

Adaptación Local al Cambio Climático, Cultura Climática, y una Estrategia Educativa

Mónica Ihl & Wendeline de Beer*

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer las bases de una “cultura climática”. Se analizan algunas ideas relevantes que deben tratarse antes de iniciar el debate sobre el cambio climático global. Por ejemplo, la confusión que existe entre clima y meteorología, elementos y factores del clima, variabilidad y cambio climático. En definitiva, la forma correcta de abordar el estudio del clima. Tomar en cuenta la escala de análisis, que puede variar tanto en el espacio como en el tiempo, y sobre todo advertir acerca de las dificultades que tiene la ciencia para distinguir entre causas naturales y antrópicas de cambio climático (estudios de sensibilidad). No se analizan los modelos de cambio climático, sólo se mencionan algunos resultados relevantes y se plantea la necesidad de investigar nuevas y complejas interacciones océano-/atmósfera-/tierra-/criósfera a nivel planetario. Se discute muy brevemente la forma como se abordan actualmente los problemas asociados al cambio climático global y se hace un llamado para participar en las acciones de control del clima local.

Introducción

Pocos factores tienen un impacto más directo sobre nuestra vida diaria que el tiempo y el clima. El tiempo impone día a día las ropas que debemos usar, el clima determina en gran medida la construcción de nuestras casas, los medios de calefacción y refrigeración, el sistema de transporte y los cultivos que un país puede producir.

El tiempo atmosférico es el estado de la atmósfera en un instante o momento dado, en tanto que el clima es el comportamiento promedio del tiempo atmosférico en un largo período (más de 30 años).

* Docentes de la Carrera de Ingeniería de Ejecución en Gestión Ambiental de la Escuela Ciencia Política de la Universidad Academia de Humanismo Cristiano.

Elementos del clima son un conjunto de parámetros que permiten describir el estado de la atmósfera en un momento dado. Por ejemplo, la duración del día y la noche, la radiación o insolación, las precipitaciones o el n° de días de lluvias al año, la nubosidad o frecuencia de nieblas, bruma y rocío, el n° de días con heladas, la temperatura, presión y humedad del aire, la evaporación, la dirección y velocidad del viento, etc. Más útiles son los indicadores de procesos, como la existencia de capas de inversión en altura o en superficie, que dan cuenta de la estabilidad del aire que es fundamental para entender la dispersión de contaminantes. Los elementos del clima se usan para describir los procesos dinámicos que ocurren dentro de la atmósfera. Por ejemplo, el ciclo diario-/anual, las variaciones interanuales, interdecadales y de largo plazo.

Factores del clima son todos aquellos aspectos físicos o características superficiales, ajenos a la atmósfera, tales como la latitud, altitud, exposición, pendiente y cobertura del suelo, que influyen sobre los elementos del clima.

Resultados

El clima se puede clasificar en términos de la distribución espacial (escala vertical y horizontal) y la variabilidad temporal de los elementos del clima.

Además de factores cósmicos y parámetros orbitales son importantes la repartición de tierras y mares. Factores azonales son las corrientes marinas, cadenas montañosas y grandes campos de hielo, glaciares y suelos o afloramientos rocosos. Factores locales son el microrelieve, ríos, lagos, bosques y ciudades.

A nivel planetario se distingue entre climas tropicales (zonas de excedencia de calor), climas extratropicales (zona deficitaria de calor) y climas polares. Desde la zona de excedencia se produce un transporte de calor hacia la zona deficitaria de calor. Este transporte no ocurre directamente desde el Ecuador hacia los polos, sino en tres células convectivas. En la zona tropical se produce una acumulación exagerada de aire en la alta troposfera que da origen a la célula de HADLEY, compuesta de un flujo ascendente en la zona de convergencia intertropical (ITCZ), y un flujo descendente a los 30° de latitud. La segunda célula se desarrolla entre 30 y 60° de latitud conocida también como "zona frontal" y la tercera célula se forma entre los 60 y 90° de latitud, correspondiente a la circulación polar. La ITCZ (donde los vientos alisios convergen cerca del Ecuador) representa el ecuador térmico de la tierra y separa la circulación global en dos circulaciones hemisféricas. Respecto del patrón de las lluvias, lo que caracteriza el Norte Chico de Chile, no es la regularidad sino la variabilidad, es decir, alternancia de años secos y lluviosos.

Cambio climático solo ocurre cuando uno o más parámetros del clima experimentan un cambio significativo en un lapso de tiempo mayor a 30 años. Normalmente constituye una nueva serie de tiempo.

La mayor parte de los fenómenos climáticos ocurren dentro de la troposfera, que es la capa más dinámica y la que se encuentra más directamente afectada por los efectos de absorción del suelo. Para estudiar estos fenómenos dinámicos es necesario distinguir la escala de análisis: puede ser global, continental, regional, de mesoescala y microescala o local. Este último concepto también se conoce como "topoclíma" o clima de un lugar pequeño, que corresponde por ej., a un clima urbano, rural, de bosque.

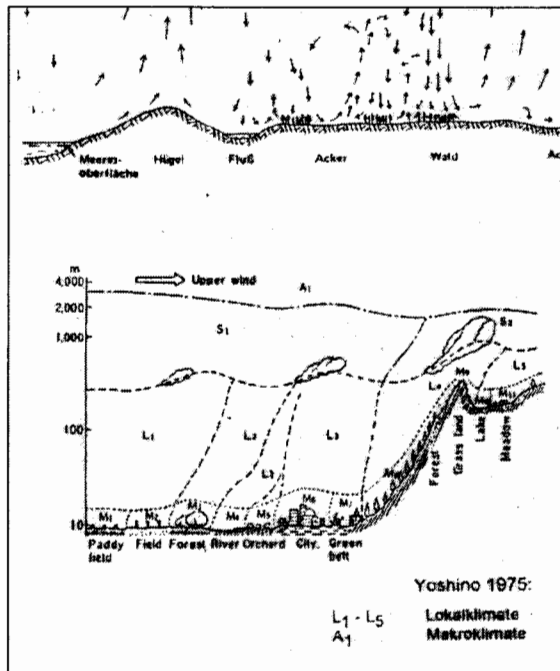


Fig.1: Distintas escalas de análisis del clima (YOSHINO, 1975)

Se pueden estudiar fenómenos de gran dimensión, como son frentes y huracanes, o pequeñas turbulencias que son relevantes para la dispersión de contaminantes atmosféricos. Los fenómenos de mesoescala se desarrollan durante un periodo que se extiende desde días hasta semanas y afectan un área que puede cubrir varios cientos de km². Los procesos de microescala se desarrollan desde segundos hasta minutos y hasta un metro (ORLANSKY, 1975).

El sistema climático presenta cuatro propiedades:

1. Termal (temperatura del aire, agua, hielo y suelo, u otras superficies)

2. Acuosa (distintos estados que incluye humedad del aire, nubosidad, agua subterránea, contenido de agua en nubes, nieve y hielo).
3. Estática (presión y densidad del sistema océano-/atmósfera, composición del aire y del agua de mar y límites geométricos del sistema).
4. Cinética (movimientos verticales y horizontales del aire, corrientes marinas, deriva de masas de hielo continental).

Estas variables se encuentran conectadas por medio de diferentes procesos físicos como la precipitación, evaporación, radiación, transferencia de energía y masa por medio de movimientos advectivos y flujos turbulentos dirigidos del suelo hacia la atmósfera. Aún no está claro como exactamente se transmiten las influencias locales del clima y éstas afectan el clima global, o como, por el contrario, influencias de la estratósfera pueden afectar el clima local.

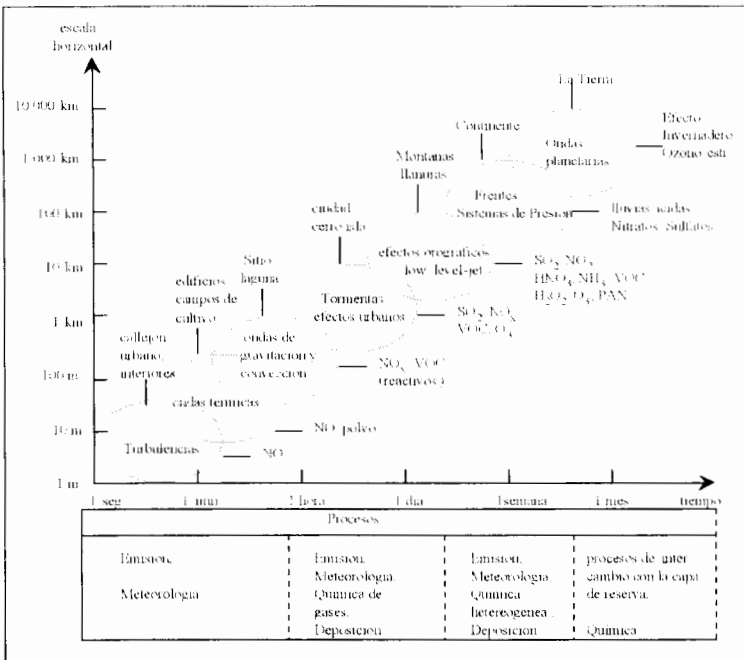


Fig.2: Distintos procesos físicos y químicos de la atmósfera y las escalas que deben considerarse para su análisis (STULL, 1988).

La radiación se propaga en ondas similares a las olas del mar. La frecuencia es una medida del número de ciclos por unidad de tiempo, en tanto que la longitud de onda es la distancia entre un máximo y otro. La radiación de longitud de onda corta viaja a mayor frecuencia y choca con objetos, sustancias, líquidos, sólidos y gases, y experimenta efectos de absorción transmisión y reflexión. Las bandas de absorción se deben a la existencia de ciertos gases o componentes de la atmósfera. En la estratosfera el efecto más importante se debe a la capa de ozono (O₃), que puede

absorber 100% de las radiaciones de onda corta menor a 0.3 m (ultravioleta, UV), dióxido de carbono (CO₂) absorbe radiaciones de onda larga (>12 μm), oxígeno (O₂) y vapor de agua (H₂O) radiaciones de onda larga (>8 m). Cerca de la superficie los efectos de absorción se deben al vapor de agua y partículas en suspensión. Después de traspasar la atmósfera, los rayos solares llegan finalmente a la superficie terrestre. Pero han experimentado en este viaje cambios en intensidad y composición. Otro efecto importante de la atmósfera es la dispersión de la radiación visible debido a los gases y partículas suspendidas en el aire, que se manifiesta en diferentes intensidades de color.

La radiación reflejada depende de las propiedades radiativas de la superficie, es decir del color, contenido de agua y estructura o porosidad. Por norma general esta proporción es muy pequeña y se denomina albedo. El balance de radiación es la relación que existe entre la cantidad de radiación que entra y sale del sistema tierra-atmósfera. Albedo es la proporción de la radiación solar incidente que es reflejada hacia el exterior. Representa aproximadamente un poco más de un tercio de la radiación solar total incidente (36%) y se descompone de la radiación de las nubes, el hielo y la nieve fresca, suelos desérticos y superficies grises, en menor medida selvas y bosques, suelo de color oscuro, asfalto y agua (menos de 8%). Los cambios de albedo (radiación terrestre) pueden tener un efecto importante sobre el balance de energía y la temperatura global. La radiación absorbida depende de las propiedades de admitir calor, puede penetrar en el interior del objeto e incluso traspasarlo. En este proceso se consume la mayor parte de la energía disponible y se destina para calentar el objeto, sustancia o materia terrestre.

El balance de radiación se descompone del balance de radiación de onda corta (K*) y el balance de radiación de onda larga (L*):

$$Q^* = K_{\downarrow} - K_{\uparrow} + L_{\downarrow} - L_{\uparrow} \quad (1)$$

Donde

K_↑ es el albedo y L_↑ la emisión de calor

El balance diario de radiación sería la suma de flujos de onda corta y larga:

$$Q^* = K^* + L^* \quad (2)$$

El balance durante la noche se reduce a flujos de onda larga:

$$Q^* = - L^* \quad (3)$$

De lo anterior, se obtiene un excedente durante el día y un déficit en el balance de calor durante la noche.

Estudios recientes indican que existe una tendencia en los países desarrollados a disminuir las emisiones de CO₂, en tanto que en los países en vías de desarrollo este aporte todavía es significativo. Otro aspecto que se considera relevante en la actualidad, son las “emisiones acumulativas”, es decir, se consideran relevantes también los aportes en el pasado.

Por otro lado, existen numerosas evidencias científicas, que demuestran a partir de datos de distintos lugares del planeta, que la temperatura promedio del aire muestra un aumento del orden de 0.2 a 3°C a partir de 1880 (SHIMODA, 2003).

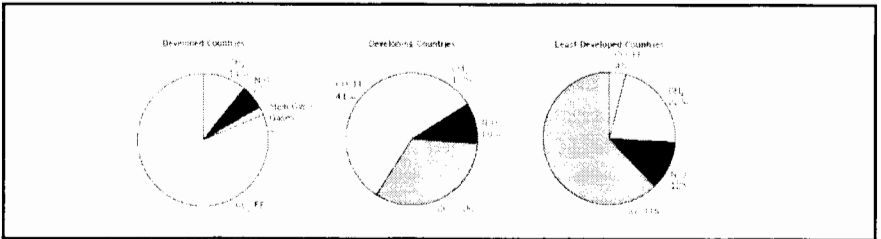


Fig.4: Emisión de gases invernadero según tipo de economía (WRI, 2005).

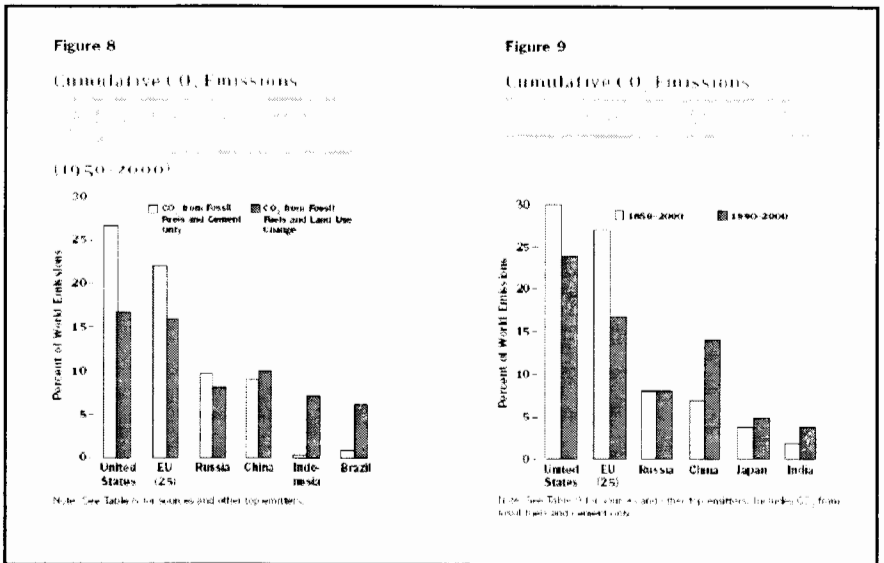


Fig.5: Emisión acumulativa de CO₂ con y sin incluir el cambio de uso del suelo –período 1950-/2000- y derecha, emisión acumulativa de CO₂ período 1850-/2000 v/s período 1890-/2000 (según WRI, 2005).

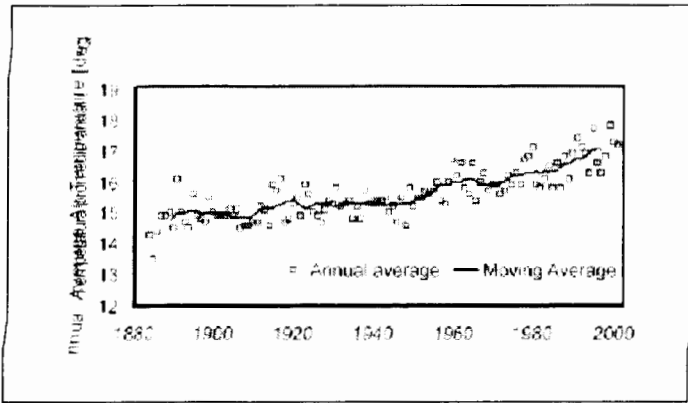


Fig.6: Tendencia de calentamiento global (temperatura de Osaka, según SHIMODA, 2003)

Más relevante aún es el hecho que no solo la temperatura del aire, sino también del agua en lugares muy remotos, como la Antártica o una isla en el Pacífico, muestran también esta tendencia (FRIEDLI et al., 1986. NATURE, 1986 Vol 324, 237).

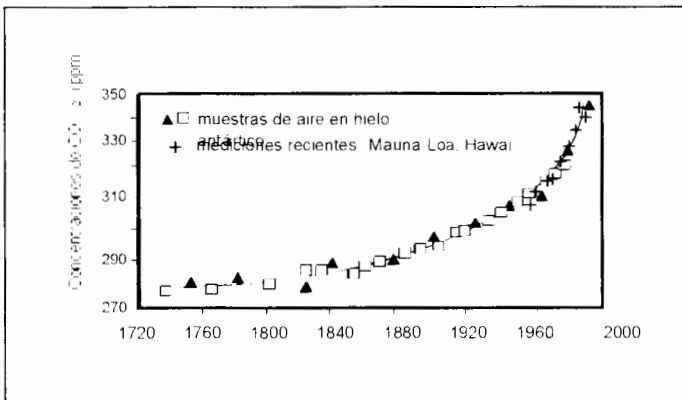


Fig.7: Concentraciones de CO₂ en la atmósfera (FRIEDLI et al., 1986. NATURE, 1986 Vol. 324, 237)

Tab.1: Posibles agentes de cambio climático (“*forcing factors*”)

Agente	Factores Naturales	Factores Antrópicos
Externo	Actividad Solar (mancha solar)	CO ₂ y otros gases invernadero
	Parámetros Orbitales	Gases responsables de la destrucción de la capa de ozono (Antártica)
	Erupciones Volcánicas	
Interno	Avance y Retroceso del Hielo (Antártica y Ártico)	Cambios en la cobertura del suelo
		Contaminación del aire

De acuerdo a la tabla anterior, causas climáticas externas inducidas por el hombre o antrópicas son en primer lugar CO₂ y otros gases invernadero y la causa climática interna inducidas por el hombre o antrópicas es la contaminación.

Respecto de la influencia de la contaminación del aire sobre el clima global, se cree que básicamente el aumento de la concentración de partículas en suspensión crea un efecto similar a la nube de cenizas que genera un volcán en erupción (es decir, un enfriamiento del sistema).

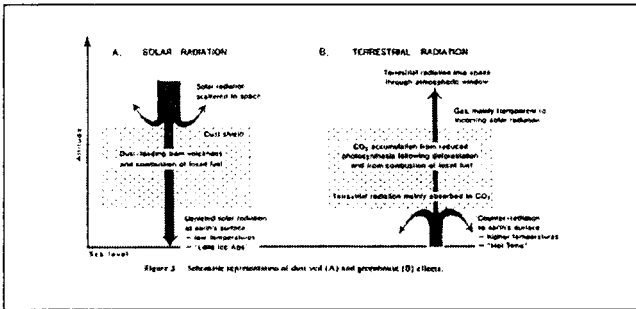


Fig. 8: Esquema que muestra el efecto A del polvo en suspensión y B CO₂ sobre el balance de radiación de la tierra

Tab.2: Gases invernadero y su impacto sobre el calentamiento global (MACKENZIE, 1998)

Gas	Efecto Invernadero	O ₃ Estratosférico Estratosférico	Fuente Antropogénica	Fuente Natural	Tiempo en el aire
Dióxido de carbono CO ₂	Calentamiento	Puede aumentar o disminuir	Combustibles fósiles y deforestación	Respiración	50 a 200 años
Metano CH ₄	Calentamiento	Puede aumentar o disminuir	Cultivos de arroz, algodón Combustibles fósiles quema de biomasa	Humedales	10 años
Óxido nítrico N ₂ O	Calentamiento	Puede aumentar o disminuir	Fertilizantes y cambio de uso del suelo	Suelos y selva tropical	130 años
Cloro fluoro carbonos CFCs	Calentamiento	Disminuye	Refrigerantes, aerosoles y procesos industriales	-	60 a 100 años
Ozono O ₃	Calentamiento	-	HC (con NO _x) quema de biomasa	HC	Semanas a meses
Monóxido de carbono CO	-	-	Combustibles fósiles quema de biomasa deforestación	Oxidación de HC	Meses
Vapor de agua H ₂ O	Calentamiento en el aire, enfriamiento en nubes	Disminuye	Riego y cambio de uso del suelo	Evapo transpiración	Días

Acciones de control del clima

Quedan aún muchas incertidumbres por resolver. Probablemente uno de los aspectos menos abordados son los estudios de sensibilidad, es decir, conocer con exactitud cómo el sistema local, regional, continental y global responde frente a un determinado cambio y distinguir con precisión entre causas naturales y causas antrópicas.

“Una diferencia esencial entre el hombre y los animales inferiores, consiste en que el primero se esfuerza por cambiar su ambiente, para satisfacer sus necesidades particulares, mientras todas las demás formas de vida se adaptan a los caprichos de su medio a lo largo del tiempo” (SPILHAUS en STAMP, 1965). Esto significa que debemos aceptar el hecho que nuestras acciones generan un impacto sobre el clima. Más importante que determinar exactamente la intensidad de dicho impacto, es corregir nuestras acciones.

Frecuentemente el problema del cambio climático se reduce a dos cuestiones: por un lado los países desarrollados que exigen una postura más dura respecto de la pérdida que se produce por la deforestación, y por otro, los países en vías de desarrollo, que exigen una postura más enérgica en la política de reducción de emisiones de gases invernadero.

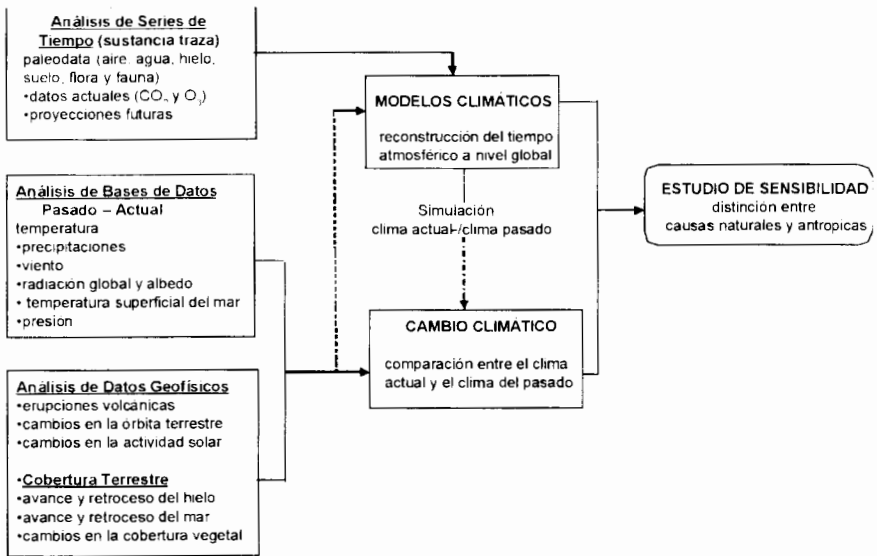


Fig. 9: Esquema que muestra los principales temas de interés de los climatólogos en la actualidad (WANNER, 1994)



Fig.10: El debate tradicional Norte-/Sur sobre cambio climático (MACKENZIE, 1998)

La discusión acerca del cambio climático puede prolongarse por mucho tiempo, y la acción puede tardar. En consecuencia, parece ser que la única salida es la educación ambiental, que también hace mención la “Declaración de Santiago” (2004).

Tab. 3: Declaración de Santiago: Compromisos y propuestas ciudadanas hacia una estrategia de adaptación ante el cambio climático en Chile y 10ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP-10), 6 – 17 de diciembre del 2004 Buenos Aires, Argentina.

1 “El cambio global nos afecta a todos, que estamos inmersos en él y que es imposible e inútil enfrentar los problemas más graves en el ambiente, si no es una acción concertada que involucre a todos los actores de la nación”.

9 “Reitramos que es necesario crear una estrategia educativa a largo plazo con una visión holística. Es decir, una estrategia que tenga que ver con la difusión y educación del cambio climático y que tiene que estar inserto dentro del gran tema global del cambio climático de los patrones de consumo que tenemos”.

9 “Conformar un comité multisectorial en donde estén los científicos, los educadores, los comunicadores, las municipalidades, el gobierno, las organizaciones ciudadanas, profesionales independientes, entre otros, y a partir de ello, crear un documento en donde esté la información que incluye lo que como ciudadanos podemos hacer para colaborar a que se disminuyan las emisiones de gases de efecto invernadero. Planteamos la necesidad de crear materiales educativos para Matemáticas, Lenguaje y Comunicación e Historia y y, de esa manera, proveamos a los educadores las herramientas que puedan aplicar sobre el cambio climático. Esta es una tarea que debe ser asumida por las instancias correspondientes”.



Fig. 11: Mapa esquemático que muestra la importancia de la educación ambiental

Cuando Prometeo robó el fuego a los dioses griegos, éstos lo encadenaron a una roca, donde fue quemado por el sol, azotado por el mar y devorado vivo por las aves de rapiña. Desde el siglo XIX, los seres humanos “robamos” los combustibles fósiles a la tierra para utilizarlos como nuestras fuentes de energía principales, sin temor de castigo. Sin embargo, esta acción humana igual ha tenido su efecto *bumerang*, como sabemos cada día con más certeza: los cambios en el clima global.



Fig. 12: Esquema que muestra lo difícil que es llegar a un consenso o equilibrio entre los distintos intereses (económicos – culturales y ecológicos) en la gestión local (MESSERLI, 1994)

El problema del cambio climático es global, pero el ojo “local” apenas lo ve. Para el ojo local, es mucho menos tangible el cambio climático que la contaminación de las aguas, los microbasurales o el smog de invierno. Esto hace que el lema internacional de la Educación Ambiental “pensar globalmente y actuar localmente” sea aún más urgente, pero también más difícil que nunca de aplicar en este contexto.

¿Cómo hacer sentir la urgencia de medidas correctivas o preventivas a los pescadores o los agricultores que tal vez serán unos de los sectores más afectados económicamente en un futuro probablemente no tan lejano, si ni siquiera se nota mucho todavía? ¿Cómo evitar que las personas se instalen en los bordes de los ríos, cuando ven disminuir constantemente el nivel de sus aguas? ¿Cómo hacer entender a la opinión pública en general que perderemos *partes de nuestra flora y fauna, que en el futuro tendremos que luchar por el agua, cuando hoy en día no se nota todavía?* Conscientes del problema, es posible dar forma a lo que John Dewey, filósofo social del siglo XX, denomina una “comunidad inteligente” (un conjunto de personas que uniendo sus experiencias, formaciones e inteligencia, logra una inteligencia mayor que la suma de cada uno por separado), para enfrentar en forma más adecuada los problemas diarios.

Por otro lado, todo esto nos plantea un enorme desafío, y tal vez único en la historia humana, de *prevención o mitigación de desastres ambientales* en cuanto a *efectos* del cambio climático, ya que el desastre del cambio climático mismo ya se inició. Con esto no se intenta negar la necesidad de medidas *correctivas* también, relacionadas con el cambio climático, como convenios internacionales, acciones empresariales y acciones personales o individuales de reducción de emisión de CO₂. Pero lo más desafiante aún, son las acciones preventivas o de mitigación que se puedan hacer. Y para eso tendremos que desarrollar una **estrategia**, en la cual la Educación para la Sustentabilidad jugará un rol clave. Ya no podremos remediar todo el daño que causamos en los últimos dos siglos. Pero si empezamos hoy, podremos tal vez ahorrarnos una parte de los desastres ambientales y sociales que nos esperan. Por lo menos tenemos el deber ético de hacer todo lo que esté a nuestro alcance y de usar toda la inteligencia colectiva que poseemos. Para por lo menos no ser acusados de “estúpidos” por las generaciones futuras, entendido en el sentido que le dio Manfred Max-Neef, ex candidato a la presidencia: “estúpido es aquel que sabe qué tiene que hacer para hacer lo correcto, pero no lo aplica”.

Tab.2: Componentes de las estrategias de acción

Publicidad-/ Difusión	Políticas Públicas Prospectivas	Organización Social	Gobernanza Ambiental	Planes y Programas de Educación
<p>Tal vez la película “El día después de mañana” no ha sido del gusto de todos, pero fue un primer intento por “visualizar” o “sentir” el cambio climático de manera concreta, cuando la población de los países desarrollados del hemisferio Norte se tuvo que refugiar en el hemisferio Sur. Esto generó un gran impacto en la opinión pública general</p>	<p>Formar comisiones a nivel nacional, regional y local para analizar las consecuencias del cambio climático sobre los recursos territoriales, infraestructura y población para poder tomar medidas de mitigación. Habrá que hacer monitoreos, diagnósticos, análisis y proyecciones regionales, ya que los efectos serán distintos según la región del país.</p>	<p>Fortalecer el capital social existente en cada sociedad, más amplio, consciente y activo respecto del cambio climático y las consecuencias negativas que tendrá. El problema del cambio climático podría ser una primera experiencia masiva de fortalecimiento de la ciudadanía y fomento del capital social relacionado con un tema ambiental global, mediante la creación de organizaciones, redes o movimiento ciudadano</p>	<p>Las empresas privadas y públicas, y la ciudadanía en general, deberán buscar soluciones en conjunto y trabajar juntos para prevenir desastres mayores. Esta cooperación tripartita podría ser una fórmula para lograr un proceso verdaderamente democrático, de toma de decisiones horizontales y compartidos por todos</p>	<p>En todos los niveles y a todos los sectores de nuestra sociedad*. Se requiere hacer educación del cambio climático y todas sus implicancias, y fomentar el capital social, gobernanza y/o movimiento. Es decir, una educación cívica ambiental en toda su plenitud</p>

*Funcionarios públicos, políticos, periodistas, trabajadores del sector productivo, estudiantes de todos los establecimientos educacionales, profesionales de distintas disciplinas, como la Salud, Arquitectos, Agrónomos, Ingenieros, Economistas, etc.

Bibliografía

CARRASCO CERDA, J., 2004: El Cambio Climático: características, consecuencias e implicancias. Ponencia primer Seminario de Cambio Climático, Desastres y Adaptación. Santiago de Chile.

MACKENZIE, F.T., 1998: Our changing planet. An introduction to earth systems science and global environmental change. Second Ed., Prentice Hall. N.Y.

OKE, T., 1987: Boundary Layer Climates. Second Ed., Methuen, London.

PRICE, S., 1993: Diseñando una Comunidad Inteligente; La Filosofía Social de John Dewey, en Sucesos, julio, agosto, septiembre 1993.

STAMP, D., 1965: *Geografía Aplicada*. Editorial Universitaria, Buenos Aires.

STULL, R., 1988: Meteorology Today for scientist and ingeneers . A Technical Compain Book. West Pub. Company, N.Y.