsen Beach.*
60. Southwood, A., & Avens, L. Physiological, behavioral, and ecological aspects of migration in reptiles. *Journal of Comparative Physiology. B, Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology.* 2010. 180:1. P.1-23.
61. Bickford D, Howard S, Sheridan J. Impacts of climate change on the amphibians and reptiles of Southeast Asia. *En: Biodiversity & Conservation.* London. 2010.19:4. p.1043.