Economía

La mirada científica sobre el cambio climático

Dr. Gustavo Víctor Necco Carlomagno y Dr. José Luis Aiello

GEA sigue la inestabilidade de escala corta generadas por el cambio climático que impactan sobre la producción. El Dr. Aiello y Dr. Necco Carlomagno ayudan a comprender el cambio climático y la urgencia por mitigar sus efectos, y qué piensan los escépticos

Introducción a la entrevista

En GEA, desde sus comienzos, se hicieron varias acciones que contemplaban el cambio climático (CC), sea por teleconferencias, artículos o por el monitoreo en regiones de Argentina para identificar las anomalías en lluvias, temperaturas y otras variables que produjeron impactos en la producción nacional agropecuaria. Sin embargo, para ayudar a comprender mejor el cambio se recurre a dos científicos que, a través de un formato de entrevista, hablan del calentamiento global, el aumento de las temperaturas y el nivel medio del mar, sus consecuencias y sus orígenes, cuáles son las medidas de mitigación, si las medidas de mitigación tomadas hasta el presente han sido suficientes y sobre los detractores del CC.

El Dr. José Luis Aiello (ex Director Científico, y actual asesor, de GEA), a través de un formato de entrevista, pregunta sobre la problemática del Cambio Global al Dr. Gustavo Víctor Necco Carlomagno. El Dr. Carlomagno fue investigador visitante en el *Laboratoire de Météorologie Dynamique*, *Ecole Normale Supérieure* de Francia (1970-72) y en la *Development Division, National Meteorological Centre* de los EEUU (1981-82), profesor en la Licenciatura en Meteorología de la Universidad de Buenos Aires (1973-1984), ex-Director del Departamento Enseñanza y Formación Profesional de la Organización Meteorológica Mundial (1985-2002), ex-Director del Instituto para la Investigación del Cambio Global IAI (2002-2004), y actualmente es Profesor Honorario en el Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) de la Universidad de la República, Uruguay, en la Carrera de Ciencias de la Atmósfera.

Entrevista entre el Dr. Aiello al Dr. Necco Carlomagno

Aiello: **Gustavo, ¿debemos preocuparnos por un aumento de la temperatura global de 1,5 a 2,0 grados centígrados?**

Necco Carlomagno: Mucha gente opina que si del invierno al verano pasamos de unos 10-15 grados a 30-35, es decir, un aumento de unos 20 grados, ¿por qué preocuparse de uno o dos grados?

Son dos situaciones totalmente diferentes. Una resulta de una variación estacional recurrente en una zona o punto determinado. En la otra es el calentamiento de toda la masa de la atmósfera, que, a pesar de ser un gas, llega a más de 5 1018 kilogramos (un 5 con 18 ceros); es decir, 5 000 000 000 000 000 de toneladas. Calentar en uno o dos grados esta exorbitante masa requiere ingresar al sistema enormes cantidades de energía, que provocan fuertes alteraciones al comportamiento de la atmósfera (y por consiguiente al tiempo meteorológico y al clima) e inclusive afectar fuertemente al medio ambiente global.

A: ¿Es real este calentamiento global?

NC: No es una hipótesis o sugestión; es un comportamiento observado. La evolución, de 1880 a 2018, de la temperatura promedio global del aire basada en mediciones en superficie, en áreas terrestres, muestra que las temperaturas entre 1880 y mediados de los años treinta se encontraron debajo del promedio. Aparece un pequeño calentamiento en los años 40; una relativa pausa a partir de 1950, un relativo enfriamiento desde allí hasta mediados de los 70 y un notable calentamiento a partir del año 1976, alcanzándose actualmente anomalías de más de + 0.9 °C (varios estudios climatológicos han mostrado que a partir de 1976 se ha producido un fuerte cambio en los patrones climáticos globales y regionales). Más aún, los últimos cinco años han sido los más calurosos registrados (2016, 2015, 2017, 2018 y 2014, en ese orden) y los 20 más cálidos han ocurrido en los últimos 22 años. (Ver el gráfico siguiente.)



Además de los registros térmicos, existen otras mediciones que evidencian el aumento del calentamiento; por ejemplo, el dramático decrecimiento de la extensión del hielo ártico y antártico marino, de las masas de los glaciares y del hielo en Groenlandia. El hielo y la nieve son muy sensibles a los calentamientos. El gráfico siguiente muestra la evolución de la

extensión del hielo marino oceánico en los casquetes polares en las últimas décadas. Desde el año 2002 los resultados se obtuvieron de mediciones remotas por el satélite de Experimentación de Recuperación de la Gravedad y Clima (GRACE) de la NASA.



Las mediciones remotas por satélite también identifican un calentamiento de los océanos cada vez más intenso, así como un aumento del nivel medio del mar cada vez más acelerado. Parte de este aumento de nivel del mar se debe a la expansión de los océanos debido al calentamiento de las aguas y la expansión térmica resultante. Otra parte se debe a la contribución del derretimiento de los hielos árticos y antárticos y glaciares. Los océanos tienen, por lejos, la mayor capacidad de calor del sistema climático y el nivel del mar es un indicador muy fuerte de que este sistema está acumulando energía.

A: Sabemos que hay algún sector de la comunidad científica que es escéptica del CC, ¿podés contarme algo de esto?

NC: Son numerosos los escépticos y negadores de este calentamiento basándose en algunos periodos de "hiatos", o reducción del cambio térmico, que ocurren debido a la redistribución del exceso de calor entre los elementos ("esferas") del sistema tierra. La figura siguiente trata de resumir o ilustrar esta situación.



Lamentablemente, en particular en estos últimos años, el comportamiento observado de las variables climáticas evidencia que estas opiniones subjetivas, ideológicas, y hasta viscerales, están profundamente equivocadas.

A: Fuiste realmente contundente y entonces ¿es real el cambio climático?

NC: Podemos decir que el **clima** es una "*sintesis del tiempo meteorólogico o temperie*". Formalmente, el clima se define como el conjunto de estados de tiempo atmosférico que se producen en una determinada región y que otorgan a ésta una particular idiosincrasia. El concepto de clima incluye no sólo los valores medios de las variables meteorológicas, sino también sus dispersiones y extremos. Típicamente se promedia en 30 años. Tiende a ser regular en períodos muy largos, incluso geológicos, determinando de gran manera la evolución del ciclo geográfico de una región, lo que permite el desarrollo de una determinada vegetación y un tipo de suelos determinados por la latitud. Pero, aún en períodos geológicos, el clima también cambia de forma natural, los tipos de tiempo se modifican y se pasa de un clima a otro en la misma zona. A partir del último tercio del siglo pasado se observaron fuertes evidencias que los efectos de la acción humana (*efecto antrópico*) pueden sumarse a las variaciones naturales. Cuando tratamos de cambio climático debemos diferenciar entre el natural y el antrópico. El calentamiento global es parte del cambio climático antrópico y se debe a las mismas causas.

Si bien el clima tiende a cambiar muy lentamente, eso no significa que no experimentemos fluctuaciones a corto plazo en escalas de tiempo estacionales o multiestacionales. Hay muchas cosas que pueden hacer que la temperatura, por ejemplo, fluctúe alrededor del promedio sin que el promedio a largo plazo cambie. Este fenómeno es la *variabilidad climática*.

Hemos dicho que desde mediados de la década del 70 se han observado cambios en los patrones climáticos globales y regionales. Se observan fenómenos extremos (olas de calor o frío, sequías e inundaciones, lluvias y vientos intensos) más frecuentes.

También se observa estadísticamente una mayor frecuencia de lluvias fuertes de corta duración. Esto se debe a que, con el calentamiento global, la atmósfera llega a contener mayor cantidad de vapor de agua y se hacen más frecuentes los fenómenos convectivos intensos como cúmulos potentes y cumulonimbus que producen estas precipitaciones.

A: ¿Cuáles son las causas del cambio climático?

NC: Los procesos que producen el clima global son extremadamente complejos e involucran interacciones de la atmósfera, los océanos, el agua en todos sus estados, la litosfera y la biósfera. Podemos ver rápidamente la esencia del proceso que genera el clima como resultado de un balance o equilibrio global de energía, a largo plazo.

La energía procedente del sol llega a la superficie terrestre en forma de radiación entrante de onda corta, *visible*, que es posteriormente reflejada hacia el exterior como radiación de onda larga, *infrarroja (calor)*. Pero la presencia de ciertos gases en la atmósfera, como el **vapor de agua,** el **dióxido de carbono** o el **metano**, hace que se reduzca la radiación saliente de onda larga infrarroja y el calor quede retenido en la atmósfera produciendo el llamado "*efecto invernadero*"

(ya conocido desde fines del siglo XIX). Este es un efecto *natural* que actúa como una "frazada" haciendo que la atmósfera del planeta alcance una temperatura media global confortable (alrededor de 15 °C).

Desde principios del siglo pasado el incremento de la concentración en la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono o el metano, debido a la actividad humana está provocando un aumento o intensificación de este efecto y a esta contribución antropogénica se le ha atribuido un importante rol en el calentamiento global observado en las últimas décadas. Algunos escépticos han argumentado que esta influencia no existe ya que el componente mayor de los GEI es el vapor de agua, que no es influenciado por el hombre, y que, además, el dióxido de carbono es prácticamente despreciable en la composición del aire (alrededor del 0,04 por ciento). Pero, no es en las muy bajas concentraciones de los gases "traza" donde tenemos que poner nuestra atención, sino sobre cómo influyen en el balance (equilibrio) global de calor. Las mediciones muestran que afectan en más de 1 por ciento del monto del flujo energético en onda larga (infrarroja), un valor nada despreciable y que explica la importancia que el mundo científico da a los GEI, particularmente al dióxido de carbono.

El dióxido de carbono es un gas que, una vez introducido en la atmósfera, permanece por mucho tiempo (es de "vida larga") y sus efectos se mantienen y acumulan. El crecimiento del forzante radiativo de los GEI en las últimas décadas, cuando el efecto del dióxido de carbono es predominante, ha sido importante. Desde 1990, tomado como año de referencia, hasta el 2017 este forzante ha aumentado un 41 por ciento.

La concentración de dióxido de carbono en 1990 alcanzó un valor de aproximadamente 353 ppm (partes por millón en volumen). ¿Cuáles fueron estos niveles en los periodos previos a la influencia humana? Las burbujas de aire atrapadas en las perforaciones de las capas de hielo antárticas permitieron analizar la concentración de dióxido de carbono y sus variaciones en un periodo de 420000 años hasta el presente e inferir también los cambios térmicos ocurridos analizando las fracciones de isótopos del hidrógeno y del oxígeno. Los resultados muestran que las variaciones de dióxido de carbono y de temperatura fueron grandes y están fuertemente correlacionadas, observándose claramente ciclos de 70000 a 100000 años (de Milankovitch) donde pequeños cambios en la excentricidad de la órbita terrestre modulan la cantidad de insolación recibida por la Tierra. Es como si el sistema "latiera" en pulsos (de decenas de miles de años) donde se enfría lentamente, llega a un mínimo (glaciación) y se calienta rápidamente (aquí es posible que las variaciones térmicas puedan preceder a las del dióxido de carbono). En este estado "natural", sin efectos mayores de la actividad humana, las concentraciones de dióxido de carbono siempre oscilaron en un rango limitado entre 200 ppm y 300 ppm. Hay ciertas controversias respecto a estas mediciones: por ejemplo, hay periodos extensos con rangos de 200 ppm y con estas concentraciones de CO_2 las plantas apenas pueden crecer y existe la posibilidad de que los niveles de dióxido de carbono medidos en los núcleos del hielo sean mucho más bajos que los niveles que ocurren en la atmósfera en el periodo de medición.



Si consideramos el tiempo presente, el consumo de combustible fósil, que lanzó a la atmósfera en un siglo y medio lo que la geología acumuló en millones de años, ha hecho que actualmente la concentración de dióxido de carbono alcance un valor de 415.7 ppm en mayo de 2019 (NOAA - ESRL), tal como se observa en el gráfico precedente, con las observaciones del Observatorio de Mauna Loa, Hawai, iniciadas a mediados de los años 50. Son valores muy altos y es posible que esta concentración no haya sido tan alta en la atmósfera en cientos de miles de años.

Algo más inquietante (ver la siguiente figura) es que la emisión total de dióxido de carbono debido a la industria y al uso de combustibles fósiles aumentó un 1,6 % en el 2017, llegando a un total de 36,2 gigatoneladas, y se estima un aumento del 2,7 % en el 2018, llegando a un record de 37,1 gigatoneladas (en el año 2010 el total fue de 33,1 gigatoneladas) (Global Carbon Project – World Resources Institute). Esto demuestra que todas las reuniones y acuerdos internacionales que se han realizado hasta el momento para reducir estas emisiones son prácticamente letra muerta.



A: ¿Cómo contrarrestar la intensificación del efecto invernadero?

NC: Los forzantes externos e internos a este sistema climático tan interactivo no sólo provocan un calentamiento, sino que lo excitan y aumentan su variabilidad, impactando en la frecuencia de eventos meteorológicos o climáticos extremos ya nombrados (tormentas severas, sequías, inundaciones, olas de calor o frío). Estos eventos extremos son abruptos e intensos, ocurren cada vez más en el presente y son altamente visibles, en contraste con las tendencias climáticas a largo plazo que parecen abstractas, distantes, graduales y complicadas. Los fuertes impactos sociales de los eventos extremos explican el interés del público y las autoridades en comprender sus causas subyacentes. Luego de un evento meteorológico o climático extremo la respuesta típica de los científicos es que el calentamiento global no "causa" un evento individual en un sentido determinista, pero puede hacer que algunos sean más probables o más intensos.

Es evidente entonces la dificultad de estimar la evolución de los cambios o variabilidad del clima, dadas las complejas interacciones internas y externas involucradas en el sistema. Sin embargo, continuar con la inyección de GEI con el mismo ritmo actual implica inevitablemente un aumento sustancial del efecto invernadero con consecuencias potenciales muy serias para el comportamiento futuro del sistema.

Para reducir el aumento del efecto invernadero podríamos:

- incrementar la radiación saliente de onda larga mediante la reducción de la concentración de gases en la atmósfera (lo que equivaldría a abrir el invernadero para que se ventile),
- reducir la radiación entrante de onda corta (lo que equivaldría a ponerle persianas exteriores a la Tierra para reducir la entrada de la luz solar y, por tanto, del calor).

En el primer caso se encuentran las estrategias de *mitigación*; en el segundo (aunque también en el primero) la *geoingeniería*, basada en la manipulación deliberada de los aspectos físicos, químicos, o biológicos del sistema Tierra y que ha tomado cierta notoriedad recientemente. Entre las manipulaciones en gran escala sugeridas por la geoingeniería se incluyen la *fertilización del océano* donde se introduce intencionalmente hierro a la capa superior del océano para estimular una floración de fitoplancton, pretendiendo mejorar la productividad biológica, beneficiando a la cadena alimenticia marina y la eliminación del dióxido de carbono de la atmósfera, o la *repoblación forestal* con especies no nativas para reducir los niveles de gases invernaderos atmosféricos; o bien ejercer una *influencia refrigerante* sobre la Tierra reflejando la luz del sol (por ejemplo, poniendo partículas reflectoras en la atmósfera superior, colocando espejos en el espacio, aumentando la reflectividad de la superficie, o cambiando la cantidad o las características de las nubes). Respecto a estas manipulaciones de los procesos que afectan la onda corta hay científicos que argumentan que las medidas de geoingeniería climática podrían provocar un acusado descenso global de las precipitaciones y una distribución aún más irregular de las mismas. Al reducir la radiación solar entrante de onda corta las masas continentales y los océanos se calientan menos, reduciéndose la evaporación y, por tanto, las lluvias. Sugieren también que los cambios en las precipitaciones debidos a la reducción de la radiación solar entrante de onda corta son más difíciles de predecir por los modelos climáticos habituales que los debidos a la reducción de la radiación saliente de onda larga, por lo que la aplicación de medidas de geoingeniería podría reducir la capacidad de predicción, y por tanto, la capacidad de respuesta ante los cambios que se avecinan (es decir, un "remedio más grave que la enfermedad").

Otra estrategia activa para reducir los riesgos de cambio climático (o del calentamiento global) es la *adaptación*, que intenta una moderación de los impactos del clima, aumentando nuestra capacidad para enfrentarlos.

A: Es importante que puedas aclararnos ¿qué es el cambio global o cambio medioambiental global?

NC: El **cambio global o cambio medio-ambiental global (GEC - Global Environmental Change)** aborda las perturbaciones químicas, biológicas, geológicas y físicas a gran escala de la superficie de la Tierra, la superficie del océano, la superficie terrestre y el ciclo hidrológico, prestando especial atención a escalas de tiempo de décadas a siglos, a perturbaciones causadas por el hombre y sus impactos en la sociedad.

Este impacto humano creciente llevó a la definición de *antropoceno*. La palabra *antropoceno* designa a un intervalo geológico, no reconocido aún de manera oficial o unánime, intervalo caracterizado por varios disturbios ecológicos ocasionados por la acción humana, entre los que se destaca la liberación de gases de efecto invernadero (como dióxido de carbono y metano) a la atmósfera, debido a la actividad industrial en rápido crecimiento.

Los efectos de los cambios humanos acelerados son ahora claramente discernibles a nivel del sistema de la Tierra (a veces denominados "*la gran aceleración*"). Muchos indicadores clave del funcionamiento del sistema terrestre muestran respuestas que son, al menos en parte, impulsadas por la cambiante huella humana en el planeta. La huella humana influye en todos los componentes del entorno global: los océanos, las zonas costeras, la atmósfera y el suelo. En este tiempo la humanidad ya es una *fuerza geofísica global*, comparable a los factores naturales por sus efectos sobre la evolución de la Tierra.

En general, los recursos de la tierra se están utilizando de forma no sostenible y el uso del suelo y los cambios en la cubierta vegetal están causando efectos en cascada tanto en la ecología local como global. La producción de alimentos ha aumentado principalmente a través de la intensificación de la explotación de los recursos. El aumento de la carga de nitrógeno de los fertilizantes se descarga finalmente a los recursos hídricos. Superando su capacidad de absorción de nutrientes, el agua costera promueve el crecimiento de algas, que a menudo son dañinas y causan serias preocupaciones a salud humana. Las pesquerías costeras y de alta mar están bajo amenaza de contaminación, sobrepesca y degradación del hábitat. Dos grandes situaciones asociadas con la biodiversidad -la pérdida de especies y la introducción de especies exóticas, particularmente plagas y patógenos- han creado serias preocupaciones. Las emisiones de carbono han aumentado a un punto tal que han sobrecargado la capacidad de sumidero de los ecosistemas terrestres y acuáticos. La contaminación y la escasez de agua dulce se experimentan en la mayor parte del mundo. La población humana y la economía global han estado creciendo rápidamente y estos dos factores han aumentado significativamente el consumo de recursos.

Mientras que gran parte de la degradación ambiental en los países en desarrollo es a cuenta de la pobreza y las presiones de la población, en el mundo desarrollado se debe al incremento del consumo per cápita. Sin embargo, muchos estudios indican que a pesar que gran parte de la aceleración de la actividad económica y el consumo de energía han ocurrido en los países desarrollados, el mundo en desarrollo está comenzando a desempeñar un papel más importante en la economía global y por lo tanto está teniendo un creciente impacto sobre los recursos y el medio ambiente.

Los científicos advierten que, si la población humana y sus actividades continúan aumentando al ritmo actual, se puede exceder el nivel de umbral (o capacidad de campo) del sistema tierra; nuestro planeta está bajo amenaza debido a un consumo excesivo de recursos. Más allá de un umbral particular la capacidad de amortiguación de la tierra cederá y el sistema tierra podría cambiar a otro estado que puede ser irreversible.

A: ¿Está ideologizado el debate sobre cambio climático? Me gustaría que tu vasta experiencia en foros internacionales nos permitiera conocer esta cuestión.

NC: El estado del arte sobre el cambio climático, en el que la comunidad internacional está de acuerdo, se desarrolla regularmente por el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), una entidad científica creada en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial, y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente que tiene por objeto proporcionar información objetiva, clara, equilibrada y neutral del estado actual de conocimientos sobre el cambio climático a los responsables políticos y otros sectores interesados.

El IPCC es una organización original, con científicos de alto nivel y representantes de los países participantes que, desde su creación, ha preparado una serie de documentos técnicos, informes especiales e informes de evaluación que han puesto a disposición de la comunidad internacional, tanto responsables políticos como público en general, el conocimiento científico técnico disponible sobre el cambio climático. Su primer informe de evaluación (AR1) se publicó en 1990, y el último, el quinto (AR5) en el 2014.

Los principales mensajes del IPCC son muy inquietantes para algunos de los actores económicos y, como a cualquier trabajo científico, se le pueden buscar debilidades o errores en la preparación o formulación de ciertas conclusiones. El hecho de que estas conclusiones sean la base para las negociaciones y acuerdos internacionales y la preparación de importantes acuerdos políticos y económicos, necesariamente genera debates apasionados. Esto explica la feroz campaña mediática que se llevó a cabo en la Conferencia de Copenhague en diciembre de 2009, y en los meses siguientes, para desacreditar al IPCC. Inicialmente fueron pirateados correos electrónicos personales implicando autores del informe (el AR4 del 2007) para tratar de mostrar una falla ética en el trabajo de algunos científicos. Luego se realizaron búsquedas sistemáticas de fallas en este informe de 2007, acompañado de una campaña de desprestigio orquestada por algunos periódicos, especialmente en Inglaterra y Estados Unidos. En respuesta a esta campaña, el Secretario General de las Naciones Unidas, en consulta con el presidente del IPCC, encargó un informe pericial sobre el funcionamiento y los procedimientos del grupo al Consejo Inter Académico (IAC), la institución científica considerada como la más calificada e imparcial, que fue creada en 2000 por el conjunto de las academias de ciencias del mundo para movilizar a los mejores científicos e ingenieros a fin de asesorar a alto nivel a las organizaciones internacionales. El informe del IAC, al tiempo que recomendó fortalecer la gobernabilidad y la mejora de algunos procedimientos del IPCC, ha validado todos los mensajes de tipo científico. Esta opinión, proveniente de la más alta instancia del mundo científico, incluidos los científicos del clima y de otras ciencias, con una visión lo más amplia posible de las cuestiones planteadas, debería poner fin, como es lógico, a la controversia subsistente sobre la realidad del cambio climático y sus relaciones con la actividad humana. Sin embargo, observamos que no se acepta fácilmente una verdad que cuestiona nuestra forma de vida y el debate científico se encuentra, en ciertos países, alterado o distorsionado por el debate político.

Se espera el sexto informe de evaluación AR6 del IPCC para el 2022, pero, a pedido de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2015, COP 21, que se celebró en París, presentó en octubre del año pasado un "Informe especial sobre los impactos de un calentamiento global de 1,5 grados, SR15". Este informe ilustra claramente la diferencia entre un aumento de 1,5 grados y otro de 2 grados; sugiere que aún es posible evitar un cambio climático sin control, pero solo si el mundo actúa de forma inmediata y decidida: es necesario ir mucho más allá de los compromisos asumidos en el contexto del Acuerdo de París; y afirma que *«limitar el calentamiento global a 1,5 ˚C sin exceder ese umbral requeriría transiciones sistémicas rápidas y de gran alcance en la próxima década o las próximas dos décadas, en los sistemas energético, urbanos, industriales y de suelos»*.

Hay voces en el ámbito científico que sostienen que este informe es muy conservativo y presenta ciertas debilidades: No tiene en cuenta todo el calentamiento que ya ha ocurrido (aprox. 1.1 ºC); subestima la tasa probable de calentamiento futuro; excluye interacciones importantes del sistema climático que ya son materialmente relevantes para el balance de carbono; minimiza los costos económicos de las tormentas severas y el desplazamiento por sequías y las olas de calor mortales; presenta una pobre metodología en el tratamiento de riesgos.

Otros científicos han advertido que sólo un cambio drástico en toda la economía dentro de la próxima década, consistente en limitar el calentamiento a 1.5 ˚C, evitaría la transición del Sistema Tierra a condiciones similares al Plioceno que prevalecieron hace 3-3.3 millones de años, cuando las temperaturas eran ~ 3 ˚C más altas y los niveles del mar 25 metros

más altos. Cabe señalar aquí que el objetivo de 1.5 ˚C no es seguro para varios elementos del Sistema Terrestre, incluidos el hielo marino del Ártico, la Antártida occidental y los arrecifes de coral.

Ya desde el primer informe de evaluación en 1990 aparecieron en EE.UU. fundaciones, centros e institutos sobre estos temas (algunos sólo integrados por economistas y hombres de leyes), muchos apoyados financieramente por industrias relacionadas a combustibles fósiles, que se dedicaron a combatir los resultados presentados. Inclusive, un grupo de científicos, conocidos colectivamente como "contrarios del clima" o "escépticos del efecto invernadero" enfatizaron, y siguen enfatizando, las incertidumbres bien conocidas en todas las evaluaciones del clima, afirmando que estamos en las garras de un pánico masivo, liderado por los científicos del clima. Uno de ellos, por ejemplo, argumenta que el debate es causado por una gran expansión profesional, "promoviendo los intereses de lo que fue una pequeña disciplina académica hace 30 años para convertirse en una industria global gigantesca hoy en día".

Algunos grupos tradicionales o conservadores de los EE.UU. consideran a los ambientalistas preocupados por el estado del planeta como atacantes del *"american way of life"* y hasta llegan a definirlos como *"water melons"* (sandías), "verdes por fuera y rojos por dentro".

El 28 de julio del 2003 el entonces senador republicano James Inhofe, presidente del *U.S. Senate Committee on Environment and Public Works*, definió el cambio climático como *«The greatest hoax ever perpetrated on the American people»* (el mayor engaño jamás perpetrado al pueblo americano). Está entre las mayores voces negacionistas del cambio climático. En 2017 sugirió al gobierno de Estados Unidos que se retire del Acuerdo de París.

Estos negadores del cambio climático no están necesariamente mal informados pero, naturalmente, no aceptan información que esté en conflicto con su cosmovisión. Es muy probable que los conservadores simplemente ignoren o filtren la información que amenaza el crecimiento económico, los estándares de vida y los intereses comerciales.

En la vereda de enfrente muchos grupos de ecologistas y ecofeministas, también bien informados sobre las realidades del cambio climático, apuntan sus cañones al sistema capitalista. De alguna manera tienen cierta razón, ya que los sistemas de mercado actuales basan su expansión económica en el crecimiento, suponiendo que los recursos disponibles son ilimitados o infinitos, confundiendo el término *"desarrollo sustentable"* con "*crecimiento sustentable"*: un verdadero oximoron. Pensamos que el verdadero problema es la *sociedad de consumo*, cualquiera sea su color político, que impulsa a agotar recursos naturales mediante su explotación sin límites ni control.

Recientemente un grupo de científicos australianos alertó que el cambio climático ahora representa una amenaza *existencial* a medio plazo para la civilización humana y, aunque no es inevitable, es necesario un nuevo enfoque para la gestión de riesgos de seguridad relacionada con el clima. Consideran que para reducir o evitar tales riesgos y para sostener la civilización humana, es esencial construir un sistema industrial con cero emisiones muy rápidamente. Esto requeriría la movilización global de recursos en una base de emergencia, similar a un estado de guerra.

A: Cómo se desarrollará en la sociedad la pregunta ¿qué hacer con el CC?

NC: En el debate sobre el cambio climático (y el cambio global) y sus consecuencias aparece con frecuencia cierto grado de alarmismo, generalmente en los activistas ambientales, y también en cierto periodismo, que toman los efectos más extremos, y por lo tanto más improbables, con un riesgo de "fatiga sobre el cambio climático y global" en el público: una sensación de desesperanza y resignación frente a un desafío que se presenta como insuperable. Hay ciertas esperanzas con la innovación tecnológica, que tuvo y sigue teniendo un efecto dual sobre los recursos naturales, incentivando por una parte el mayor consumo (que requiere en última instancia de estos recursos) y, por otra parte, disminuyendo sus impactos. Pero el balance entre la demanda de recursos naturales (promovida entre otros factores por las nuevas posibilidades que ofrece la tecnología) y la oferta tecnológica (que permite un uso más eficiente de los recursos) hoy se inclina claramente a favor de la primera. Esperamos que esta tendencia pueda revertirse en el futuro.

Décadas de investigación en ciencias sociales sugieren que la alfabetización científica y el conocimiento técnico tienen un impacto relativamente menor sobre la confianza del público en la ciencia. Más que la falta de conocimiento, el escepticismo a menudo se debe a las dudas sobre la honestidad e integridad de los expertos y las instituciones que representan, o le preocupan más las implicaciones para sus intereses económicos de las acciones propuestas.

Es crucial entonces educar a los ciudadanos sobre estos asuntos y cerrar la profunda brecha existente entre los profesionales y científicos dedicados al cambio climático y la gente, de la que se espera comprensión y cooperación. La necesidad de simplificar el lenguaje para conseguir que los ciudadanos, y los políticos, entiendan y acepten su implicación constituye un desafío. En este contexto la participación pública efectiva en desafíos ambientales complejos requiere que los expertos técnicos aprendan de las partes interesadas y los tomadores de decisión a través de un auténtico diálogo bidireccional.



Si bien el cambio climático es un factor preponderante, creemos que todas las iniciativas para comprenderlo y predecirlo así como reducir o mitigar sus efectos de alguna manera desvían la atención de las cuestiones de fondo: por un lado, el *enorme crecimiento de la población mundial*, que produce un gran estrés sobre los recursos naturales, finitos y limitados; y, por otro, una *sociedad de consumo* con un modelo energético y productivo obsoleto e insostenible: un "cóctel" explosivo a largo plazo.

Aunque el concepto de "desarrollo sustentable" propuesto por el Informe Bruntdland en 1987 fue reivindicado en la conferencia de la Cumbre de la Tierra Río+20, la necesidad de poner límites al crecimiento ya había sido señalada hace más de cuatro décadas por el Club de Roma (*"The limits to growth"*, 1972).

Hay opiniones que consideran que éste es un problema de ética, es decir, un problema de equilibrio entre un consumo justo y un consumo excesivo. Si vivimos en una sociedad que nos fuerza a consumir entonces deberíamos usar energías renovables y disponer de recursos cuyo uso no degrade y agote el planeta. Es así que en el ámbito europeo, y en particular el francés, se promueve frente al "desarrollo sustentable" la *"décroissance équitable"*, es decir, una *"reducción igualitaria"* (*"la invención colectiva de una forma de vida mucho mejor con mucho menos"*), para no llevar al mundo a un colapso.

Otra iniciativa con un enfoque similar es la llamada *"economía circular"*: una estrategia que tiene por objetivo reducir tanto la entrada de los materiales como la producción de desechos vírgenes, cerrando los «bucles» o flujos económicos y ecológicos de los recursos. También incluye, entre otras cosas, el cambio de combustibles fósiles al uso de energía renovable, y la diversificación como medio de alcanzar la resiliencia. Parte del debate abarca además una profunda discusión sobre la función y el uso del dinero y de las finanzas, y algunos de sus pioneros también han pedido renovar las herramientas de medida del rendimiento económico.

Recordemos aquí la conocida frase del Mahatma Ghandi: ***"Earth provides enough to satisfy every man's needs, but not every man's greed"*** *("La Tierra proporciona lo suficiente para satisfacer las necesidades de todos los hombres, pero no la codicia de todos los hombres").*

La humanidad, tarde o temprano, tendrá que enfrentar esta situación reduciendo su tasa de natalidad y revisando sus modelos de sociedad hacia sistemas de vida más amigables con el medio ambiente.