

## Los desafíos educativos: Un marco para la enseñanza del cambio climático

Por Milton McClaren y William Hammond  
Traducido por Lola Varas



Toda la sociedad moderna depende de un acto de magia tecnológica. Cada día importamos del pasado remoto energía solar almacenada en la forma de combustibles fósiles. Esta energía

concentrada nos permite sustentar a la población actual de seres humanos y llevar a cabo las actividades industriales de las que la mayoría de nosotros dependemos. Cada vuelo de un moderno jet es el resultado de quemar, en pocas horas, energía solar que tardó miles o incluso cientos de miles de años en acumularse mediante un proceso natural.

Pero como dice el viejo dicho, no existe comida gratis. Existe evidencia creciente que los subproductos gaseosos de nuestra tecnología activada por combustibles fósiles y nuestro estilo de vida incrementan el efecto invernadero natural creado por la atmósfera y cambia el clima de nuestro planeta.<sup>1</sup>

El cambio climático es un tópico complejo y se requiere una buena base de conocimiento conceptual y de hechos antes de que los estudiantes puedan razonar sobre el mismo de forma crítica y efectiva. Además, abundan los conceptos erróneos y algunas veces la cobertura pobre de los medios sobre los problemas climáticos y los eventos extremos sobre el clima ayudan a reforzarlos. Es vitalmente importante para quienes desarrollan los currículos y los profesores, que aprecien las dimensiones del cambio climático como un desafío educativo y lo manejen de forma responsable. Esta aseveración no debe tomarse en el sentido de propiciar inacción o evitar el tópico en los programas de

<sup>1</sup> Citando los incrementos en la temperatura superficial promedio de  $0.15 \pm 0.051\text{C}$  por década desde 1979, el Panel Intergubernamental en Cambio de Clima concluyó en el 2001 que la mayoría del calentamiento que se observó durante los últimos 50 años se debe al aumento de la concentración de gas de efecto invernadero que es atribuible a actividades humanas. Ver *Cambio Climático 2001: La Base Científica, Resumen para los Gestores de Política* La Organización Meteorológica Mundial / Programa Ambiental de las Naciones Unidas, Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático 2001 <http://www.ipcc.ch/>.

las escuelas como algunos podrían aducir.<sup>2</sup> Es totalmente lo contrario. Enseñar sobre el cambio climático pone a prueba la madurez y sofisticación de un entorno educativo. Es una prueba que demanda que los profesores y quienes desarrollan el currículo usen los mejores enfoques para desarrollar la comprensión, razonamiento, pensamiento crítico y finura conceptual de los estudiantes.

## ENSEÑANDO ACERCA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Los siguientes son cinco conceptos fundamentales sobre los cuales cualquier programa educativo sobre cambios climáticos bien diseñado debe basarse.<sup>3</sup>

**1. El cambio es la norma en los sistemas naturales de la tierra.** La tierra cambia constantemente. Su registro geológico proporciona amplia evidencia de que ha habido cambios importantes en las formas de la tierra, el clima y la vida en el pasado. No hay razón para esperar que los procesos que han dado forma a la tierra se hayan detenido. Aunque ahora los seres humanos están implicados en los cambios mundiales significativos, no son responsables ni

---

<sup>2</sup> M. Sanera y J. S. Shaw, *Hechos no temor: Una Guía para que los Padres les enseñen a los Niños acerca del Medio Ambiente* (Washington, D. C.: Regnery, 1996)

<sup>3</sup> Estos cinco conceptos básicos resultaron de conversaciones entre algunos de los principales científicos que en la actualidad trabajan para comprender las dimensiones humanas del cambio global, incluyendo el cambio de clima, durante una década de seminarios de verano a inicios de 1990 auspiciados por Aspen Global Change Institute (AGCI) en Aspen, Colorado. A estas sesiones asistieron investigadores de instituciones académicas, agencias gubernamentales, entidades privadas y corporaciones de alrededor del mundo. Sus conversaciones cubrieron las dimensiones físicas, químicas, biológicas, geológicas, económicas, demográficas, socioculturales y políticas del cambio global. Además de estas sesiones, AGCI con auspicio de la NASA desde 1997 ha ofrecido programas de educación de verano para profesores en Canadá y los Estados Unidos. Estos breves cursos unen a los educadores con científicos en cambio global para desarrollar una mejor comprensión del cambio climático y para conversar sobre los desafíos educativos presentados por el tópico. Tanto los seminarios de ciencias de verano de AGCI como los cursos breves para profesores han aumentado enormemente nuestra apreciación de las dimensiones educativas del cambio global y han creado una red de conexiones entre educadores e investigadores que trabajan en ese campo.

controlan todos los procesos de cambios globales.<sup>4</sup>

## 2. Los Sistemas de la tierra están enlazados en interacciones complejas.

Ahora tenemos una imagen mucho más compleja que la que tuvimos en el pasado, de la Tierra como un sistema de sistemas interactivos, cambiantes y en evolución: una atmobiogeoesfera. Los procesos en el océano afectan al clima; la vida en los bosques afecta los ríos que a su vez afectan la vida de la orilla en las placas continentales, bahías y estuarios. El ciclo de los minerales y los gases está influenciado por microbios de la tierra. En resumen, la Tierra es un metasistema integrado en el cual las conexiones entre los elementos, aunque a menudo son sutiles y aun inesperadas, pueden tener poderosas consecuencias cuando se alteran o dañan.<sup>5</sup>

**3. El cambio global afecta a toda vida.** El hecho de que la Tierra sea un sistema integrado significa que los cambios globales afectan a toda vida, a menudo en formas inesperadas o sutiles. Aun los cambios relativamente pequeños en el clima, las corrientes oceánicas, la cobertura forestal y la distribución de desiertos puede en ocasiones afectar en forma significativa la distribución de las especies. Las especies amenazadas pueden extinguirse debido a la pérdida de hábitat; otras pueden invadir nuevos territorios y competir con las nativas; organismos parásitos o que causan enfermedades pueden diseminarse en regiones donde anteriormente eran desconocidas o raras.

La reducción del ozono en la atmósfera superior puede resultar en niveles mayores de radiación ultravioleta a nivel de la tierra, lo que causa defectos genéticos, cáncer y otros daños más sutiles a las plantas, animales y especies microbianas.<sup>6</sup>

---

<sup>4</sup> S. H. Schneider y R. Londer, *La coevolución del clima y la Vida* (San Francisco: Sierra Club Books, 1994); S. H. Schneider, *Laboratorio Tierra: El Juego Planetario que no podemos permitirnos perder* (New York: Libros Básicos, 1997).

<sup>5</sup> "Managing Planet Earth, *Scientific American* (edición especial, Septiembre 1989)

<sup>6</sup> S. Cagin y P. Dray. *Entre Tierra y Cielo: Cómo CFCs – cambió nuestro mundo y puso en peligro la capa de ozono* (New York: Panteón, 1993).

Aunque los humanos pueden tomar medidas tecnológicas o de otro tipo para protegerse de estos cambios, otras formas de vida de las cuales dependemos para alimento o recursos pueden no ser tan afortunadas.

#### **4. Los cambios locales, regionales y globales a menudo están relacionados.**

Aunque el clima de la tierra es un sistema global, los humanos y otras formas de vida lo experimentan en la forma de eventos climatológicos locales. Los pequeños cambios en la temperatura media global pueden parecer insignificantes pero pueden volverse cambios importantes para el clima global y para las condiciones a las que afecta el clima. Por lo tanto, las sequías locales, inundaciones, condiciones de inviernos extremos o calor intenso de verano pueden todos ser el resultado de los cambios en el clima global. Un solo evento como la presencia de El Niño o La Niña en el Océano Pacífico puede generar impactos ampliamente diferentes en el mundo. En un área el efecto puede ser el incremento de lluvias; en otras, sequía, en otras, huracanes o tornados. A menudo es difícil para la gente apreciar que eventos tan diferentes pueden tener una sola fuente, que los cambios globales pueden actuar de manera diferente en diversas regiones. Además, donde las poblaciones humanas están concentradas en grandes áreas urbanas, muchas de las cuales están ubicadas en planicies costeras y cuencas de ríos, los eventos climatológicos extremos pueden ser catastróficos mientras que si los mismos eventos se suscitan donde viven pocas personas parecen insignificantes.<sup>7</sup>

#### **5. Los seres humanos se han convertido en los principales agentes del cambio global.**

Los seres humanos no son los únicos actores en el escenario del cambio global. La Tierra tiene una historia que se extiende mucho más allá del periodo del tiempo en el cual se desarrollaron nuestras especies, y los cambios globales que incluyen cambios climáticos importantes ocurrieron continuamente mucho antes de la primera aparición de los seres humanos. Sin

<sup>7</sup> R.P. Turco, *Tierra bajo sitio: Contaminación de Aire y Cambio Global* New York, Oxford University Press, 1995).

embargo, la población humana ahora excede seis billones y nuestro uso de energía, herramientas y recursos, combinados con nuestro número nos hace un factor significativo en los cambios mundiales actuales. Los asentamientos humanos, la agricultura, silvicultura, minería y pesca han tenido un profundo impacto en la biodiversidad, la erosión de la tierra, la calidad del agua y aun climas locales y regionales. Debido a que somos capaces de aprender, tenemos un razonamiento avanzado y nos podemos comunicar, debemos estar en condiciones de modificar nuestra conducta cuando nos enfrentamos a claras indicaciones de que estamos camino del desastre. Debemos estar en condiciones de usar las herramientas y recursos a nuestra disposición de una forma más inteligente a fin de empezar a vivir en armonía con el planeta antes que en guerra con el mismo. Todavía está por verse si estamos en condiciones de hacer la transición a una genuina sostenibilidad. Este es probablemente el desafío más importante al que se enfrenta la raza humana.<sup>8</sup>

Estos cinco conceptos son de vital importancia para el diseño e implementación de cualquier programa de educación sobre cambio mundial, sea que ese programa se enfoque hacia cambios climáticos, pérdida de biodiversidad, crecimiento de población o patrones de explotación de recursos y agricultura. La investigación moderna en ciencia cognoscitiva claramente demuestra la importancia del esquema conceptual para el aprendizaje. Sin tales marcos para pensar y organizar la información, los estudiantes y profesores por



<sup>8</sup> J. T. Houghton, B. A. Callander y S. K. Varney, ed *Cambio Climático: La Evaluación Científica IPCC*. Reporte de la Organización Meteorológica Mundial / Programa Ambiental de las Naciones Unidas, Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (New York: Cambridge University press, 1990) Turco, 1995

igual, a menudo se ven abrumados por un exceso de información y el currículo se convierte en solo un revuelto de contenidos.

Los estudiantes necesitan aprender cómo diferentes disciplinas enfocan el asunto del cambio global. Aunque los científicos pueden revelar la naturaleza y causas de los cambios globales, la ciencia no determina automáticamente que acciones debemos tomar a la luz de este conocimiento.

Por lo tanto, es de vital importancia que los materiales educativos presenten la Tierra como lo que es: un planeta vital, cambiante y que evoluciona. Es esencial para la historia humana enmarcarla en una perspectiva geológica de tal forma que los estudiantes aprecien cual corta es la influencia que los humanos han tenido en la Tierra. También es importante invitar a los estudiantes a apreciar cómo las actividades humanas pueden influenciar en los sistemas naturales, como en el incremento del efecto natural de invernadero. Pero es igualmente importante para los estudiantes apreciar que algunos de los cambios que están ocurriendo y que ocurrirán en la Tierra no son ni causados por nuestras acciones ni están sujetos a nuestra intervención. El problema de la predicción de terremotos es un buen ejemplo. Las actividades humanas parecen tener poco o nada que ver con los procesos geofísicos que generan los movimientos de la tierra. Aunque toda nuestra visión de la actividad sísmica se ha transformado en los últimos 60 años más o menos por el desarrollo del concepto de las placas tectónicas,<sup>9</sup> todavía nos es difícil predecir cuando habrá terremotos, aunque podemos identificar las regiones que tienen una alta probabilidad. Aunque podemos tomar precauciones contra el impacto de los terremotos en nuestros edificios y otras construcciones, y prepararnos para manejar los resultados de los terremotos, no podemos hacer nada para detenerlos.

Cuando a los estudiantes se les presentan hechos acerca de las masivas fuerzas globales a largo plazo y los procesos de cambio, existe el peligro de que puedan adoptar actitudes de indiferencia o resignación. Después de todo, si los seres

humanos son tan insignificantes, ¿para qué molestarnos en hacer algo para moderar nuestro medianamente trivial impacto en la tierra? Esto requiere enfoques educativos en los que los factores de riesgo, los costos y beneficios a largo plazo, así como las ideas tales como el principio de precaución se conviertan en materias para debate e investigación crítica. Los estudiantes también necesitan aprender cómo las diferentes disciplinas enfocan el asunto del cambio global. Mientras que la ciencia puede revelar la naturaleza y las causas de los cambios globales, la ciencia automáticamente no determina qué acciones debemos tomar a la vista de este conocimiento. Muchas decisiones acerca del impacto humano en el clima global, por ejemplo son de naturaleza política y económica y estas formas de conocimiento son diferentes de la ciencia o las matemáticas. Para los educadores, la complejidad del cambio climático global es tanto un problema como una ventaja. Debido a que el tópico es multidisciplinario, es un vehículo ideal para el desarrollo de la astucia conceptual de los estudiantes: su habilidad de apreciar y aplicar diferentes formas de conocimiento y razonamiento y reconocer cómo difieren estas formas. Sin embargo, la naturaleza multidisciplinaria y compleja del cambio global como tópico requiere estrategias sofisticadas de enseñanza y colaboración entre los profesores de diversos campos.

Los críticos de la educación de clima mundial en ocasiones argumentan que deben enfrentarse de forma científica y que sólo los hechos científicos que se conocen sin ninguna duda deben tomarse en consideración.<sup>10</sup> Este punto de vista le quitaría al tópico de cambio climático su potencial educativo y presentaría a los estudiantes una comprensión empobrecida del mismo. Sin embargo, como muchos profesores aprecian, es difícil para un profesor de ciencias que analiza la química de la reducción de ozono por clorofluorocarbonos (CFSs) poder contestar las preguntas de los estudiantes que se refieran a los problemas económicos de eliminar el CFS de los aparatos en los países desarrollados. La mejor forma de manejar estas preguntas es dejar que los estudiantes reciban información de otros especialistas sea directamente o a través de libros, artículos en Internet, Conferencistas visitantes y a través de instrucción

---

<sup>9</sup> T. J. Crowley y G. R. North, *Paleoclimatología* (New York,: Oxford University Press, 1991)

---

<sup>10</sup> Sanera y Shaw, 1996

interdisciplinaria que emplee la enseñanza efectiva por equipo.

El asunto de la certeza científica también es un elemento importante e ineludible de la educación efectiva acerca del cambio del clima mundial. Es muy importante para los estudiantes no sólo comprender lo que se sabe acerca del cambio global, sino también apreciar cómo se ha desarrollado este conocimiento y cuán fiable es. Es un atributo esencial de la educación científica efectiva, de hecho, de cualquier educación, que a los estudiantes se los invite a comunidades de práctica o becas. Deben estar en condiciones de presenciar las dificultades y dudas de la investigación así como sus triunfos y conclusiones en firme. Deben participar en argumentos y debates que hagan que la investigación sea animada y que los involucre. Se les debe proporcionar información que los anime a considerar cuán actualizada, fiable y ampliamente aceptable es la misma. Esto no debilita el poder educativo de la educación ambiental, más bien lo fortalece.

Esto, sin embargo, no es para argumentar que todas las opiniones y puntos de vista deban presentarse como de igual validez y actualidad en la comunidad científica, como algunos partidarios de la presentación "equilibrada" de todos los problemas ambientales nos quieren hacer creer.

Al presidente de la Flat Earth Society no se le da el mismo tiempo en las noticias acerca del vuelo de un transportador espacial.<sup>11</sup> Tampoco puede usarse el hecho que la mayor parte de la ciencia es tentativa y de naturaleza continua como un argumento para aplazar toda acción hasta que se desarrolle una certeza absoluta.

Aquí nuevamente, el poder educativo de analizar las investigaciones sobre el cambio climático puede desarrollarse sólo si los estudiantes evalúan y debaten las bases en las cuales se hacen las propuestas para actuar, considerando los costos y beneficios y los riesgos tanto de la acción como de la inacción. Donde exista duda científica se les debe animar a comprender por qué existe: ¿radica el problema en la teoría fundamental, con datos insuficientes, con instrumentos de recolección de datos mal

desarrollados, o con la falta de fondos para investigación básica? Donde existan argumentos políticos respecto a qué medidas deben tomarse para atender los efectos humanos en el clima, se debe invitar a los estudiantes a preguntar si las diferencias surgen debido a que los defensores de diversas posiciones usan hechos científicos diferentes, razonamientos de diferentes modelos económicos, diferentes estudios de apoyo y actitudes públicas o empiezan con diferentes premisas ideológicas.

La respuesta educativa posiblemente más inadecuada a la duda y al argumento es ignorarlos o presentar solo lo que no es contencioso. Una vez más, es esencial para los estudiantes que aprecien las diferencias entre argumentos científicos, económicos, políticos, religiosos, filosóficos y otros. Esto es especialmente importante dada la tendencia de los medios de comunicación modernos y el discurso político de borrar estas distinciones.- También debemos presentar una diversidad de alternativas para que los estudiantes las consideren. Estas podrían incluir :

- Asumir que nuestras actividades no tienen serio impacto y simplemente dejar que sucedan.
- Asumir que los humanos son contribuyentes clave en los cambios globales actuales y que debemos tomar acción para reducir nuestros impactos o para eliminar aquellos que dañan la biogeoesfera;
- Asumir que no tenemos suficiente evidencia del cambio global y que debemos esperar hasta tener evidencia científica definitiva antes de tomar ninguna acción substancial para reducir los impactos humanos, especialmente si la acción puede tener implicaciones económicas serias.

Los estudiantes entonces deben desarrollar escenarios para futuro de medio alcance basados en diferentes suposiciones y defender o proponer diversos cursos de acción dentro del contexto de sus posiciones escogidas.

Cualquier programa educativo efectivo que atienda el cambio climático mundial debe confrontar el hecho de que muchos estudiantes tienen serias deficiencias en sus concepciones

---

<sup>11</sup> S. H. Schneider, comunicación personal, Agosto 1998

básicas y conocimiento de ciencias naturales, así como química, física y biología. Los estudios de los conceptos erróneos entre los graduados universitarios, por ejemplo, muestran que aun aquellos especializados en ciencias en algunas de las universidades más distinguidas a menudo tienen ideas erróneas acerca de procesos básicos tales como las estaciones, el proceso de fotosíntesis y su relación con los ciclos biogeofísicos, la composición de la atmósfera y el papel de la energía solar en la operación de los sistemas principales de la tierra.<sup>12</sup> Lo que implican estos hallazgos es que es de vital importancia evaluar el conocimiento previo de los estudiantes antes de proceder con programas de instrucción. La investigación sobre los esquemas cognitivos y aprendizaje refuerzan el poder que ejercen los conceptos erróneos en el razonamiento. Esa investigación también indica que si el aprendizaje es una actividad constructiva, en ocasiones también requiere la deconstrucción o no aprender las estructuras cognitivas existentes. Esto usualmente requiere mucho más tiempo y atención que el que se le da en programas escolares.

Un enfoque útil es desarrollar algunas pruebas simples de conocimiento previo que se pueden administrar a los estudiantes al inicio de un programa de instrucción. Las pruebas pueden evaluar el conocimiento de hechos básicos mediante preguntas acerca de los porcentajes relativos de gases en la atmósfera, o el origen del aumento de peso en las plantas cuando pasan de semilla a su madurez. Algunas de estas preguntas pueden ser hechas como respuestas sencillas de diversas opciones, cierto o falso o emparejar opciones. Sin embargo, también es útil y revelador pedir a los estudiantes que hagan dibujos, diagramas y gráficos o que se involucren en debates narrativos acerca de los diversos procesos. También es importante establecer por qué los estudiantes dan respuestas equivocadas en estas pruebas, para indagar con mayor profundidad las respuestas dadas a fin de apreciar el razonamiento detrás de las mismas.

---

<sup>12</sup> *Provocando Ideas de los Estudiantes*, video producido por el Harvard Smithsonian Center for Astrophysics (Boston, MA: The Private Universe Project, The Annenberg/CPB Math Science Project, 1995)

Para que la evaluación de conocimientos previos sea efectiva, los estudiantes deben trabajar en una atmósfera de seguridad intelectual. La finalidad de la evaluación de conocimientos previos no es clasificar a los estudiantes, sino saber el rango de conceptos en una clase y el estado del conocimiento básico de los estudiantes a fin de planificar una instrucción mas efectiva. Aunque la evaluación de conocimiento previo a menudo se enfoca en conocimientos y conceptos científicos básicos, también se puede dirigir hacia formas de razonamiento, valores y actitudes. Por ejemplo, el trabajo de Kempton, Boster y Hartley (1996) sobre valores ambientales y cultura Americana reveló que muchas personas razonaban acerca de las emisiones de gas de invernadero usando el conocimiento y la comprensión de la falta de ozono CFC. En otras palabras, razonaban que si el problema de CFC se había “arreglado” por la sencilla técnica de reemplazar CFCs como propelentes, refrigerantes y agentes limpiadores, lo mismo podía hacerse con el dióxido de carbono.<sup>13</sup> Si los profesores o quienes diseñan los currículos conocen esta clase de razonamiento, sus diseños para instrucción y experiencias de aprendizaje pueden considerar estas estructuras conceptuales previas. Por supuesto, tanto la evaluación de la efectividad del programa y como el aprendizaje del estudiante deben volver a revisar el mismo conocimiento básico, conceptos y procesos de razonamiento.

En conclusión, existen buenas y malas noticias acerca de la educación que trata sobre el cambio climático global.

Las malas noticias son que el tema es complejo y presenta un desafío. Las buenas noticias es, así mismo, que es complejo y presenta un desafío. Estamos seguros de que hay muchos profesores y desarrolladores de programas que desean aceptar el desafío y de que hay investigadores y otros educadores que están preparados para ayudarles.

*Milton McClaren es un Profesor Emérito de Educación en la Facultad de Educación en la Universidad Simon Fraser en Burnaby.*

---

<sup>13</sup> W. Kempton, J. S. Boster y J. A. Hartley, *Valores Ambientales en la Cultura Americana* (Cambridge, MA: Massachussets Institute of Technology Press, 1996)

*Columbia Británica. William Hammond es un Profesor Asistente en la Escuela de Artes y Ciencias en la Facultad de Educación en la Universidad de Costa del Golfo de Florida en Fort Myers, Florida.*

*Traducido por Lola Varas, Guayaquil, Ecuador, 2007.*