



Cambio climático

Año 11 | N° 6 | Octubre 2019
ISSN papel: 0539-4716
ISSN en línea: 2591-4812

Primeros Indicios

Historia del cambio climático

P.06

Ser o no Ser

Atribución del cambio climático

P.29

No hay plan B

Escenarios futuros

P.38

METEOROS^o



STAFF

AUTORIDADES
Directora del Servicio Meteorológico Nacional
Dra. Celeste Saulo

Edición General
Mariela de Diego
Sofía Corazza
Valentina Rabanal

Comité Editorial
Luciano Vidal
Carolina Cerrudo
Julia Chasco
Mariela de Diego
Sofía Corazza
Maria Alejandra Salles
Marcos Saucedo
Laura Aldeco
Maria Eugenia Bontempi
Valentina Rabanal
Ramón de Elia

Diseño
Sebastián Carrasco
Nicolás Glikson
Guadalupe Cruz Díaz

Fotografía
Agustina Sánchez

Tapa: vista aérea de zona industrial de Alemania

Escenarios futuros

NO HAY PLAN B

Un aumento de temperatura de 1,5 o 2 °C parece una diferencia menor, pero no lo es cuando hablamos de la temperatura media global. Los impactos que percibirá la humanidad serán muy distintos con ese medio grado de diferencia. Dialogamos con la Dra. Inés Camilloni, miembro del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático para comprender las consecuencias globales y locales a las que la humanidad tendrá que hacer frente si no se toman medidas urgentes.

P.38

P.06

Cambio climático: Los primeros indicios

A casi 200 años de las primeras evidencias de las primeras teorías, el cambio climático es más que una suposición, es un hecho.

P.10

Acciones globales contra el cambio climático

Desde campañas para concientizar a la población hasta reuniones internacionales con especialistas y políticos debatiendo en conjunto.

P.14

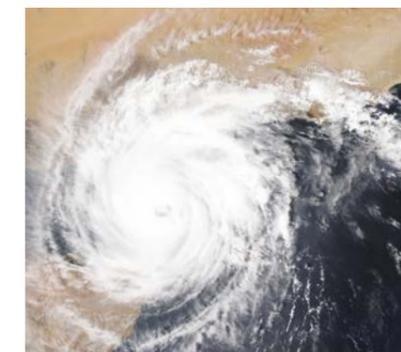
¿Cómo sabemos que el clima de la tierra está cambiando?

Un siglo de observaciones y monitoreos globales para conocer mejor el estado de la atmósfera.

P.22

¿Huellas en el agua?

Seguir el rastro sobre el agua es un desafío, y comprenderlo es crucial para poder aprender del pasado y elegir el mejor rumbo para nuestro futuro.



P.29

Ser o no ser

En eventos extremos particulares, muchos factores son los que intervienen. ¿Cómo podemos saber el grado de responsabilidad que tiene la actividad humana en la ocurrencia o intensidad del fenómeno?



P.34

Actividad eléctrica: Una nueva variable esencial para entender el cambio climático

¿Existe una relación entre cantidad de días de tormenta y el cambio climático?

P.46

Cuando la sustentabilidad es un buen negocio

Entrevista a una experta: Virginia Vilaniño

P.52

Adaptarse: Una cuestión de Estado

El rol de la meteorología en las políticas públicas claves.

P.58

Inventario de gases de efecto invernadero

¿Por qué se han vuelto populares los GEI en las últimas décadas?

P.61|62|64

Hacelo vos mismo

Glosario

Lúdico



Editorial Celeste Saulo

Este número de Meteoros busca instalar entre nuestros lectores, las diversas dimensiones que presenta el problema del cambio climático. ¿Por qué? Esencialmente porque como Servicio Meteorológico tenemos una preocupación creciente en relación con los impactos del cambio climático y también porque tenemos un rol al respecto.

El cambio climático es un tema complejo y, como tal, es un exponente de la importancia de la integración de diversos saberes, abordajes y estrategias para intentar entenderlo. Pero no solo eso, si además queremos que los impactos se reduzcan, entonces entran en juego las políticas nacionales, los compromisos internacionales y toda otra batería de cuestiones, entre las que se incluyen las económicas y sociales, y las tensiones entre los diversos intereses que muchas veces son contrapuestos. En lo personal, considero que estos tópicos de relevancia social deben ser abordados con la mayor rigurosidad y ofreciendo a los lectores todos los elementos de juicio disponibles para que puedan llegar a conclusiones propias basadas en el saber científico. Hoy no cabe duda de que el cambio climático es una consecuencia de la actividad humana que ha inyectado en el sistema climático cantidades crecientes y descontroladas de gases de efecto invernadero. Este hecho, como manifestación más evidente, ha generado un incremento en la temperatura media del planeta que sería cerca de 1 °C más alta que la correspondiente a la era pre-industrial. La ciencia, entonces, nos ha demostrado claramente que tenemos una responsabilidad sobre el cambio climático.

A lo largo de este número, los lectores podrán verificar cómo se ha demostrado este hecho. También, verán algunos de los impactos que ya se observan en el mundo y en Argentina. Entonces surgen varias preguntas, que considero oportuno compartir con ustedes: ¿todos los países se verán afectados de la misma manera?, ¿todas las regiones de Argentina sufrirán los mismos impactos?, ¿qué estamos haciendo para mitigar esos impactos?, ¿todos los efectos del cambio climático son negativos o perjudiciales?, ¿los gobiernos están respondiendo en consonancia?, ¿lo que hacemos es suficiente?, ¿qué puede hacer cada persona, desde el rol que le cabe, para tomar una porción de responsabilidad y actuar en consecuencia? Tal vez haya aquí más interrogantes que respuestas. Suele pasar cada vez que se aborda un tema como el que elegimos para esta Meteoros.

Más allá de esas preguntas, quisiera compartir algunas reflexiones como Directora del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y como científica. La primera es la importancia de articular la ciencia con los servicios a la población, como el que prestamos nosotros, y con la elaboración de políticas públicas. Tres ejes entre los que se puede establecer un círculo virtuoso que debemos rescatar y potenciar. Tomemos un ejemplo: el SMN realiza

mediciones desde hace 146 años en distintos puntos del país. Sin embargo, no todas tienen la regularidad necesaria. A pesar de ello, hay varias que tienen registros más que centenarios. Ese es el primer punto del eslabón para corroborar si existe o no un cambio a nivel de cada región del país: haber realizado mediciones, que esas mediciones sean confiables y trazables y que sean accesibles. A su vez, tanto en el SMN como en las Universidades y en los Centros de Investigación, se emplean estos datos, no sólo para analizar los valores medios o las tendencias, sino también para confrontar modelos conceptuales, hipótesis acerca de lo que explicaría los cambios observados. Y, a su vez, comparar estos comportamientos con los que se observan en otros lugares del planeta. Sumado a este esfuerzo, y ante la evidencia de un incremento sostenido de la temperatura del planeta, los países del mundo concluyeron en la necesidad de establecer el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés), con el objeto de asesorar a todos los niveles de gobierno con información científica que permita entender las causas del cambio climático, así como también posibles estrategias de mitigación y adaptación con el fin de poder establecer políticas. Y, nuevamente, en este círculo, aparecen los Servicios Meteorológicos como agentes para contribuir también en la mitigación y adaptación. ¿Cómo? Por ejemplo a través de Sistemas de Alerta Temprana, que al anticipar la ocurrencia de un evento extremo, permiten que una población se proteja, que se preserven las infraestructuras y que se resguarde aquello que es el sustento de una sociedad, como es el alimento. Al analizar este número de Meteoros, seguramente, les surgirán otros ejemplos respecto del rol del SMN frente al problema del cambio climático. Y también el rol de cada persona. La mayor proporción de gases de efecto invernadero en Argentina proviene del empleo de combustible tanto para la generación de energía como para el transporte. El uso de energías limpias es un imperativo, como también lo es el consumo responsable de la energía y del transporte, entre otras varias alternativas.

La realidad es que, más allá de los compromisos asumidos por los países respecto de controlar y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, hoy no hay evidencias de que esto esté ocurriendo. Hoy hay jóvenes alrededor de todo el mundo que militan por la causa del cambio climático porque entienden que la sustentabilidad del planeta está en riesgo. Argentina, en el escenario global, tiene varias opciones para adoptar que no comprometen su crecimiento. Es decir, se deben llevar adelante políticas públicas y nuestros ciudadanos deben tomar acciones para defender un acervo de todos. Esperamos, desde Meteoros y desde el Servicio Meteorológico Nacional, seguir haciendo nuestra parte y hacerlo cada vez mejor.

¡Gracias por acompañarnos!

Dra. Celeste Saulo
Directora del Servicio Meteorológico Nacional
Profesora Asociada de la Universidad de Buenos Aires
Investigadora Independiente CONICET
Vicepresidente 1ra de la Organización Meteorológica Mundial



Hace casi 200 años, buscando comprobar la teoría glacial, un grupo de científicos encontró, casi por accidente, evidencia de que las emisiones de dióxido de carbono, que se aceleraron durante el desarrollo industrial, podrían afectar al clima. Tuvieron que pasar muchos años más para que el mundo comenzara a tomar conciencia de este problema actual: el cambio climático.

El interés en el cambio climático cobró importancia recién a fines del siglo pasado, sin embargo en el siglo XIX ya habían aparecido los primeros estudios que daban indicios de que este fenómeno existía. Por esos años, varios científicos estaban interesados en buscar evidencia y comprobar la existencia de las eras de hielo en el pasado y se encontraron con las bases sobre las que hoy se asienta la teoría del cambio climático.

El primer científico que resaltó la importancia del rol de la atmósfera fue Joseph Fourier en 1824 cuando encontró que la temperatura de la Tierra sería mucho menor de lo que es si la atmósfera no estuviese presente. Este efecto de mantener el calor por parte de la atmósfera y los gases que la componen se conoce como efecto invernadero natural. Uno de esos gases es el dióxido de carbono (CO_2), que en la naturaleza puede ser generado por incendios forestales o erupciones volcánicas, de origen natural, o por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles (derivados del petróleo, carbón y gas natural) de origen antropogénico.

La temperatura de la Tierra sería mucho menor de lo que es si la atmósfera no estuviese presente. Este efecto de mantener el calor por parte de la atmósfera y los gases que la componen se conoce como efecto invernadero natural

Algunas décadas más tarde, el científico sueco, Svante Arrhenius, realizó estudios acerca del CO_2 presente en la atmósfera y encontró que este gas contribuía al mencionado efecto invernadero. También descubrió, mediante cálculos, que un aumento del doble del CO_2 podría aumentar la temperatura de la Tierra en 5 o 6 °C, y que una disminución a la mitad de este gas podría producir un descenso de la temperatura de la Tierra en 4 o 5 °C. Ya se sabía que el desarrollo industrial generaba CO_2 y Arrhenius estimó que esta emisión eventualmente podría llevar a un calentamiento global, pero también estimó, basado en la tasa de emisiones de este gas de finales de 1800, que todo este proceso llevaría unos 3 mil años aproximadamente.

En el año 1938, G. S. Callendar recopiló las mediciones de temperatura y CO_2 desde el siglo XIX en adelante y halló un calentamiento de la atmósfera junto con un aumento de la concentración de dicho gas del 10 % en los últimos 100 años. Coincidió con Arrhenius en que un aumento en la concentración de CO_2 podría venir acompañado de un aumento de la temperatura, lo cual en esa época no parecía una mala perspectiva, ya que evitaría la ocurrencia de una nueva era de hielo en el futuro. Tiempo más tarde, en 1955, Gilbert Plass publicó un artículo científico en el cual presentaba experimentos con cálculos computacionales por primera vez para el balance de CO_2 : su objetivo era saber qué sucedía con la temperatura de la Tierra si variaba la concentración de este gas. Sus resultados reafirmaron lo que sus colegas habían sugerido previamente. El mundo académico, no obstante, no puso demasiada atención en estos hallazgos, ya que se dudaba, por un lado, de la calidad de las observaciones utilizadas y, por otro, aún no era claro el rol de otros gases de origen natural presentes en la atmósfera, como, por ejemplo, el vapor de agua. Luego se encontró que si bien el vapor de agua es el principal responsable natural del efecto invernadero, sólo el

CAMBIO CLIMÁTICO: LOS PRIMEROS INDICIOS

Por Laura Aldeco

CO₂ juega un rol de “control”: si el CO₂ aumenta, potencia el efecto del vapor de agua y, contrariamente, si descendiera reduciría el efecto del vapor de agua.

Por otra parte, hacia finales de los años 50, Hans Suess y Roger Revelle estudiaron la absorción del CO₂ por parte de los océanos, encontrando que la tasa de absorción era inferior a la tasa de emisión por el hombre, con lo cual gran parte del CO₂ emitido quedaría en la atmósfera. Unos años más tarde, Charles Keeling instaló instrumentos para medir el CO₂ atmosférico de forma operativa en Mauna Loa, Hawai, mediciones que siguen vigentes hasta la fecha y que constituyeron el primer registro del aumento casi ininterrumpido del CO₂ (ver Figura). Gracias a estos resultados, en 1966 la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, por primera vez, realizó una advertencia pública acerca del peligro que representaban los niveles de emisión de CO₂. Sin embargo, aún había muchos detractores de esta teoría, muchos no creían que el aumento de la temperatura global respondiera al aumento de CO₂ y no fue hasta la aparición de los modelos numéricos de simulación del clima que el tema se empezó a tomar con mayor seriedad.

Un modelo numérico del clima es un software de computación capaz de resolver las ecuaciones físicas que rigen los movimientos de la atmósfera en tiempos en los que un humano no podría. A fines de los años 60, se crearon los primeros modelos numéricos climáticos desarrollados por el ruso Mijaíl Budyko, por un lado, y por el estadounidense William Sellers, por otro. Si bien trabajaron por separado, ambos llegaron a las mismas conclusiones: las emisiones de CO₂ antropogénicas podían llevar a un cambio climático. En los años subsiguientes, gracias al gran salto de la tecnología, fueron apareciendo modelos numéricos cada vez más sofisticados y con mejor representación de la física de la atmósfera. Si bien a esta altura había cada vez más científicos apoyando estos resultados con preocupación, gran parte de la comunidad científica aún no adhería a la teoría del cambio climático ya que consideraban a los modelos numéricos demasiado simples, incapaces de representar correctamente a la atmósfera y, por lo tanto, al clima.

Muchos no creían que el aumento de la temperatura global respondiera al aumento de CO₂ y no fue hasta la aparición de los modelos numéricos de simulación del clima que el tema se empezó a tomar con mayor seriedad.

No fue hasta la creación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), en el año 1988, que se comenzó a tomar conciencia de la problemática de manera global. La aparición del IPCC le dio otra trascendencia al tema y éste pasó a ser una preocupación de toda la sociedad. Según los reportes de este



Según el último dato de temperatura media global de la NASA el año 2018 resultó 0,8 °C más caliente respecto del promedio del período 1951-1980

panel, los impactos que un aumento de temperatura puede generar no son nada alentadores: derretimiento de superficies de hielo y, consecuentemente, aumento del nivel del mar, mayor frecuencia de eventos meteorológicos más intensos y, por lo tanto, mayores inundaciones y daños, modificación del hábitat tanto de los seres humanos como de la fauna, incluyendo la extinción de algunas especies, entre otros.

Según el último dato de temperatura media global de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés) el año 2018 resultó 0,8 °C más caliente respecto del promedio del período 1951-1980. Por otro lado las emisiones de CO₂ se encuentran en un valor de 411,75 ppm (partes por millón), casi 100 ppm más que cuando Keeling comenzó con sus mediciones en 1958. Teniendo en cuenta las observaciones actuales y lo que predicen los modelos climáticos, el aumento de temperatura por el efecto de las emisiones antropogénicas no es muy lejano a lo que había sugerido Arrhenius hace más de un siglo: con la diferencia importante de que esto se prevé que ocurrirá en los próximos 100 años, esto es, 2900 años menos de los que él había estimado.

Forzantes del clima: ¿Cuándo es natural y cuándo es antropogénico?

Los investigadores que comenzaron a documentar las primeras evidencias del cambio climático sospechaban que el clima, tal como lo conocían, no había sido siempre el mismo, sino que había sido completamente diferente unos cuantos milenios atrás. Con los años, se fue descubriendo que tenían razón, en particular se encontraron indicios de que habían existido períodos glaciales e interglaciales, cambios en los que el hombre no había tenido ninguna injerencia. Hoy también se sabe que los cambios en el clima pueden ser provocados por forzantes naturales externos del clima, es decir sin la intervención humana, como por ejemplo, por la variación de la órbita terrestre alrededor del Sol o por procesos geológicos que modifican la geografía global (separación de continentes, surgimiento o hundimiento de cordilleras), entre otros. Sin embargo, los cambios en el clima global que pueden desprenderse de estos factores suelen ser muy lentos, se dan dentro de la escala de miles de años. Esto no coincide con el cambio observado en los últimos 150 años y por ello la teoría del cambio climático los descarta como factores responsables del actual calentamiento global. La evidencia recolectada durante este último siglo y medio indicaría que el factor antropogénico está íntimamente relacionado con el calentamiento observado. De acuerdo a simulaciones hechas con modelos numéricos climáticos, el aumento de la temperatura media global provocado por este aporte extra de CO₂ es mucho más rápido que si hubiese sido provocado solo por el CO₂ natural. °

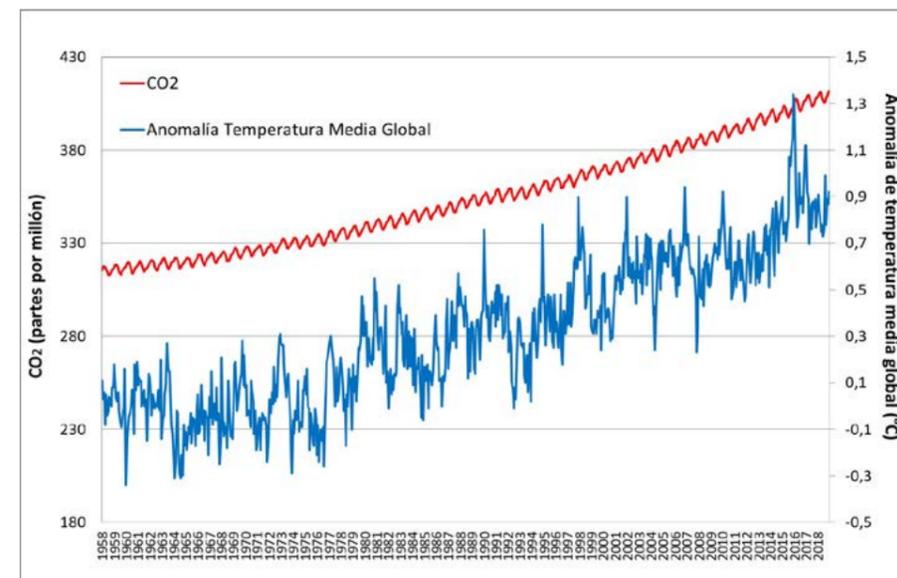


Figura: Concentración mensual de CO₂ atmosférico desde marzo de 1958 hasta febrero de 2019 medida con datos de la estación Mauna Loa y anomalía anual de temperatura media global de la superficie de la Tierra respecto del período 1951-1980, desde 1958 hasta 2018 (Fuentes de datos: National Atmospheric and Oceanic Administration-NOAA y National Aeronautics and Space Administration - NASA)

De Río de Janeiro a París

ACCIONES GLOBALES CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO



Hubo un tiempo en el que el cambio climático no estaba en boca de todos. La sociedad no hablaba del tema, los medios de comunicación no comentaban sus efectos y el calentamiento global no formaba parte de la agenda política de ningún país. Sin embargo, en las últimas décadas la situación se modificó. Desde campañas para concientizar a la población sobre el rol antropogénico hasta reuniones internacionales con especialistas y políticos debatiendo en conjunto, el cambio climático sin duda se convirtió en protagonista.

Por Valentina Rabanal Fotografía Arnaud Bouissou - MEDDE / SG COP21

El inicio

Si bien el estudio del cambio climático se inició hace más de 100 años, no fue hasta la década de 1960 que la comunidad científica comenzó a tratar el tema con mayor relevancia y dedicación. Múltiples científicos de todo el mundo comenzaron a publicar los resultados de sus investigaciones, los cuales muchas veces eran desestimados por los gobiernos de turno y exagerados por la prensa.

No fue hasta los años '80 que el cambio climático pasó de ser una preocupación de la esfera científica a un problema de todos. Diversos descubrimientos, principalmente los relacionados con los gases de efecto invernadero y sus potenciales consecuencias, llamaron la atención en la arena política. De esta manera, se dio comienzo a la negociación internacional para hacerle frente al cambio climático.

La ciencia como fuente para tomar decisiones

El primer gran paso fue la creación en 1988 del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), una acción llevada a cabo por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Con el objetivo de proveer información científica, técnica y socio-económica sobre el cambio climático a los tomadores de decisiones, el IPCC ha publicado cinco informes de evaluación durante sus 30 años de vida, así como una docena de informes especiales sobre temas específicos, cinco de síntesis y cuatro de metodología. Cada informe de evaluación, por su parte, está compuesto por tres subinformes, uno por cada grupo de trabajo: la física del cambio climático (Working Group, WG I); los impactos, la adaptación y las vulnerabilidades del cambio climático (WG II); y la mitigación del cambio climático (WG III).

El WG I se encarga del análisis de los aspectos científicos, proveyendo a la comunidad de información relevante para la lucha contra el cambio climático. Por otra parte, el segundo grupo de expertos estudia la vulnerabilidad socio-económica y del sistema natural frente al cambio climático, sus consecuencias y las opciones para adaptarse a él. El último informe en ser presentado es el del WG III, el cual se enfoca en la mitigación del cambio climático, brindando métodos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y medidas para eliminarlos de la atmósfera.

“Los informes son el mayor logro del IPCC. El cuarto informe, publicado en 2007, tuvo un gran impacto ya que, por primera vez, se dijo que el calentamiento global es inequívoco y está ocurriendo ahora”, comenta la Dra. Matilde Rusticucci, investigadora del CONICET y autora principal del cuarto informe del IPCC. Fue tal la repercusión del trabajo que, ese mismo año, el Panel fue galardonado con el Premio Nobel de la Paz.

El cambio climático, actor principal de las discusiones políticas

En 1990 el IPCC hizo público su primer reporte de evaluación, lo que generó la necesidad de que se establezca un tratado internacional sobre el cambio climático. Esto fue el motor para que, dos años después, se llevara a cabo la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, reunión en la que los jefes de Estado firmaron la creación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés). Esta convención establece el ámbito internacional en el que se discuten y acuerdan las medidas a tomar en pos de estabilizar las concentraciones de los GEI en niveles que no sean peligrosos para el sistema climático.

Todos los estados y organismos que conforman la UNFCCC se reúnen anualmente, desde 1995, en las Conferencias de las Partes (COP) para analizar el progreso en la respuesta al cambio climático y el avance en la información que se tiene sobre esta problemática que afecta, en mayor o menor medida, a todo el planeta Tierra.

El primer acuerdo para combatir el cambio climático

En 1997, luego de largas negociaciones, se firmó el Protocolo de Kioto, el cual tenía como lineamientos principales los objetivos de la convención marco. Este acuerdo estableció dos categorías de países, con responsabilidades diferenciadas para cada grupo. Los más desarrollados y las economías en transición formaban parte del Anexo B y para cada uno de ellos se negoció una meta cuantificada de acuerdo



a su capacidad de cumplirla. Por otra parte, los países en desarrollo (llamados no Anexo B) no tomaron compromiso alguno sobre sus emisiones. Debido a que con sus medidas no se alcanzaban los objetivos de la UNFCCC, el Protocolo de Kioto estuvo lejos de cumplir con la meta de reducir las emisiones de GEI.

de 2023, que es cuando se realizará el primer balance global. En el momento en que el Acuerdo de París entró en vigencia, las firmas de China y Estados Unidos marcaron un hito histórico, ya que ambos países producen en conjunto aproximadamente un 40 % de las emisiones de GEI globales. Sin embargo, en junio de 2017, Estados Unidos anunció su retirada del tratado, la cual no será efectiva hasta 2020.

París y un tratado único del que todos forman parte

Luego de años de reuniones y negociaciones para que cada país estableciera su responsabilidad con respecto al cambio climático, en 2015 se firmó el Acuerdo de París, el cual vincula legalmente a todos los países que conforman la UNFCCC. Por primera vez, un tratado reunió a todas las partes en una causa común: combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos a través de ambiciosos esfuerzos y con asistencia especial a los países en desarrollo.

Con la meta de mantener el aumento de la temperatura por debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, cada país se comprometió a reducir sus emisiones. A lo acordado por cada una de las partes se lo denominó Contribución Nacional Determinada (DNC, por sus siglas en inglés) y debe ser cumplido en un plazo de cinco años a partir

Presente y futuro

En octubre de 2018, se aprobó un nuevo informe especial del IPCC, el cual se enfocó en los efectos ocasionados por el aumento global de la temperatura en 1,5 °C con relación a niveles preindustriales. La realización de este informe fue motivada por la necesidad de mostrar lo que ocurriría si la temperatura aumenta un 1,5 °C y lo que sucedería si excediera ese número.

En paralelo, el IPCC ya presentó otros dos reportes especiales. El primero estará relacionado con la desertificación, la degradación del suelo, el manejo sostenible de la tierra, la seguridad alimentaria y los gases de efecto invernadero en el ecosistema terrestre. El segundo se centrará en los océanos y la criósfera (parte de la corteza terrestre cubierta por agua en estado sólido).

El próximo informe de evaluación verá la luz en 2021, dos años antes del primer balance del Acuerdo de París. Las tres partes del sexto trabajo se encuentran actualmente en etapa de preparación, con el objetivo de ser publicadas durante 2021.

Mientras tanto, las negociaciones a nivel político siguen ocurriendo anualmente para garantizar el cumplimiento de todos los principios del Acuerdo de París. Luego de dos semanas de reuniones en el marco de la 24va Conferencia de las Partes, que tuvo lugar en Katowice (Polonia), se logró consenso entre los representantes de 196 países y la Unión Europea. El mayor éxito fue sin dudas la finalización de un manual de instrucciones para la implementación del Acuerdo de París y poder darle batalla al cambio climático durante las próximas décadas. Haciendo foco en la transparencia y en nunca perder de vista el informe especial presentado por el IPCC en octubre de 2018, el acuerdo de Katowice se convirtió en un nuevo logro hacia una política climática global y sostenible. °

Fuentes consultadas:

Websitedel IPCC:
<https://www.ipcc.ch>

Website de la UNFCCC:
<https://unfccc.int/>

Matilde Rusticucci, investigadora del CONICET y profesora de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

Fotografías
 Arnaud Bouissou
 MEDDE / SG COP21

¿CÓMO SABEMOS QUE EL CLIMA DE LA TIERRA ESTÁ CAMBIANDO?

El clima del planeta está cambiando. ¿Cómo lo sabemos? Porque hace alrededor de un siglo, Estaciones Meteorológicas en todo el mundo están monitoreando la atmósfera. Estos datos se combinan con información proveniente de instrumental más moderno, como el satelital, que fue viendo la luz en los últimos 30 años, proveniente de la red global de monitoreo de la atmósfera. Todo este conjunto de mediciones permite hablar de aquello llamado "cambio climático".

Por Luciano Vidal y Sofía Corazza

Para estudiar la historia completa del clima en la Tierra y determinar si existe eso llamado cambio climático, los científicos utilizan registros de materiales físicos, químicos y biológicos conservados dentro del registro geológico. Los organismos -diatomeas (algas), foraminíferos y corales- pueden servir de estimaciones climáticas al igual que los núcleos de hielo, los anillos de los árboles y los núcleos de sedimentos, que en su conjunto permiten reconstruir la historia del clima cien millones de años hacia atrás y reflejar que lo que estamos viviendo actualmente no corresponde a la variabilidad natural del clima.

En el último siglo, la temperatura media global aumentó desde los niveles más fríos hasta los más altos registrados. Los cambios de temperatura más grandes del último millón de años son los ciclos glaciares, durante los cuales la temperatura media global cambió de 4 °C a 7 °C entre las edades de hielo y los períodos interglaciales cálidos. Sin embargo, los datos indican que el calentamiento global al final de la edad de hielo fue un proceso gradual que tardó unos 5.000 años. Es claro que la tasa actual de cambio climático global -relevada por observaciones directas de superficie como por aquellas provenientes de satélites- es mucho más rápida e inusual en el contexto de esos cambios pasados.

Una historia de mediciones para entender el cambio climático

Toda vez que un meteorólogo afirma que un día se alcanzó un récord de temperatura en un lugar determinado, o que en otra parte del mundo, la precipitación registrada fue la más alta desde el inicio de las mediciones, se basa en largas series históricas de datos que permiten cotejar la información actual del tiempo presente con ese pasado meteorológico cargado de estadísticas. Las series históricas permiten construir valores medios, normales, anomalías o destacar récords sobre diferentes variables meteorológicas a lo largo de los años.

En meteorología, esas series históricas se obtienen a partir de los datos de estaciones de observación -algunas de ellas

son centenarias y han recolectado datos sobre el estado de la atmósfera de manera ininterrumpida, durante 100 años o más, en el mismo entorno físico, las 24 horas del día, durante los 365 días del año-. Estas estaciones representan un reservorio fundamental y una pieza central para la reconstrucción de la variabilidad climática del planeta. Esto nos permite conocer la historia de nuestro clima en la Tierra.

“Cuando una vieja estación de observación se cierra, los científicos pierden una irremplazable pieza del rompecabezas que es el pasado del clima”;

Afirmó la OMM.

Las estaciones centenarias son fundamentales en la construcción de series históricas de temperatura. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) confirmó que el 2016 fue el año más cálido de toda la historia desde que existen registros. Se situó 1,1 °C por encima de la era preindustrial. Además, ese año, la temperatura superó en 0,83 °C la temperatura media de 14 °C -correspondiente al período de referencia 1961-1990, establecido por la OMM- y en 0,7 °C el récord anterior, alcanzado en 2015. Para poder establecer estas comparaciones, este organismo debe recurrir a los datos sobre el estado de la atmósfera, ya que la ciencia del clima, que interpreta las variaciones de ciertos parámetros en ella, sólo puede estar basada en sólidas mediciones producto de estas observaciones centenarias.

“Las Estaciones de Observación Centenarias son un recurso vital para las actuales y futuras generaciones.”

Manifestó la OMM.

Los especialistas insisten en que es necesario hablar de “sustentabilidad de las mediciones en el largo plazo” e incitan a los países en el mundo a preservar estos reservorios de datos. Algunas de estas estaciones aún conservan, incluso, el mismo instrumental -termómetros, pluviómetros, anemómetros, etcétera- que se usaba para medir hace 100 años.

Argentina cuenta con 50 estaciones de más de 100 años, cinco de ellas (Malargüe, Ceres, Pilar, La Quiaca y Orcadas) fueron reconocidas recientemente por la OMM como estaciones seculares, por mantenerse funcionando hace más de un siglo y contar con observaciones ininterrumpidas de al menos un parámetro meteorológico. Entre las estaciones argentinas centenarias se destaca el Observatorio Central Buenos Aires, ubicado en Villa Ortúzar, que se encuentra monitoreando el estado del tiempo desde hace 113 años. En este sitio icónico se registró la temperatura máxima más alta de la historia de

Buenos Aires - 43 °C - el 29 de enero de 1957 y la mínima absoluta más baja - -5,4 °C- un frío 9 de julio de 1918.

El Secretario General de la OMM, Petteri Taalas anunció que “Estas observaciones de largo plazo que se extienden hacia el siglo XVIII, son altamente valiosas para conocer cuál ha sido la variabilidad natural del clima. Son la columna vertebral de los pronósticos meteorológicos, de la meteorología y de la ciencia del clima. Es muy importante que cuidemos la sustentabilidad de estas mediciones en el largo plazo.”

Mirar la Tierra desde el espacio

La precipitación, la temperatura, el nivel del mar y la extensión de superficie de hielo, son algunas de las principales variables que observan los especialistas para saber si el clima está cambiando en la Tierra. Algunas de ellas fueron monitoreadas por técnicas convencionales como las observaciones de superficie durante más de 100 años. Más tarde, a fines del siglo XIX, se utilizaron los primeros globo sondas, una técnica que permitía y aún permite medir humedad, temperatura y viento en altura. Pero en la década de 1980, explotó la tecnología satelital y muchas variables, como la extensión de hielo, se empezaron a monitorear de esa manera. La tecnología satelital permitió recopilar datos sobre las “Variables Climáticas Esenciales” (VCE) allí donde no había estaciones de medición, en muchas áreas remotas y especialmente en las vastas áreas oceánicas que no estaban siendo monitoreadas.

La respuesta europea de monitoreo del cambio climático

Para responder a la necesidad de datos satelitales de calidad climática, la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés), lanzó la “Iniciativa de Cambio Climático”. El objetivo es aprovechar todo el potencial de los archivos globales de observación de la Tierra a largo plazo que la ESA, junto con sus estados miembros, ha establecido en los últimos 30 años “como una contribución significativa y oportuna a las bases de datos de las VCE requeridas por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático”.

“Las misiones satelitales en relación al cambio climático entregan datos con cobertura regular, uniforme y global, y



Fotografía
AEMET

“EN EL LARGO PLAZO, LAS CONTINUAS OBSERVACIONES A PARTIR DE TERMÓMETROS, PLUVIÓMETROS Y OTROS INSTRUMENTOS TRADICIONALES DE MEDICIÓN SIGUEN SIENDO ESENCIALES. SIN ELLAS NO PODRÍAMOS ESTAR SEGUROS DE QUE LA TIERRA SE HA CALENTADO ALREDEDOR DE UN GRADO CENTÍGRADO MÁS RESPECTO DEL SIGLO PASADO.”

evaluaciones confiables de tendencias a lo largo del tiempo para variables específicas. También observan las regiones remotas que están muestreadas de forma deficiente por las redes convencionales. Las misiones satelitales actuales están construyendo un archivo a largo plazo de datos esenciales para la planificación y la política local e internacional.” Afirman desde la ESA.

La “Iniciativa de Cambio Climático” de la ESA explora los registros mundiales de VCE a largo plazo tales como las concentraciones de gases de efecto invernadero -el dióxido de carbono o el metano-, la extensión y el espesor del hielo marino, la temperatura y salinidad de la superficie del mar, entre otras variables. Muchas de estas variables constituyen indicadores primarios del cambio climático, es decir que establecen una relación determinante con este. Otras más exóticas y difíciles de medir, como el color del océano, la humedad del suelo, la cobertura de la tierra, la velocidad del viento sobre la superficie oceánica, son indicadores secundarios que, sin embargo, pueden ayudar a entender mejor las variaciones del clima.

El aporte de la NASA y la NOAA

La Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio (NASA) junto a la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de los Estados Unidos, hace más de tres décadas que realizan el monitoreo satelital de la atmósfera y el cambio climático en la Tierra.

Alrededor de los años 70, la NASA se convirtió en un socio predilecto de agencias como la NOAA para monitorear la actividad solar, el aumento en el nivel del mar, la temperatura de la atmósfera y los océanos, el estado de la capa de ozono, la polución en el aire y los cambios en el mar y en la superficie de hielo terrestre.

No fue hasta la década del 60 que se supo que el clima podría cambiar en escalas temporales humanas, es decir de siglos, años a décadas, y no de manera tan espaciada y lenta como se creía. Esta evidencia contribuyó al creciente interés por la investigación del clima en la Tierra. En aquel entonces, la humanidad se empezó a preguntar si este aumento de gases de efecto invernadero calentaría el clima en la Tierra. Entonces, a comienzos de la década de 1980, la NASA junto a la NOAA comenzaron a planear un sistema de observación aplicado al cambio global (“global change”) articulando el esfuerzo de varias agencias en iniciativas como el Programa de Investigación del Cambio Climático.

Hasta la actualidad, la NASA desarrolló 17 misiones espaciales de recopilación de datos climáticos y ejecuta programas para obtener y convertir datos de los satélites del Departamento de Defensa y la NOAA.

La NOAA, por su parte, tiene una extensa tradición en el monitoreo del clima. Es una agencia encargada de numerosas bases de datos que permiten tener un registro histórico y en tiempo real de las variables climáticas principales, lo que es utilizado por organismos como el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) para elaborar sus informes. Además, su Centro de Predicciones Climáticas, encargado del monitoreo y predicción del clima, es una institución de referencia mundial.

Los últimos 150 años de mediciones de estaciones convencionales combinadas con más de 30 años de datos satelitales sobre las más diversas variables climáticas esenciales ayudaron al IPCC a llegar a la conclusión de que “es sumamente probable que más de la mitad del aumento observado en la temperatura media global en superficie en el período 1951 a 2010, haya sido causado por la combinación del incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero y otros forzamientos antropógenos.”^o



¿El mundo se está calentando?

El aumento de la temperatura sobre los continentes se corresponde estrechamente con la tendencia de calentamiento observada en los océanos. El aumento de las temperaturas del aire sobre áreas oceánicas, medido a bordo de barcos, coincide con el aumento de las temperaturas de la superficie del mar.

La atmósfera y el océano son cuerpos fluidos, por lo que es de esperarse que el calentamiento en la superficie se vea reflejado en la atmósfera inferior y más abajo, en las capas superficiales de los mares y océanos. Las observaciones confirman que este es el caso, los análisis de las mediciones realizadas por los radiosondas y los satélites meteorológicos muestran, de manera constante, el calentamiento de la troposfera, la capa activa de la atmósfera. Más del 90 % del exceso de energía absorbida por el sistema climático desde, por lo menos, la década de 1970, se ha almacenado en los océanos, como se puede ver en los registros mundiales de contenido de calor del océano, que datan de los años cincuenta. A medida que los océanos se calientan, el agua se expande. Esta expansión es uno de los principales impulsores del aumento observado en los niveles del mar durante el siglo pasado. El derretimiento de los glaciares y las capas de hielo también contribuyen a esto, al igual que los cambios en el almacenamiento y aprovechamiento del agua en la tierra.

Un mundo más cálido también es un mundo más húmedo, porque el aire más caliente puede contener más vapor de agua. Los análisis globales muestran que la humedad específica, que mide la cantidad de vapor de agua en la atmósfera, ha aumentado tanto sobre la tierra como sobre los océanos.

Las partes congeladas del planeta, conocidas como criósfera, afectan y son afectadas por los cambios locales en la temperatura. La cantidad de hielo contenida en los glaciares a nivel mundial ha disminuido anualmente durante más de 20 años. Por otro lado, se han observado pérdidas sustanciales en el hielo marino del Ártico desde el inicio de los registros satelitales, en particular al momento de la extensión mínima, que se produce en septiembre al final de la temporada anual de deshielo. Así mismo el aumento del hielo marino antártico ha sido menor.

Cualquier análisis individual puede no ser convincente, pero el análisis de estos indicadores diferentes y los resultados alcanzados con métodos diversos, han llevado a muchos grupos de investigación independientes a la misma conclusión. Desde la profundidad de los océanos a la parte superior de la troposfera, la evidencia del calentamiento del aire y los océanos, del hielo que se derrite y los mares crecientes apunta inequívocamente a una cosa: el mundo se ha calentado desde fines del siglo XIX.>> (https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/09/WG1AR5_Chapter02_FINAL.pdf, p 198-199)

MONITOREO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

CONOCÉ LAS MISIONES SATELITALES PARA EL MONITOREO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Más de 10.000 km

TEMPO 

Lanzamiento: ≥2020 (EOL: ≥2027)
Altitud: 35786 km
Sensor principal: TEMPO (Tropospheric Emissions: Monitoring of Pollution)
Misión principal: Observación frecuente de BrO, HCHO, NO2, O3, SO2 y aerosoles.

GEOCARB 

Lanzamiento: ≥2022 (EOL: ≥2027)
Altitud: 35786 km
Sensor principal: GeoCarb (Geostationary Carbon Cycle Observatory)
Misión principal: química atmosférica (CO2, CH4, CO y fluorescencias de clorofila inducidas por el sol en el océano)



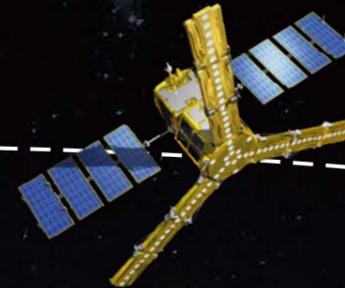
CRYOSAT-2 

Lanzamiento: 8 Abr 2010 (EOL: ≥2019)
Altitud: 717 km
Sensor principal: SIRAL (SAR Interferometer Radar Altimeter)
Misión principal: monitoreo y mapeo de la cobertura de hielo polar.



AURA 

Lanzamiento: 15 Jul 2004 (EOL: ≥2019)
Altitud: 705 km
Sensor principal: HIRDLS (High-Resolution Dynamics Limb Sounder), MLS (Microwave Limb Sounder), OMI (Ozone Monitoring Instrument) y TES (Tropospheric Emission Spectrometer)
Misión principal: monitoreo de la química de alta atmosfera. Especies monitoreadas: BrO, CFC-11, CFC-12, CH4, ClO, ClONO2, H2O, HCl, HCN, HNO3, HO2, N2O, N2O5, NO2, O3, OH, SO2, temperatura y aerosoles



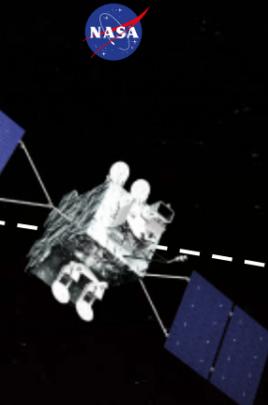
SMOS 

Lanzamiento: 2 Nov 2009 (EOL: ≥2019)
Altitud: 755 km
Sensor principal: MIRAS (Microwave Imaging Radiometer using Aperture Synthesis)
Misión principal: monitoreo de la humedad del suelo y salinidad de los océanos.



OCO-2 

Lanzamiento: 2 Jul 2014 (EOL: ≥2019)
Altitud: 705 km
Sensor principal: OCO (Orbiting Carbon Observatory)
Misión principal: química atmosférica (monitoreo de CO2)



PROBA-V 

Lanzamiento: 7 May 2013 (EOL: ≥2019)
Altitud: 820 km
Sensor principal: Vegetation-P
Misión principal: monitoreo de vegetación



Menos de 700 km



SAC-E / SABIA-MARA 

Lanzamiento: ≥2022 (EOL: ≥2027)
Altitud: 645 km
Sensor principal: MUS-nir/swir (Multi-spectral Optical Camera - NIR/SWIR), HSC (High Sensitivity Camera).
Misión principal: estudio de la biosfera oceánica, sus cambios a lo largo del tiempo y cómo se ve afectada y reacciona ante la actividad humana.



SMAP 

Lanzamiento: 31 Ene 2015 (EOL: ≥2019)
Altitud: 685 km
Sensor principal: SMAP (Soil Moisture Active-Passive)
Misión principal: monitoreo de humedad de suelo.



EARTHCARE  

Lanzamiento: ≥2021 (EOL: ≥2024)
Altitud: 394 km
Sensor principal: ATLID (Atmospheric Lidar), BBR (Broad-band Radiometer), CPR (Cloud Profiling Radar) y MSI (Multi-spectral Imager).
Misión principal: estudio de procesos atmosféricos (microfísica de nubes/radiación/aerosoles).



BIOMASS 

Lanzamiento: ≥2022 (EOL: ≥2024)
Altitud: 660 km
Sensor principal: SAR-P (Synthetic Aperture Radar - P-band)
Misión principal: Cuantificar la biomasa forestal, la extensión de bosques y áreas deforestadas y la delimitación de bosques inundados.



¿HUELLAS EN EL AGUA?

El cambio climático: mucho más que calentamiento global

La primera evidencia del cambio climático, como respuesta de nuestro planeta a las actividades humanas, es el calentamiento global. Pero este calentamiento tiene consecuencias sobre todos los procesos terrestres, entre ellos, el ciclo del agua, que se adapta al nuevo escenario y a su vez lo modifica. Seguir el rastro sobre el agua es un desafío, y comprenderlo es crucial para poder aprender del pasado y elegir el mejor rumbo para nuestro futuro.

Por María Eugenia Bontempi

Nada se pierde, todo se transforma

Cuando decimos agua pensamos en océanos y mares, lagos, ríos. Pocas veces tenemos en cuenta que el agua está presente también en la atmósfera y dentro del suelo, y que está en permanente mudanza. Todos los movimientos, tanto los que se producen dentro mismo de la atmósfera, los cuerpos de agua o el suelo como los que determinan el pasaje del agua de uno a otro de estos ámbitos, y los cambios entre sus distintas fases —sólida, líquida y gaseosa— constituyen el llamado “ciclo del agua” o “ciclo hidrológico”, un verdadero motor de la naturaleza.

El 97 % del agua terrestre se encuentra almacenada en los océanos, y su principal característica es su alta salinidad, que se mide por la cantidad de minerales disueltos en ella.

El 97 % del agua terrestre se encuentra almacenada en los océanos y su principal característica es su alta salinidad, que se mide por la cantidad de minerales disueltos en ella. Cuando el agua de los océanos se evapora y pasa a integrar el agua atmosférica, las sales quedan en el agua líquida sin evaporar, aumentando localmente la salinidad. O sea que el agua más pura de la naturaleza es la que conforma el vapor de agua de la atmósfera. Esa agua evaporada puede más tarde condensarse, dando lugar a la formación de nubes. La precipitación que tiene lugar como lluvia líquida o como nieve es de agua dulce, y por eso el agua superficial (ríos, lagos, arroyos, charcos) y subsuperficial, que es alimentada por la precipitación, también es dulce.

El reservorio de agua que ocupa el segundo lugar es el del hielo de los casquetes polares y los glaciares, con aproximadamente el 2 %. Casi todo el 1 % restante se encuentra en los depósitos subterráneos: los acuíferos y la humedad del suelo. Y una mínima porción, menos del 0,01 %, es el agua superficial, aquella que vemos sobre la superficie terrestre, desde los ríos y lagos permanentes hasta los arroyuelos o charcos que forma una lluvia antes de infiltrarse dentro del suelo o evaporarse. El agua en la atmósfera representa menos del 0,001 % del total. Podría decirse, haciendo una analogía con un motor a explosión, que los océanos son como los tanques de combustible; el suelo y subsuelo, las mangueras por donde circula, y la atmósfera constituye el cilindro dentro del cual una pequeñísima

parte del combustible realiza la explosión. Si se cortara esa circulación, o si dejara de producirse la explosión por falta de energía, todo el mecanismo se detendría.

El agua en la atmósfera representa menos del 0,001 % del total. Podría decirse, haciendo una analogía con un motor a explosión, que los océanos son como los tanques de combustible; el suelo y subsuelo, las mangueras por donde circula, y la atmósfera constituye el cilindro dentro del cual una pequeñísima parte del combustible realiza la explosión.

Cuestión de escala

La componente del agua superficial es la que tiene una interacción más dinámica con la atmósfera en el ciclo hidrológico. Esto quiere decir que las transformaciones y movimientos que experimenta el agua sobre la superficie son, en general, mucho más rápidos que en los océanos o los glaciares: en el transcurso de pocas horas vemos formarse un charco con agua de un chaparrón, que aumenta de manera perceptible su temperatura al salir el sol. Evidentemente, cuanto mayor sea la masa de agua, más tiempo necesitaremos para percibir un cambio en la temperatura o en otro parámetro. En el ejemplo, si tocamos el agua del charco notamos que está más caliente que cuando cayó la lluvia, pero no es así si tocamos el agua de un lago. Para detectar las modificaciones en estos grandes volúmenes de agua tendremos que tener la paciencia de observarlos durante semanas.

El tiempo que les toma a los océanos evidenciar un cambio en su temperatura es todavía mayor, y además, dentro de ellos existen corrientes que transportan grandes masas de agua que tienden a conservar sus características propias sin mezclarse fácilmente entre ellas, tal como ocurre en la atmósfera con las masas de aire que generan frentes fríos o cálidos al encontrarse. Asimismo, las modificaciones en temperatura y salinidad que se desencadenan cerca de su superficie se trasladan hacia las profundidades muy lentamente, y se atenúan en este proceso, de modo que grandes cambios en la superficie dan lugar a pequeñas modificaciones en niveles profundos, a veces imperceptibles.



Este mismo efecto de retraso y atenuación puede verse debajo de la superficie de la tierra, y en particular, con el agua que ella contiene. Como el acuífero confinado (la capa más profunda de suelo saturado de agua) se encuentra por debajo de una porción de suelo casi impermeable y muy poco aireada, no tiene interacción directa con la atmósfera y por lo tanto sus características suelen ser prácticamente invariables.

Las modificaciones debidas al cambio climático se evidencian más fuertemente en las componentes del sistema que varían más lentamente: los océanos y el hielo de casquetes polares y glaciares.

Dado que el clima responde a escalas temporales mucho mayores que las de la variabilidad natural propia del agua superficial, las modificaciones debidas al cambio climático se evidencian más fuertemente en las componentes del sistema que varían más lentamente: los océanos y el hielo de casquetes polares y glaciares, ya que los cambios más dinámicos pueden, en muchos casos, enmascarar esos efectos más lentos. Sin embargo, y aunque pueda resultar paradójico, es imprescindible monitorear los procesos de menor escala que tienen lugar en la atmósfera, ya que son éstos los que, en definitiva, motorizan el ciclo completo del agua y afectan directamente la vida de las personas.

Comunidad científica en acción

Los esfuerzos por encontrar la vinculación del ciclo hidrológico con el cambio climático son innumerables, como muchísimos son también los enfoques posibles. En el año 2015, la Sociedad Meteorológica Americana publicó en su boletín (BAMS, por las siglas de Bulletin of the American Meteorological Society) un trabajo en el que se resumen algunos de los principales resultados obtenidos hasta ese momento. El título del trabajo es conciso: “Desafíos en la cuantificación de los cambios en el ciclo global del agua”, y en su conclusión más general los autores expresan la importancia clave que tiene la obtención de datos confiables y con archivos históricos suficientemente largos y sin interrupciones, para el entendimiento de la influencia humana sobre los factores del ciclo hidrológico en la escala que se asocia al cambio climático. El gran desafío para los investigadores consiste en valerse de los datos existentes, que son mayormente insuficientes y muy heterogéneos en su cobertura espacial y temporal, y de modelos matemáticos que, si bien están muy desarrollados, todavía requieren ajustes y perfeccionamientos, para poder detectar con un grado de certeza alto los impactos de naturaleza antropogénica sobre los procesos que dan lugar al ciclo del agua.

Es indiscutible que las actividades del hombre moderno inyectaron en la atmósfera cantidades inéditas de gases de efecto invernadero y que la respuesta atmosférica más inmediata a estos gases es el incremento de la temperatura global—porque aumenta, justamente, el efecto invernadero—. Una primera pregunta a formular es cuál será el efecto esperable que un aumento de la temperatura podría producir sobre las demás variables involucradas en el ciclo del agua.

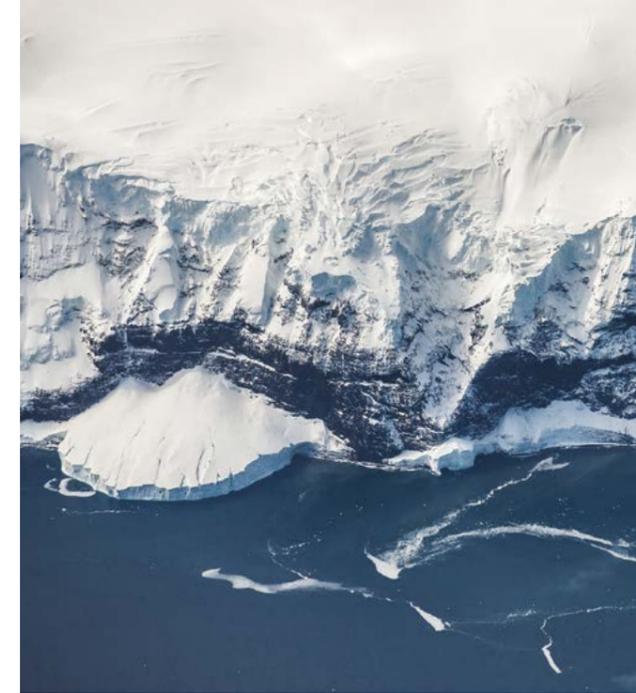
Una pregunta a formular es cuál será el efecto esperable que un aumento de la temperatura podría producir sobre las variables involucradas en el ciclo del agua.

Las leyes físicas indican que cuanto mayor es la temperatura del aire, mayor es la cantidad de vapor de agua que requiere ese aire para llegar al estado de saturación, o sea, el 100 % de humedad relativa. O, dicho de otro modo, si la temperatura aumenta es necesario incorporar a la atmósfera más vapor de agua para que la humedad relativa permanezca igual. Si no se agrega vapor de agua, la humedad relativa disminuye al calentarse el aire.

Un resultado muy robusto de los modelos climáticos es que ante un cambio en la temperatura, la humedad relativa tiende a permanecer constante a expensas del agua líquida disponible en el entorno, que se evapora por tratarse de un calentamiento. Esta hipótesis es refrendada parcialmente por las observaciones a nivel global; sin embargo, localmente existen evidencias de variaciones en la humedad relativa, particularmente en algunas zonas continentales, como la región central de Argentina. Estos cambios responden, presumiblemente, a cambios en la circulación de gran escala o a que las fuentes de humedad disponible son restringidas.

Unos tanto y otros tan poco

Los autores del trabajo citado hallaron que el aumento de temperatura también conduce a un empobrecimiento de la redistribución de la humedad (los procesos de transporte dentro de la atmósfera en el ciclo del agua). Esto significa que las lluvias tienden a ocurrir más cerca de las fuentes de agua que nutrieron a las nubes, por lo que **las zonas húmedas** recuperan más rápidamente el agua aportada, tornándose **más húmedas**, mientras que las **regiones áridas** o semiáridas, que dependen de los aportes de humedad distantes, **tienden a incrementar su aridez**. Esto podría tener una relación directa con el aumento en severidad y frecuencia—que ya se observa con un mínimo margen de dudas—de los eventos extremos, como sequías, inundaciones y tormentas intensas. Se prevé que el aumento de las precipitaciones intensas será mayor que el aumento de la precipitación anual, lo que implica que también aumentaría la frecuencia de ocurrencia de eventos de lluvia muy débil o directamente nula, alargando la duración de los períodos secos y aumentando, en consecuencia, el riesgo de padecer procesos de sequía.



Las zonas húmedas se tornan más húmedas, mientras que las regiones áridas o semiáridas tienden a aumentar su aridez.

¿Y por casa cómo andamos?

En nuestro país, de acuerdo con la Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, las precipitaciones aumentaron en casi todo el país, con excepción de los Andes patagónicos y cuyanos, donde se vieron reducidas en los últimos decenios, lo que podría comprometer a las producciones que se desarrollan bajo riego debido a la disminución en los caudales de los arroyos que alimentan las acequias. Los modelos indican que en el futuro continuará esta misma tendencia, con aumentos más marcados en el noreste, el sector más húmedo del territorio. Sin embargo, localmente pueden registrarse cambios o tendencias inversas, como en el caso del centro-norte, que siendo una zona semiárida comenzó a recibir mayores aportes pluviales, especialmente a partir de la década de los setenta. Esta modificación en el régimen pluvial determinó el corrimiento de la frontera agrícola con el consecuente cambio en el uso del suelo en gran parte de las provincias de Córdoba, Santiago del Estero y Chaco: la agricultura desplazó a la



ganadería tradicional y también ocupó grandes espacios hasta entonces cubiertos de monte nativo.

El desmonte complejizó la situación, ya que los suelos, ahora desnudos gran parte del año debido a los ciclos de los cultivos, perdieron capacidad de captación y retención de la humedad, iniciándose un proceso de degradación y desertificación, a pesar del aumento en el régimen de lluvias. En este y muchos otros casos, la reacción del hombre a un cambio provoca nuevos y más drásticos cambios, desatando una cadena de modificaciones que puede llevar a un escenario completamente diferente del inicial, por lo general, pernicioso para el ecosistema original y difícilmente reversible. Sin embargo, no es fácil evaluar acciones o restricciones en el uso de los recursos naturales, ya que suelen estar involucrados otros aspectos, como la productividad de regiones tradicionalmente relegadas y el acceso de la población a mejores oportunidades económicas.

La temperatura tiene su importancia en la ecuación del balance hidrológico, ya que determina en gran medida los cambios de fase, en especial evaporación, condensación, fusión. El calentamiento observado en nuestra región fue menor, en términos generales, al que se calcula como promedio global. Esto, aunque pueda parecer una buena noticia, no es motivo de despreocupación, tanto porque la atmósfera y los océanos no tienen fronteras, como porque aún así se registran efectos del calentamiento que encienden alarmas: el retroceso de los glaciares andinos, evidente desde mediados del siglo XX, es un ejemplo. **Los glaciares representan el principal reservorio de agua dulce** y su derretimiento afecta al abastecimiento de las cuencas que dependen de ellos, aumentando el caudal de los cursos de agua hasta que alcanzan su “pico hídrico”, para luego reducirse rápidamente. Además, el proceso puede retroalimentar al calentamiento atmosférico, ya que al derretirse el hielo que refleja gran parte de la radiación solar hacia fuera de la atmósfera, queda el suelo oscuro descubierto y la radiación es absorbida. Esto aumenta la temperatura del suelo y consecuentemente, del aire en contacto.

Los glaciares representan el principal reservorio de agua dulce, su derretimiento afecta al abastecimiento de las cuencas que dependen de ellos y además puede retroalimentar al calentamiento atmosférico.

Humedales: una gran deuda con la Naturaleza

Desde la adopción en 1992 de la Convención de Ramsar para la protección de los humedales, Argentina declaró 23 sitios dentro de su nómina. Se trata de ambientes de suma importancia en la adaptación y mitigación de los cambios climáticos, ya que son **grandes reguladores del sistema hidrológico** y cumplen con la función de preservar la calidad del agua de los acuíferos, además de captar el dióxido de carbono atmosférico, el principal gas de efecto invernadero, menguando los efectos de calentamiento. La pérdida o degradación de estos hábitats aumenta la vulnerabilidad ante inundaciones o procesos de sequía, por lo que su conservación es crítica para el porvenir de grandes regiones.

Actualmente existen múltiples líneas de investigación y de acción para el cuidado de los humedales y protección de la fauna y flora que los definen y dependen de ellos, y se trata en casi todos los casos de esfuerzos conjuntos entre diferentes países. Esto es porque se reconoce que la importancia de estos ambientes trasciende las fronteras; se trata de un fenómeno global.

Esta es solamente una parte de la imagen que nos devuelve el espejo del agua, que nos muestra no sólo nuestros errores pasados sino también, y principalmente, el potencial con el que contamos para unir nuestra razón a la sabiduría de la Naturaleza en la preservación de las riquezas que nos ofrece nuestro planeta Tierra. °

QUIÉN ES QUIÉN EN EL CICLO DEL AGUA

CICLO HIDROLÓGICO	
Conjunto de procesos físicos y biológicos que son responsables del paso del agua dentro y entre los cuatro grandes reservorios del sistema Tierra: la atmósfera, la hidrósfera, la litósfera y la biósfera.	
COMPONENTES	SISTEMA TERRESTRE Océanos (97 %) Casquetes polares y glaciares (2 %) Agua superficial (< 0,01 %) <ul style="list-style-type: none"> • Ríos y arroyos • Lagos y lagunas • Agua de anegamiento temporario Agua subterránea (< 1 %) <ul style="list-style-type: none"> • Agua del suelo • Zona capilar • Acuífero libre • Acuífero confinado
	SISTEMA ATMOSFÉRICO Agua atmosférica (< 0,001 %) <ul style="list-style-type: none"> • Vapor de agua (humedad atmosférica) • Nubes y nieblas (agua líquida y sólida) • Precipitación (antes de llegar a la superficie)
PROCESOS	FÍSICOS Cambios de fase: el agua intercambia energía con su entorno y modifica su estado de agregación Evaporación (líquido > vapor) (El agua absorbe energía del entorno y enfría el aire) Condensación (líquido < vapor) (El agua libera energía al entorno calentando el aire) Fusión (sólido > líquido) (El agua absorbe energía del entorno) Congelación (sólido < líquido) (El agua libera energía al entorno) Sublimación (sólido > vapor) (El agua absorbe energía del entorno) Deposición (sólido < vapor) (El agua libera energía al entorno)
	FÍSICOS Transporte Transporte (dentro de la atmósfera y la hidrósfera) Flujo subterráneo (transporte horizontal por debajo de la superficie) Precipitación Esorrentía (transporte superficial) Infiltración (transporte entre superficie y subsuperficie) Percolación (transporte vertical subterráneo)
	BIOLÓGICOS Procesos complejos que involucran subprocesos físicos y químicos. Absorción y circulación capilar Transpiración

Fuentes consultadas:

Gabriele C. Hegerl, Emily Black, Richard P. Allan, et all (2015), “Desafíos en la cuantificación de los cambios en el ciclo global del agua”, Boletín de la Sociedad Americana Meteorológica.

<https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/BAMS-D-13-00212.1>

Página web de la base de datos climáticos de la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático <http://3cn.cima.fcen.uba.ar/>

Página web de la Convención de Ramsar

<https://goo.gl/GnydwW>

SER O NO SER

Uno de los desafíos de los investigadores es determinar las causas de los cambios detectados en el clima observado. Hay evidencias acerca de la influencia de las emisiones de gases de efecto invernadero. Pero cuando se trata de eventos extremos particulares, muchos factores son los que intervienen. ¿Cómo podemos saber el grado de responsabilidad que tiene la actividad humana en la ocurrencia o intensidad del fenómeno? Los científicos no le temen a este interrogante y pueden dar algunas respuestas.

Por Carolina Cerrudo

Dada la evidencia de que hay un aumento significativo de la temperatura media global (detección del cambio), lo que sigue es saber cuáles son sus causas (atribución del cambio). El quinto informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) concluye que “es sumamente probable que más de la mitad del aumento observado en la temperatura media global en superficie en el período de 1951 a 2010 haya sido causado por las actividades humanas”.

Acerca de fenómenos extremos, el IPCC presenta una evaluación a nivel global de los cambios observados y la contribución humana a esos cambios. En relación con la precipitación, se señala que hay más regiones donde los eventos de precipitación intensa han aumentado, que donde han disminuido. Con respecto a las temperaturas, certifican que es muy probable que el forzante antropogénico (se refiere a la emisión de gases de efecto invernadero por actividades humanas) haya contribuido a los cambios observados en la frecuencia y la intensidad de las temperaturas extremas diarias a escala global desde mediados del siglo XX.

Pero ¿cómo analizar las causas de los fenómenos extremos que ocurren a escala local y en un momento dado? La medida en la que el efecto antropogénico del cambio climático afecta a un evento en particular es más difícil de determinar, ya que muchas condiciones deben alinearse para configurar dicho evento. **Una respuesta definitiva a la pregunta de si el cambio climático ha “causado” o no un evento en particular, generalmente, no se puede responder en un sentido determinista, pero sí se puede decir si el evento es más o menos probable (o más o menos intenso) debido a ese efecto.**

En el transcurso de más de diez años ha aumentado considerablemente el interés en los estudios de atribución de eventos extremos. A partir de este nuevo campo de investigación se evalúan las contribuciones relativas de múltiples factores causales, asignando confianza estadística a los resultados. Es decir, dado que muchos factores pueden impactar en un evento extremo, se habla de cambios en las probabilidades asociadas a la ocurrencia e intensidad del evento.

En busca del culpable

La presencia de múltiples causas es algo típico de los eventos extremos, donde muchas condiciones deben alinearse para determinar un fenómeno en particular. Para la ocurrencia de un evento extremo, cuya probabilidad en general será baja, el efecto del cambio climático puede no ser una causa suficiente. Por ejemplo, las olas de frío siguen existiendo dentro de un contexto de calentamiento global. Dado este panorama, los estudios de atribución tratan de calcular en qué medida el cambio climático inducido por actividades humanas ha afectado la magnitud o probabilidad de

ocurrencia del evento en particular.

Dentro de los métodos utilizados se encuentran dos grandes grupos: por un lado, los que dependen del registro histórico observado para determinar un cambio en la probabilidad o magnitud del evento, y por el otro, los que usan simulaciones de modelos para comparar la ocurrencia o características de un fenómeno en un mundo con cambio climático antropogénico respecto de un mundo sin cambio climático.

Los que pertenecen al segundo grupo estiman las probabilidades asociadas a los eventos para dos “mundos”: para el actualmente observado (fáctico), tal como existe en el contexto de cambio climático, y para un caso hipotético (contra – fáctico), donde no haya cambio climático. La diferencia entre las probabilidades de los dos mundos se utiliza para evaluar el efecto del cambio climático en el fenómeno. Este recurso es comúnmente utilizado en otras esferas de la vida y la actividad cultural, donde se analiza, por ejemplo, desde un punto de vista literario, social o histórico qué hubiera sucedido si determinado acontecimiento clave no se hubiese producido o hubiera sido diferente.

La ola de calor que tuvo lugar en Argentina entre el 13 y el 31 de diciembre de 2013 es un caso particular estudiado por un grupo de investigadores quienes concluyen que el forzante antropogénico aumentó, en un factor de cinco, el riesgo de ocurrencia de un evento de ese tipo.

La ola de calor que tuvo lugar en Argentina entre el 13 y el 31 de diciembre de 2013 es un caso particular estudiado por un grupo de investigadores quienes concluyen que el forzante antropogénico aumentó, en un factor de cinco, el riesgo de ocurrencia de un evento de ese tipo. Este trabajo, realizado por científicos del Instituto Franco-Argentino sobre Estudios del Clima y sus Impactos, la Universidad de Buenos Aires y la Universidad de Oxford, puede encontrarse en el Boletín de la Sociedad Meteorológica Americana. Esta organización científica publica, desde 2012, ediciones especiales anuales sobre la atribución de eventos ocurridos durante el año anterior.

La confianza en los resultados es mayor para aquellos eventos que pueden ser mejor representados por los modelos numéricos, y particularmente en aquellos que estén relacionados directamente con un aspecto de la temperatura (como el calentamiento a largo plazo observado en el clima regional o global). Este es el caso, por ejemplo, de los eventos extremos de altas temperaturas. Resultados preliminares obtenidos por investigadores de la Universidad de Oxford respecto de la ola de calor producida en el norte de Europa en el verano de 2018, indican que el cambio climático aumentó la probabilidad de ocurrencia del fenómeno en más del doble en varios lugares.



Fotografía
INTA

En el caso de los ciclones tropicales y tormentas en general, es más complicado dado que su relación con algún aspecto de la temperatura es menos directa. Según el IPCC, a escala global, “hay un nivel de confianza bajo en la atribución de cambios en la actividad ciclónica tropical a la influencia humana. Esto se debe a las insuficientes evidencias de observaciones, la falta de conocimiento físico de los vínculos entre los impulsores antropogénicos del clima y la actividad ciclónica tropical”. La mejora en las capacidades para los estudios de atribución requiere de mejoras en observaciones, modelos, comprensión teórica de la relación entre el cambio climático y los extremos, y en las técnicas de análisis utilizadas.

El cristal con que se mira

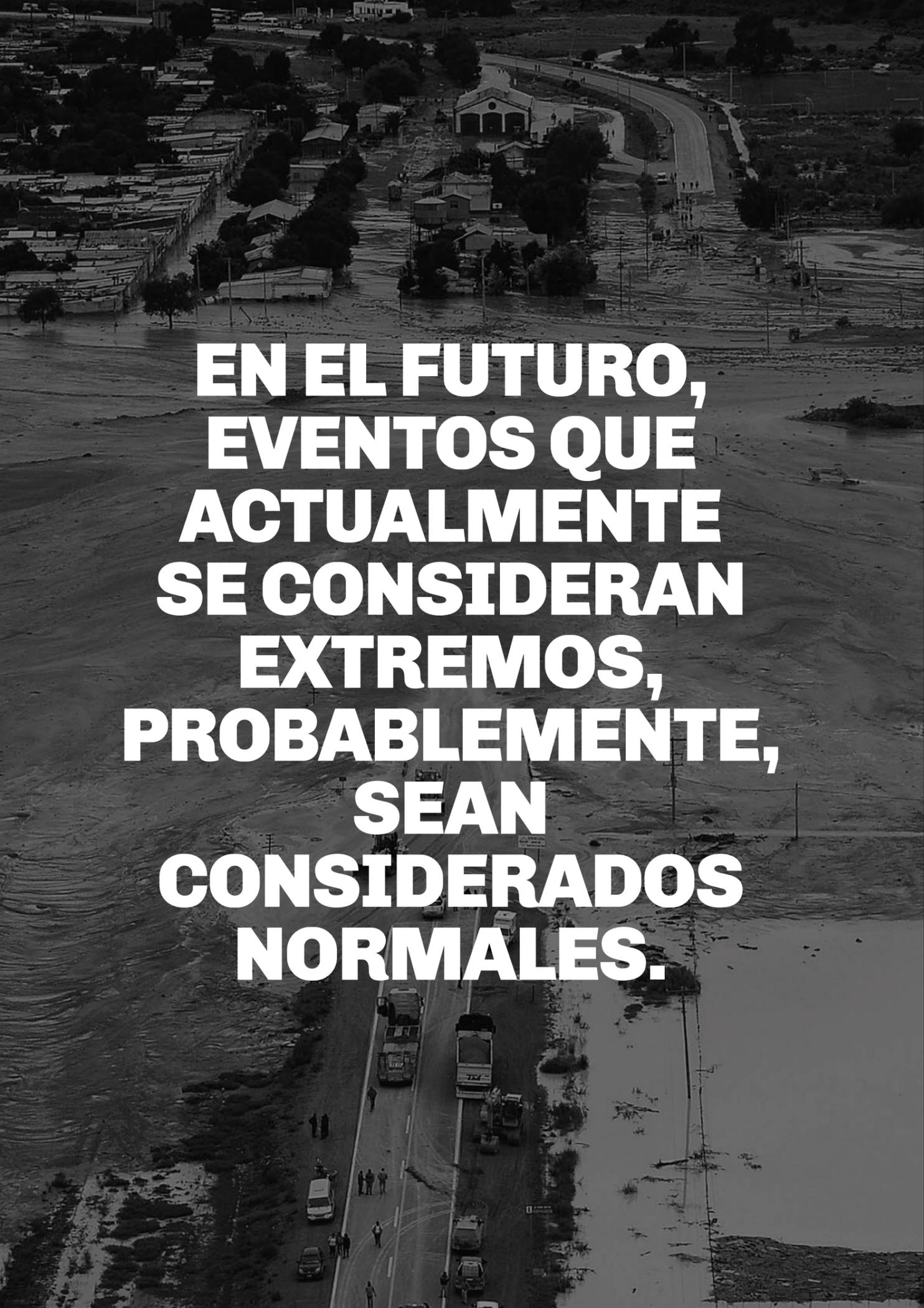
Los resultados de los estudios de atribución dependen de diversos factores, como los criterios utilizados en la selección de los eventos, cómo se definen los mismos, la formulación de la pregunta que se desea responder y el contexto dentro del cual se plantea, la configuración del modelo y las herramientas estadísticas que se utilizan para cuantificar la incertidumbre. En palabras del físico alemán Werner Heisenberg: “lo que observamos no es la naturaleza en sí misma, sino la naturaleza expuesta a nuestro método de cuestionamiento”. La forma y el contexto en que las preguntas son formuladas

se llaman encuadre. El interés en eventos extremos está típicamente dirigido por sus impactos en la sociedad. Por lo tanto, la elección de qué fenómeno estudiar es también un aspecto de encuadre. Incluso, la definición del evento también estará condicionada por las limitaciones de las observaciones y los modelos utilizados.

Solemos escuchar preguntas tales como: ¿fue la tormenta de ayer causada por el cambio climático, sí o no? En ellas, la problemática no está bien planteada, porque la palabra “causa” puede tener significados distintos. En atribución de eventos se habla de probabilidades en lugar de determinar un sí o un no. Esta clase de preguntas debería ser reformulada, por ejemplo: ¿en qué medida la tormenta de ayer o su precipitación fueron intensificadas debido al cambio climático?

En el futuro, eventos que actualmente se consideran extremos, probablemente, sean considerados normales.

Las conclusiones también están afectadas por la forma en que es definido extremo por los científicos. En general el umbral elegido como extremo está basado en observaciones del siglo XX, pero la línea de base de lo que es “normal” también está cambiando. En el futuro, eventos que actualmente se consideran extremos, probablemente, sean considerados normales. Esto muestra que los resultados dependen también del contexto dado por el período tomado como referencia.



**EN EL FUTURO,
EVENTOS QUE
ACTUALMENTE
SE CONSIDERAN
EXTREMOS,
PROBABLEMENTE,
SEAN
CONSIDERADOS
NORMALES.**

Muchos eventos extremos están, además, afectados por otros tipos de procesos antropogénicos, que plantean problemas de encuadre adicionales en relación a los impactos asociados a ellos. El efecto de isla urbana de calor es un ejemplo de actividad humana que interviene en los extremos de temperatura. La intensidad de una inundación, por su parte, está afectada por una serie de decisiones sobre el uso del suelo, incluyendo urbanización y canalización de ríos.

En la toma de decisión

Los estudios de atribución de eventos extremos particulares no deben usarse para generalizar conclusiones sobre el impacto del cambio climático en los eventos extremos en su conjunto. Sin embargo, este tipo de investigaciones contribuye a mejorar la comprensión de los tomadores de decisión acerca de cuáles son los fenómenos (inundaciones, sequías, olas de calor, etc.) que podrían estar aumentando su riesgo.

Desde 2004 hasta mediados de 2018 se han publicado más de 170 trabajos sobre atribución en todo el mundo. Los resultados sugieren que alrededor de las dos terceras partes de los eventos extremos estudiados fueron más probables o más intensos debido al cambio climático inducido por la actividad humana.

Desde 2004 hasta mediados de 2018 se han publicado más de 170 trabajos sobre atribución en todo el mundo. Los resultados sugieren que alrededor de las dos terceras partes de los eventos extremos estudiados fueron más probables o más intensos debido al cambio climático inducido por la actividad humana. En el sitio web de “Carbon Brief” se encuentra una muy buena recopilación de trabajos sobre atribución de eventos extremos publicados en revistas científicas, presentado de forma interactiva a través de un mapa. De allí se desprende que los tres tipos de eventos extremos más estudiados son las olas de calor, lluvias intensas y sequías.

La demanda de resultados en el campo de atribución crece y algunos científicos no quieren hacerse esperar: el proyecto “World Weather Attribution” es un esfuerzo internacional para analizar y comunicar la posible influencia del cambio climático antropogénico en eventos extremos en forma rápida

y sistemática, luego de que un evento haya ocurrido. Esta iniciativa comenzó en el año 2014, con el objetivo de desarrollar sistemas operativos de atribución de eventos extremos “casi” en tiempo real, utilizando metodologías predefinidas y aprobadas.

“Si los científicos no decimos nada, otras personas van a responder la pregunta sin evidencia científica. Si queremos que la ciencia sea parte de la discusión, necesitamos decir algo rápido”.

Dado que las preguntas acerca de la influencia del cambio climático son realizadas inmediatamente después de la ocurrencia de un evento extremo, muchos especialistas consideran necesario avanzar en los servicios rápidos de atribución de eventos. Es el caso de Friederike Otto, especialista en modelado climático de la Universidad de Oxford, quien declaró en conversación con la revista Nature: “si los científicos no decimos nada, otras personas van a responder la pregunta sin evidencia científica. Si queremos que la ciencia sea parte de la discusión, necesitamos decir algo rápido”. La ciencia aún tiene mucho por decir en materia de cambio climático y sus impactos. No sólo con el objetivo de comprender, sino también de proveer herramientas para la toma de decisiones. °

Fuentes consultadas:

Academia Nacional de Ciencia, Ingeniería y Medicina, National Academies, “2016: Attribution of Extreme Weather Events in the Context of Climate Change”. The National Academies Press, Washington, DC, 186 pp.

A. Hannart, B. Cerne, C. Vera, F.E. L. Otto (2015), “Causal influence of anthropogenic forcings on the Argentinian heat wave of December 2013”, Boletín de la Sociedad Americana Meteorológica.

Schiermeier Q (2018), “Climate as culprit”. Revista “Nature”, vol. 560, pp 20–22.

Website de Carbon Brief
<https://www.carbonbrief.org/mapped-how-climate-change-affects-extreme-weather-around-the-world>.

Website World Weather Attribution
<https://www.worldweatherattribution.org/>

Website del informe Explaining Extreme Events in 2017 from a Climate Perspective, publicado en el boletín de la Sociedad Meteorológica Americana
<https://www.ametsoc.org/ams/index.cfm/publications/bulletin-of-the-american-meteorological-society-bams/explaining-extreme-events-from-a-climate-perspective/>

ACTIVIDAD ELÉCTRICA: UNA NUEVA VARIABLE ESENCIAL PARA ENTENDER EL CAMBIO CLIMÁTICO

Toda la literatura hollywoodense del llamado "cine catástrofe" asocia el apocalipsis climático con enormes tornados, súbitas olas de frío polar o letales aumentos del nivel del mar y, por supuesto, tormentas severas con violenta actividad eléctrica. Sin embargo, hasta hace poco tiempo, la ciencia no se había dedicado a estudiar en profundidad el vínculo existente entre el cambio climático producido por el hombre y las tormentas que disparan rayos y hacen tronar la Tierra. Un grupo de investigadores arrojó la primera piedra y comenzó a investigar si existe una relación entre la cantidad de días de tormenta y el Cambio Climático.

Por Sofía Corazza

“Todo comienza con la reunión de un grupo de nubes en una tormenta. En el centro de la creciente tormenta, pequeñas partículas de hielo y gotas de agua sobreenfriada chocan e intercambian carga, con una carga positiva que se eleva hacia el yunque de la tormenta. El flujo de partículas crea un desequilibrio. El sistema necesita neutralizarse. Finalmente, con un movimiento repentino que tiene más potencia que 100 mil estaciones de radio, todas concentradas en un solo punto, se produce la descarga de un rayo.”

Especialistas alrededor del mundo se están cuestionando si existe un vínculo entre el aumento global de temperatura, producido por el Cambio Climático, y un incremento en la frecuencia de días de tormenta a nivel global. Los científicos miembros del grupo focal de la OMM llamado TTLOCA (Task Team on Lightning Observations for Climate Applications) consideran que la frecuencia de días con actividad eléctrica está cambiando junto con el clima. Los rayos, al ser un excelente indicador de tormentas severas y de precipitación, se vuelven un medio esencial para observar el clima cambiante. Para estudiar cómo el clima está cambiando en relación con la cantidad de días de tormenta se necesita reconstruir una serie histórica. En este sentido, en los últimos años, la explosión de la tecnología satelital ha mejorado mucho la cobertura y resolución de las mediciones. Este caudal de datos se combina con mediciones centenarias que se vienen realizando en estaciones meteorológicas. Sin embargo, a escala mundial, el monitoreo de rayos sigue siendo limitado.

“Si se quiere hablar de cambio climático, una tiene que hablar de series de datos que tengan un control de calidad y se extiendan a través de décadas.” Explica Gabriela Nicora, geofísica y especialista en actividad eléctrica.

La necesidad de contar con series de datos históricas es importante tanto para analizar las mutaciones en la temperatura o en la precipitación a nivel global, como para analizar el retroceso de glaciares o la desertificación de tierras arables. Lo mismo ocurre con la actividad eléctrica. Si se quiere analizar si ha cambiado y como resultado de qué procesos ha cambiado, es necesario contar con una serie histórica de datos confiables y de calidad.

Desde el 2016, la OMM (Organización Meteorológica Mundial) agregó “días con rayos” a la lista de Variables Esenciales del Clima (ECV, por sus siglas en inglés) del Sistema Global de Observación del Clima, es decir, al inventario de evidencias empíricas necesarias para comprender la evolución del clima. Los expertos consideran que hay una relación positiva entre el cambio climático y el aumento de días de tormenta y, aunque no han arribado a resultados concluyentes,

estiman que ante un mundo más caliente y en presencia de aerosoles [ver glosario] en la atmósfera, todo es propicio para la intensificación de la actividad eléctrica en las nubes.

Alrededor de 45 destellos de rayos ocurren cada segundo en un momento dado en el planeta Tierra. Sin embargo, esta tasa puede variar entre un 10 % y un 20 %.

Gabriela Nicora es Dra. en Geofísica por la Universidad Nacional de La Plata. Hace tiempo estudia el comportamiento de la atmósfera en relación con la actividad eléctrica en el Centro de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF). Las tormentas eléctricas son su especialidad, los truenos y relámpagos, su materia prima.

Nicora se encontraba en un viaje de trabajo en Japón cuando fue convocada por el grupo focal TTLOCA, Equipo de Trabajo sobre Observaciones de Rayos para Aplicaciones Climáticas. El objetivo de este grupo es establecer si existe una relación entre el cambio climático y el aumento en los días de tormenta a nivel global y para ello el aporte de Argentina será significativo por varias razones. La primera es que en el Centro de nuestro país se suceden tormentas eléctricas que están entre las más intensas del Planeta lo que, según lo anunciado por el proyecto RELAMPAGO-CACTI, convierten a esta región (Córdoba-Mendoza) en un laboratorio global especial para el estudio de las tormentas severas. La segunda razón es que la Argentina cuenta con datos de estaciones meteorológicas centenarias.

La inquietud de Nicora por este tema tiene larga data. En su tesis de doctorado ya se preguntaba ¿Cuáles son las regiones en nuestro país que presentan más días de tormenta y actividad eléctrica asociada? ¿Cuál es la variación típica de año en año en la cantidad de días de tormenta? ¿Existe una hora del día donde este fenómeno es más frecuente? ¿Qué hay del impacto que tiene en la sociedad?

En aquel tiempo, especialmente en las estaciones del norte, en Posadas, se veía la tendencia de aumento en los días con actividad eléctrica en el largo plazo. Pero una cosa es que se vea un aumento en un gráfico y otra, que esa tendencia sea real o lo que en la jerga se llama “estadísticamente significativa”. Para eso se necesitan muchos años de datos. Hacia el sur del país, no se encontró un aumento evidente en la información con la que se contaba.

Mientras tanto, en otras latitudes, expertos en microfísica y electrificación en el mundo venían analizando lo mismo. En los primeros trabajos de Earle Williams, investigador científico en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT, EEUU), se veía una correlación positiva entre la humedad del aire y la cantidad de descargas. La primera conclusión fue que en un mundo más caliente habría mayor

Fotografía
INTA

humedad en el aire y como consecuencia más cantidad de descargas. Además, se piensa que es esperable que con el cambio climático, se calienten más las capas inferiores de la atmósfera que las más altas -y como consecuencia de ello, haya más energía disponible para las tormentas- esto sería consecuente con un aumento en el número de descargas eléctricas. Sin embargo, estudios recientes muestran que hay otros factores que tienden a inhibir la aparición de descargas, por lo cual continúa siendo un tema de investigación abierto.

La primera conclusión fue que en un mundo más caliente habría mayor cantidad de descargas.

Más allá de los condimentos necesarios para la existencia de tormentas, la aparición de las descargas eléctricas se relaciona con elementos adicionales.

“La aparición de descargas tiene que ver con la presencia de aerosoles en la atmósfera, que son pequeñas partículas que ayudan en la formación de cristales de hielo en la nube. Cuando se cuenta con la presencia de muchos cristales en un ambiente turbulento, los choques entre éstos producen enormes diferencias eléctricas en diferentes sectores de las nubes. Entonces, si cambia la cantidad de aerosoles cambia la cantidad de descargas”, explica Nicora.

Sin embargo, también el cambio en la anatomía de las ciudades, con edificios cada vez más altos, podría explicar en algunos lugares el aumento de días con actividad eléctrica. Además, hay que tener en cuenta la variabilidad natural del clima que hace que algunos períodos tengan más tormentas que otros, sin ser esto consecuencia de ningún factor humano. Como se ve, las posibilidades son muchas, los científicos tienen que pivotar entre este enorme abanico.

“Sacar conclusiones hoy sería apresurado. Lo importante ahora es tener un dato confiable”, asevera Nicora.

Dime lo que escuchas, no lo que ves

Para tener datos confiables, el grupo focal de OMM está buscando referentes en todo el mundo que puedan aportar datos para reponer la serie histórica de días de tormenta y así avanzar con las investigaciones sobre cómo fue cambiando esta variable a lo largo de años y décadas. Este es el aporte de un equipo de trabajo de la Universidad de Buenos Aires, conformado por la estudiante Fiorella Bertone y sus directores de tesis Gabriela Nicora y Luciano Vidal. La joven tesis de la carrera de Ciencias de la Atmósfera (UBA) junto a sus tutores, está reconstruyendo datos de “tiempo presente” -que es la descripción que da el observador respecto de los fenómenos que está viendo a la hora de la observación- de una década en 30 estaciones y observatorios del Servicio Meteorológico Nacional. Además está reponiendo la serie histórica de días de tormenta reportadas por ese Organismo, de incluso 100 años hacia atrás.

“En 1952, el SMN le envió a la OMM una lista de estaciones con la cantidad de días de tormenta registrados en distintos períodos. No todas las estaciones tienen información del mismo período. La idea es tomar esa lista y continuar la serie temporal. Por ejemplo, ese año, el Observatorio de Ortúzar mandó datos de 45 años atrás, desde 1906. Se trata de una estación que sigue observando las 24 horas, ahí hay mucha información.” Comentó Bertone.

Hay dos formas de registrar el fenómeno meteorológico “día de tormenta”. Los observadores anotan en la libreta meteorológica -en la tabla diaria- si hubo día de tormenta con una cruz o una marca. También puede aparecer en el registro del “tiempo presente”. La tormenta se registra cuando el observador escucha un trueno, independientemente de si vio un relámpago u observó lluvia. El protocolo sostiene que para que haya día de tormenta, el observador debe

haber escuchado un trueno, no alcanza con que haya visto un relámpago, lo que podría estar indicando la ocurrencia de una tormenta, pero a varios kilómetros de distancia. Es necesario que la persona a cargo del monitoreo ese día haya escuchado el trueno, el aspecto audible de la tormenta.

En la realidad, 100 años de registro ponen la cosa más compleja. Los expertos cuentan que hubo días en que el observador reportó relámpagos durante todo el día, sin haber escuchado o registrado un trueno, también casos en los que los truenos se registraron en la tabla diaria y no en el tiempo presente o al revés. Para reconstruir la serie temporal y corroborar la hipótesis del aumento de días de tormenta a lo largo del tiempo en las estaciones, se están comparando los datos de estaciones y observatorios, cotejando los datos de la libreta con el tiempo presente, verificando la información del archivo meteorológico, con los datos arrojados por la red de detección global proveniente de la tecnología satelital, que comenzó con el lanzamiento de satélites por los años 80 y que hoy cuenta con tecnología de punta como la familia de satélites geoestacionarios GOES (de la Administración Oceánica y Atmosférica, NOAA, EEUU).

“Comparar la información provista, por un lado, por un observador que escucha un trueno, y por otro, por un sensor en órbita que va a mirar en diferente longitud de onda para establecer que se produjo un día de tormenta no es fácil. En TTLOCA están tratando de ver cómo se comparan en la actualidad estos dos métodos para luego darle utilidad a los datos históricos de la época en que el satélite no existía. Si yo quiero hablar de cambio climático tengo que hablar de series que tengan un control de calidad y se extiendan a lo largo de la historia.” Afirmó Nicora.

Como resultado de estas investigaciones, se espera desarrollar los llamados mapas isoceráunicos que brindan información sobre la cantidad de días de tormenta por año que caracterizan a las diferentes regiones del país. Se trata de información con una aplicación de suma utilidad para la toma de decisiones en la ingeniería, el urbanismo y la construcción, que además permita conocer la vulnerabilidad de la población frente a este tipo de eventos y así implementar medidas de protección adecuadas.

Además, con la reconstrucción de una base de datos histórica, se generarán datos de calidad que son imprescindibles para confirmar si existe un incremento en los días de tormenta motivado por el cambio climático. Sin esta valiosa fuente de estadísticas, no es posible certificar si es verdad que el clima está cambiando en sus múltiples indicadores y efectos.º

Fuentes consultadas:

Aich, V., R. Holzworth, S. J. Goodman, Y. Kuleshov, C. Price, y E. Williams (2018), “Lightning: A new essential climate variable”, Eos, 99. <https://doi.org/10.1029/2018EO104583>.

Christian, et al (2003), “Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the Optical Transient Detector”. <https://doi.org/10.1029/2002JD002347>

ESCENARIOS FUTUROS

NO HAY PLAN B

Por Mariela de Diego



Un aumento de temperatura de 1,5 o 2 °C parece una diferencia menor, pero no lo es cuando hablamos de la temperatura media global. Los impactos que percibirá la humanidad serán muy distintos con ese medio grado de diferencia. Dialogamos con la Dra. Inés Camilloni, miembro del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático para comprender las consecuencias globales y locales a las que la humanidad tendrá que hacer frente si no se toman medidas urgentes.

En el Acuerdo de París, firmado en 2015, casi 200 países se comprometieron a tomar medidas para mantener el calentamiento global muy por debajo de los 2 °C para el año 2100, respecto de la temperatura media global de la Era preindustrial. Sin embargo, las proyecciones científicas siguieron indicando que, de continuar con los niveles existentes de emisión, el planeta aumentará su temperatura en 2 °C mucho antes, y que para el 2100 el calentamiento global podría superar los 4 °C.

Esas proyecciones poco alentadoras llevaron a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático a solicitar al IPCC (siglas en inglés de Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) un cambio en el enfoque del problema. “Hasta ahora presentábamos el informe con esta lógica: si la humanidad sigue emitiendo esta cantidad de gases de efecto invernadero (GEI), en 2050 la temperatura habrá aumentado 3 °C; en 2100 4,5 °C. Básicamente, hacíamos cortes temporales en las trayectorias de emisiones” explica Camilloni, doctora en Ciencias de la Atmósfera y co-autora de uno de los capítulos del informe del IPCC.

Esta vez los científicos realizaron el camino inverso: “Desde la Convención querían saber cómo tienen que ser las trayectorias para que la temperatura no supere los 2 °C, o mejor aún, los 1,5 °C, y vemos qué caminos nos conducen a eso”, agrega la especialista.

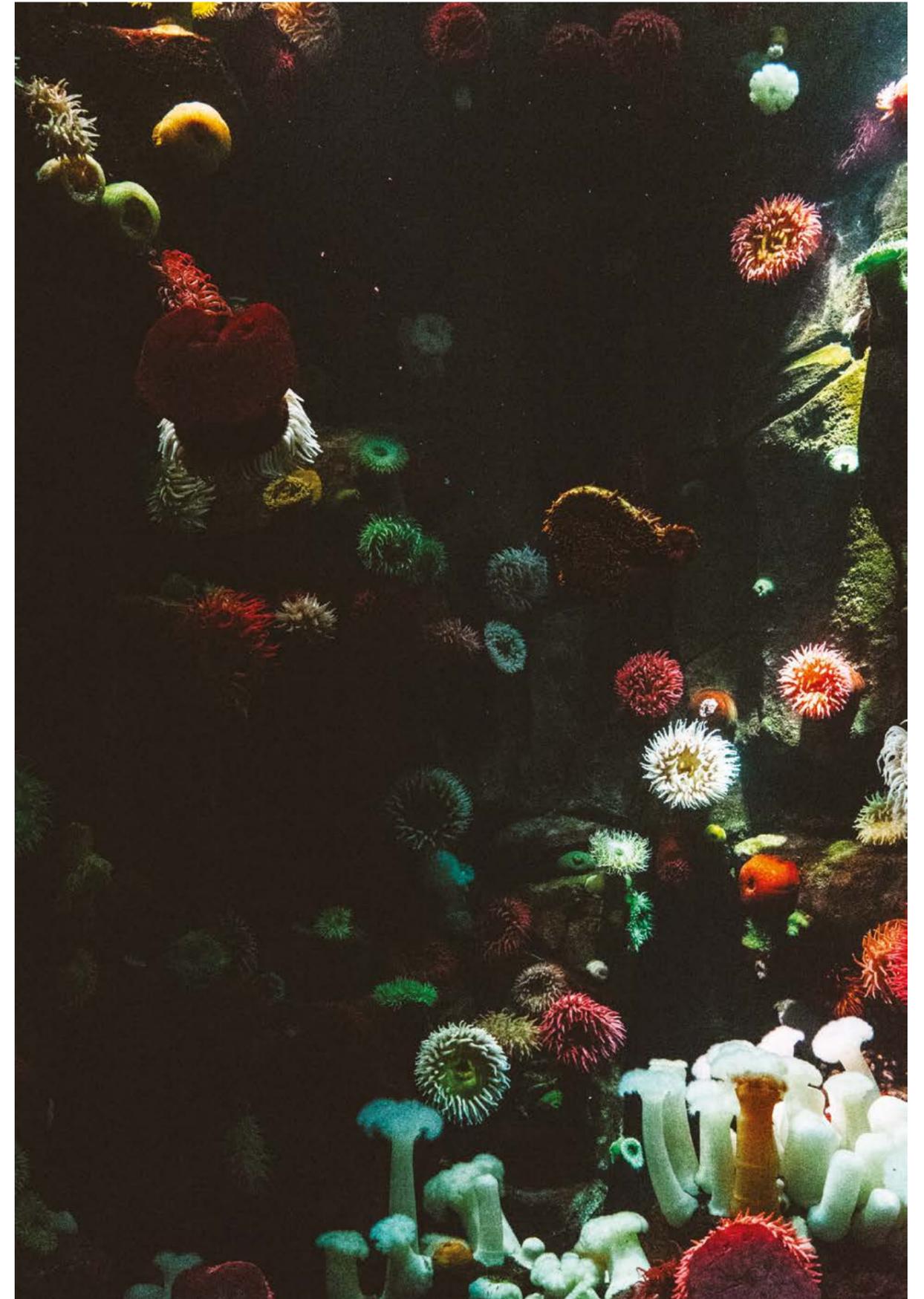
En esta diferencia de medio grado se centró el último informe que los expertos del IPCC presentaron en Katowice, Polonia, en diciembre de 2018. Allí los científicos dejaron bien claro que las consecuencias del calentamiento global no serán iguales si la temperatura asciende 2 °C o 1,5 °C respecto de la Era preindustrial. En ese medio grado se juega nada menos que el carácter irreversible de muchos de los impactos del cambio climático.

Irreversible o no

Sea cual sea el calentamiento, siempre habrá impactos. Pero ese medio grado tiene varias implicancias porque, por ejemplo, significa que desaparezcan completamente o no los arrecifes de coral. “Con 2 °C desaparecen totalmente. Con 1,5, desaparece el 80 %. Esta variación representa la diferencia entre un **cambio irreversible** -desaparición total- y un cambio reversible”, explica Camilloni.

Ese medio grado tiene varias implicancias porque, por ejemplo, significa que desaparezcan completamente o no los arrecifes de coral. Con 2 °C desaparecen totalmente. Con 1,5, desaparece el 80 %. Representa la diferencia entre un cambio irreversible -desaparición total- y un cambio reversible.

Además, ese medio grado implica que el océano Ártico quede completamente sin hielo durante el verano. Con 2 °C quedará **sin hielo una vez cada 10 años**. Y con 1,5 °C, una vez cada 100 años. Ese medio grado también significa que, con el aumento





ESE MEDIO GRADO TAMBIÉN SIGNIFICA QUE, CON EL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR, 10 MILLONES DE PERSONAS MÁS, QUE VIVEN EN ZONAS COSTERAS, QUEDEN EXPUESTAS A RIESGOS DE INUNDACIONES, DEBIDO AL AUMENTO EN LA FRECUENCIA DE ESTE FENÓMENO.

del nivel del mar, 10 millones de personas más, que viven en zonas costeras, queden expuestas a riesgos de inundaciones, debido al aumento en la frecuencia de este fenómeno.

“También impactará en la salud de la humanidad. No necesariamente una enfermedad que no existía con 1,5 °C va a comenzar a existir con 2 °C. Pero sí será mucho mayor su alcance, propagación y la cantidad de personas que serán afectadas”, detalla.

En términos generales, todos los fenómenos asociados al calentamiento global -olas de calor, aumento de la frecuencia de inundaciones, ascenso del nivel del mar- serán más frecuentes con 2 °C que con 1,5 °C.

El calentamiento en la Argentina

Las estadísticas oficiales indican que, en los 50 años que van desde 1960 hasta 2010, la temperatura media anual en Argentina se incrementó entre 0,5 °C y 1 °C. Esa variación, que no se dio en todo el territorio de manera uniforme, está asociada a un aumento en las temperaturas mínimas y no tanto en las temperaturas máximas.

Las estadísticas oficiales indican que, en los 50 años que van desde 1960 hasta 2010, la temperatura media anual en Argentina se incrementó entre 0,5 °C y 1 °C.

Este aumento de las temperaturas mínimas es consistente con el aumento de las concentraciones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), que inhiben el enfriamiento nocturno en casi todo el planeta durante el período de calentamiento global iniciado en la década de 1960.

Otros cambios se han evidenciado en nuestro país respecto a las temperaturas. Los inviernos se han hecho más benévolos, con mayor cantidad de días sin condiciones frías; los otoños tienden a parecerse al verano y no tanto al invierno; y en cuanto a las temperaturas extremas, han disminuido los días con heladas y ha aumentado la frecuencia de olas de calor en todo el norte y este del país. Toda esta evidencia le da la razón a aquellos que perciben que en los últimos años hay menos diferencia entre los inviernos y los veranos.

“No obstante, si miramos el mapa global vemos que la Tierra se calienta en promedio 1,5 °C y Argentina se calienta menos. Eso es lo que ha estado pasando hasta ahora. En



promedio, el aumento de la temperatura no es tan marcado en nuestro país. Pero así y todo, tiene consecuencias en la retracción de los glaciares y en la pérdida de caudal de agua de deshielo” indica la científica.

A su vez, entre 1960 y el año 2000, las precipitaciones medias anuales aumentaron en casi todo el país. Los mayores aumentos se registraron en el norte de la provincia de Buenos Aires, Entre Ríos y Misiones. En estas zonas las inundaciones han sido más habituales. Además se evidencian precipitaciones extremas (gran cantidad de agua en cortos períodos de tiempo) con mucha mayor frecuencia, sobre todo en el noreste de Argentina. “Tenemos proyecciones muy claras que indican que el aumento del nivel del río Paraná será mayor con 2 °C que con 1,5°C”, detalla la especialista.

“Los datos avalan que en Argentina tenemos olas de calor más frecuentes y con máximos cada vez más elevados. Esto viene pasando en los últimos años y las proyecciones muestran que los eventos extremos van a seguir ocurriendo”.

“Los datos avalan que en Argentina tenemos olas de calor más frecuentes y con máximos cada vez más elevados. Esto viene pasando en los últimos años y las proyecciones muestran que los eventos extremos van a seguir ocurriendo”, advierte.



Irreversibles 2

En el Acuerdo de París en 2015, los países consensuaron reducir sus emisiones en forma voluntaria en una proporción con respecto a lo que venían emitiendo. “Si se suman esas contribuciones y se hacen las cuentas de cuál sería la reducción de las emisiones, el aumento de la temperatura aún estaría entre 3 y 4 °C, muy lejos del objetivo de París”, indica Camilloni.

Si la humanidad supera estos niveles de calentamiento, las soluciones serán más complejas. “Todo depende de por cuántos grados nos pasemos y por cuánto tiempo. Porque si llegamos a los 3 °C nos quedaremos sin hielo en el Ártico, y aunque después volvamos a estar en 1,5 °C, el hielo no va a volver. No será lo mismo estar 30 años superando los 3 °C de calentamiento que estar sólo 5 años en esos niveles.”

“Todo depende de por cuántos grados nos pasemos y por cuánto tiempo. Porque si llegamos a los 3 °C nos quedaremos sin hielo en el Ártico, y aunque después volvamos a estar en 1,5 °C, el hielo no va a volver. No será lo mismo estar 30 años superando los 3 °C de calentamiento que estar sólo 5 años en esos niveles.”

Cuanto antes se inicien las acciones para limitar emisiones, menor demanda habrá de generar emisiones negativas. Las **emisiones negativas** son mecanismos para remover dióxido de carbono de la atmósfera. Una forma de remover este

gas de la atmósfera es por los procesos de forestación, es decir reforestar allí donde antes había árboles. La otra línea se denomina “aforestación”, que implica plantar árboles donde antes no había.

“Lo ideal es no tener que llegar a implementar este tipo de tecnología a una escala muy grande, porque tiene una veta muy problemática. Si uno tiene que ocupar enormes superficies de la Tierra para que absorban dióxido de carbono, puede generar controversias acerca de la competencia por el uso del suelo en la actividad agrícola y la producción de alimentos”, dice Camilloni.

La generación de energía a través de la quema de biomasa también genera dióxido de carbono. “Existe la tecnología para que ese dióxido de carbono no salga a la atmósfera, para capturarlo e inyectarlo en reservorios geológicos para que permanezca ahí. Pero eso tiene que ver con cuestiones de seguridad. Son tecnologías que generan muchas controversias”, agrega.

Los científicos advierten que el panorama ideal sería que la

temperatura ascienda y se estabilice en el grado y medio y no tener que llegar a implementar estas tecnologías en una escala tan masiva. Que se actúe lo antes posible para que las emisiones negativas no sean una solución imprescindible al calentamiento global.

Pero, ¿es posible? “Como autora del reporte, creo que sí es posible. No quiere decir que sea sencillo. Porque las acciones que hay que tomar, las transformaciones que hay que hacer en los métodos de producción, en la forma en que se genera energía, hacen que el desafío sea enorme. Ese es el rol de la ciencia, mostrar que algo se puede hacer, de qué forma se puede hacer. Pero las decisiones para llegar a eso vienen del sector político”, finalizó Camilloni.°

CUANDO LA SUSTENTABILIDAD ES UN BUEN NEGOCIO

Entrevista a una experta:
Virginia Vilariño

“El único negocio que va a sobrevivir en el futuro es el que responda a los desafíos sociales y ambientales y que conviva con su entorno de forma armoniosa.”

Hoy, el cambio climático ya no es cuestión sólo de científicos y expertos. Cada vez más sectores de la sociedad en el mundo están mirando atentamente los procesos asociados a este fenómeno y siguen de cerca la agenda de adaptación y mitigación propuesta por organismos internacionales y cristalizada en el Acuerdo de París (AP). Entre ellos, muchas empresas empiezan a ver que la sustentabilidad parece ser el mejor negocio. En esta entrevista, Virginia Vilariño nos cuenta todo sobre cambio climático y la sustentabilidad como único camino.

Vilariño trabaja desde hace siete años en el Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible (CEADS), la cámara empresaria que nuclea a 100 empresas nacionales cuya agenda exclusiva es la sustentabilidad, el desarrollo sustentable y el rol del sector privado en éste. “Promovemos que las empresas sustentables sean las más exitosas”, adelantó Vilariño a Meteoros.

M ¿Cómo surge y va cambiando la agenda de desarrollo sustentable?

V En el '92 (Cumbre de la Tierra, Río 92) la agenda era muy ambiental y se basaba específicamente en lo que es gestión ambiental más bien básica. Ser eficientes en el uso del agua, en el uso de la energía, minimizar la producción de residuos, etcétera. La agenda de sustentabilidad de hoy trata de seguir el mainstream global: los ODS (17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas), el Acuerdo de París, toda la agenda de acción climática, muy vinculada ya con la agenda energética. En ese sentido, la agenda gira en torno a la transición hacia energías renovables, a la difusión y la promoción de energía sustentable, a las medidas de mitigación frente al cambio climático. Es decir, entender los impactos que el cambio climático va a tener en todos los sectores y adaptarse a lo que inevitablemente va a suceder, aunque podamos limitar el aumento de temperaturas a las

metas del Acuerdo de París. Porque aunque seamos exitosos limitando las temperaturas a las consensuadas en el AP, hay impactos que ya son irreversibles.

“Aunque seamos exitosos limitando las temperaturas a las consensuadas en el Acuerdo de París, hay impactos que ya son irreversibles.”

Matriz energética, energías renovables, mitigación y adaptación al cambio climático están incluidas, integradas en la agenda de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible). Unos meses antes del Acuerdo de París, en septiembre de 2015, todos los países que integran Naciones Unidas acordaron lograr 17 objetivos de sustentabilidad hacia el año 2030 y 169 metas contenidas en todos los objetivos, con indicadores específicos para hacer el monitoreo del avance de esas metas. Cada gobierno debía adaptar sus políticas para alcanzar aquellos objetivos.

M ¿Qué mueve a una empresa a comprometerse con algo que no está directamente vinculado con la lógica de rentabilidad?

V Para las empresas, la agenda de sustentabilidad en general podría verse como una carga adicional -requisitos legales, ambientales, tratamiento de afluentes-. Nada sucede mágicamente, hay que invertir, por ejemplo, en una planta de tratamiento, cambiar el proceso para que sea más eficiente, cambiar la maquinaria, poner plata. Pero hoy, las empresas, por lo menos las que trabajan con el CEADS, ya no lo ven como una carga que tienen que



Virginia Vilarino es argentina. Licenciada en Ciencias Ambientales. Trabaja como asesora del Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sustentable y forma parte del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.

cumplir para operar en el país, lo ven como una ventaja competitiva dentro de su sector y más allá de su sector también. Hoy está claro que cualquier empresa que mire el largo plazo, que quiera seguir haciendo negocios por mucho más tiempo, crecer e innovar, sabrá que la sustentabilidad es la única forma de mantenerse competitiva y rentable en el tiempo. Esto explica el compromiso. Es un tema de gestión de riesgo.

Las empresas quieren anticiparse, quieren saber, entender qué impactos les deparan. Conocemos y difundimos los escenarios de cambio climático que desarrolló el Gobierno para la Tercera Comunicación Nacional. Hay gerentes de cadenas de valor que están mirando esos datos y se preguntan ¿Qué significa? ¿Me quedo sin trigo? ¿Se inundan los puertos y no puedo sacar o recibir productos?

“Si yo soy más eficiente, uso mejor los recursos, mi proceso es más competitivo, mis costos menores y tengo menos riesgo de quedarme sin insumos o depender de insumos que después no se si van a estar disponibles o a qué costo estarán.”

Nuestra posición es tomar a la ciencia como base y, ante el problema real, tomar decisiones basadas en ciencia. La agenda de adaptación tiene cero resistencia en el sector privado. Si es adaptarse, todos estamos en ese barco, ninguna empresa va a decir no me interesa lo que va a venir o no me interesa prepararme.

“La agenda de adaptación tiene cero resistencia en el sector privado. Si es adaptarse, todos estamos en ese barco, ninguna empresa va a decir no me interesa lo que va a venir o no me interesa prepararme.”

Ese es el rol del CEADS: poder traducir al lenguaje de las empresas estas grandes tendencias de la sustentabilidad, los desafíos que enfrenta el mundo en temas ambientales, sociales y económicos. Para que vean que, si en su producto y servicio incluyen la mirada de la sustentabilidad y ofrecen soluciones sustentables, productos y servicios sustentables, su negocio va a ser todavía mejor.

M ¿Qué lugar tiene, en este estado de cosas, la información meteorológica? ¿Nos explicarías algunas conclusiones del informe especial del IPCC publicado en octubre de 2018?

V En el IPCC participé de este reporte, “Calentamiento Global en 1,5 °C”, pero ya había participado antes, en el quinto informe de evaluación. Ahora comienza el sexto, donde también estoy convocada. El informe es un requisito de la Convención Marco de Naciones Unidas luego de firmar el Acuerdo de París, que establece limitar el aumento de temperatura a nivel global a menos de 2 °C y tender a limitarla a 1,5 °C (Ver nota de escenarios futuros).

Entonces se preguntaron: ¿Cómo se hace esto? ¿Es posible? ¿Qué se requiere? ¿Cuál es el beneficio de apuntar a 1,5 °C en lugar de apuntar a 2 °C? ¿Esto es lo que se le pregunta al IPCC en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible,

sin dejar fuera los objetivos en otros aspectos. Cómo hacemos para cumplir las metas climáticas pero sin dejar de lado el cumplimiento de las metas de desarrollo de los países. Esto es lo que el informe responde. El análisis es muy diverso e integra varias esferas o aspectos de lo que hace a la factibilidad, no es fácil decir si es posible o no. En algunos países se implementa muy rápido sin mayores complejidades y en otros todavía están intentando hacer lo mismo hace un tiempo. No hay una respuesta única e inequívoca.

El informe no puede ser “policy prescriptive”, es decir, tiene que ser neutral en términos de políticas, no puede decir “todos los países tienen que hacer esto” y esa es la mejor política que hay que asumir. Lo que hace es evaluar la producción científica. Aquello que no está analizado por la comunidad científica internacional no se puede decir.

El informe contesta todo lo que puede contestar y resalta dónde está el gap (brecha) de investigación y de información para aquello que no puede explicar. Lo que sí marca, en muchos capítulos, es un análisis de la diferencia existente entre 1,5 y 2 °C. La diferencia que hay en términos de impacto, qué impactos se pueden evitar si no superamos el 1,5 y qué beneficios vienen asociados al 1,5 y no al 2 °C.

M ¿Cómo lidiar con la idea de que la disminución en la emisión de gases de efecto invernadero va en contra del desarrollo de los países emergentes? ¿Qué es lo que realmente hace la diferencia en términos de mitigación?

V Para lograr las reducciones tan drásticas que requiere la meta de 1,5 o la de 2, no hay una bala de plata. No hay una medida que alcance. Necesitamos todas las medidas habidas y por haber, todas las medidas que existen extrapoladas a la máxima expresión. Con todo eso, quizás se pueda.

Desde separar la basura hasta el parque eólico más grande

que te puedas imaginar en la Patagonia. Todo, absolutamente todo, es necesario, no hay nada que podamos dejar de hacer hoy si queremos limitar el aumento de temperaturas a 1,5 o 2 °C. No hay un sector, una medida o grupito de medidas en las que podemos descansar para lograrlo. Hay medidas que son indispensables, porque sin ellas no vamos a lograr el objetivo. Una de ellas es implementar la energía renovable. La transición hacia energías renovables es condición sine qua non para limitar el aumento de temperaturas a nivel global.

Hasta ahora, los escenarios capaces de lograr el objetivo de limitar la temperatura a 1,5 °C o muy por debajo de los 2 °C, requieren de una descarbonización a nivel mundial.

“La transición hacia energías renovables es condición sine qua non para limitar el aumento de temperaturas a nivel global.”

Al inicio de este siglo, deberíamos haber descarbonizado la matriz energética mundial mediante medidas de eficiencia energética, con altísima participación de energías renovables. En este sentido, la energía nuclear en muchos países va a tener un rol, porque es una energía de emisión cero de CO₂.

M Una opción para disminuir la cantidad de CO₂ en la atmósfera es recurrir a su captura. ¿En qué consiste esta técnica?

V En lugar de emitir el CO₂ por la chimenea de la industria o de la central termoelectrónica, se reinyecta en yacimientos geológicos donde queda por siempre enterrado. Esto es muy cuestionado porque tiene que ser un yacimiento geológico especial donde sea seguro que no va a haber ninguna fisura. Ya hay identificados yacimientos en el mundo, hay escenarios muy avanzados.



“PARA LOGRAR LAS REDUCCIONES TAN DRÁSTICAS QUE REQUIERE LA META DE 1,5 O LA DE 2, NO HAY UNA BALA DE PLATA. NO HAY UNA MEDIDA QUE ALCANCE. NECESITAMOS TODAS LAS MEDIDAS HABIDAS Y POR HABER, TODAS LAS MEDIDAS QUE EXISTEN EXTRAPOLADAS A LA MÁXIMA EXPRESIÓN. CON TODO ESO, QUIZÁS SE PUEDA.”

Hay muchos científicos y también gobiernos que creen que no vamos a poder implementar todas estas medidas de eficiencia energética en el transporte, la gente consumiendo mejor en su hogar, todo el mundo con una dieta sustentable y saludable, todo el mundo reciclando, todas las medidas que hay que tomar y ya, porque la ventana es en los próximos años. Entonces, dicen “tengamos el plan B”. Si esto no funciona, si no logramos el plan rápido, el plan B son medidas consistentes en tecnologías más controvertidas de captura y secuestro de CO₂, ya sea en yacimientos geológicos o, por ejemplo, en productos de donde no salga. La manera más fácil, que no es cuestionada para nada, es la reforestación. Si vos reforestás todo el mundo, todos esos árboles que captan CO₂, conservás esos árboles, que nadie los talle, el CO₂ queda ahí en la madera. El carbono va a quedar ahí por un larguísimo ciclo de vida, 60 o 70 años.

Independientemente de todo lo que hacemos para emitir menos, igual tenemos exceso de carbono en la atmósfera, el CO₂ que ya hay en la atmósfera es demasiado. Todos estamos de acuerdo en la reforestación y va a ser necesaria. Las otras medidas son muy costosas y arriesgadas. ¿Por qué invertir en estas tecnologías arriesgadas si, por ejemplo, al invertir en eficiencia energética te ahorras plata? Invirtamos en energía renovable que no hay ningún riesgo, todos ganamos, pongamos la plata acá.

M ¿Que es la generación distribuida y cómo está Argentina respecto del tema?

V La generación distribuida es que las viviendas que instalan paneles solares generan su propia energía y a la vez inyectan energía a la red. Provincias como Salta, Santa Fe, Misiones, Entre Ríos, ya lo implementaron. Lo que sí salió es la ley a nivel nacional, ahora se está por reglamentar, después las provincias tienen que adherir.

En la mayoría de las provincias que yo conozco, hay un beneficio económico, porque ellos te pagan más por la energía que aportas que lo que te cobran por la que consumís. En Salta, por ejemplo, el kilovatio se paga el doble. En toda Europa, ese sistema fue el que más expandió la agenda de auto-generación de energía renovable.

M ¿Cómo estamos hoy en relación con la matriz energética en Argentina?

V Hace dos años, antes de la reglamentación de la ley de renovables, sacando la hidroeléctrica, que también es renovable, las otras energías en la matriz eléctrica eran de menos del 1 %. A fines del 2019, van a ser entre un 8 % y un 10 % y hacia el 2025 se espera que por lo menos, si no se excede la meta de la ley, sean un 20 %. De casi nada en 2016, vamos a llegar en poco tiempo, a un 20 % de energías renovables y eso es lo que la ley ya marca. Yo estoy segura de que se va a superar porque hoy la energía renovable en Argentina y en el mundo es muy competitiva.

Por eso digo que muchas empresas tienen como objetivo el ser 100 % energía renovable. Porque es competitiva y en unos años da previsibilidad, porque la energía renovable es una técnica que cada año baja su costo. La solar, por ejemplo, ha bajado tremendamente de costo. La tecnología sigue avanzando y el precio sigue bajando. El precio más o menos es seguro, no está sujeto a guerras en ningún lado, ni al precio internacional del petróleo, tiene muchos beneficios. El sol va a seguir saliendo, el viento seguirá soplando.

De a poco, por suerte, las medidas, acciones, comportamientos y los hábitos que hacen más sustentable la producción, las industrias y nuestro día a día, van a ir convergiendo con la conveniencia económica, los impactos sociales positivos, los impactos económicos. Es un beneficio para todos.°

ADAPTARSE: UNA CUESTIÓN DE ESTADO



**¿Qué puede hacer el Estado frente a los efectos que el cambio climático produce en la vida de las personas?
El rol de la meteorología en las políticas públicas claves que son tendencia en el mundo para reducir los impactos de este fenómeno.**

Por Julia Chasco

Políticas públicas y cambio climático

Todo aquello que sucede en el aire afecta a quienes habitamos la tierra. Cuando escuchamos hablar de “cambio climático”, sabemos que estamos hablando sobre determinados cambios en el comportamiento del medioambiente a causa de la acción directa o indirecta del hombre y el desarrollo de su vida en sociedad conforme avanzó la historia, especialmente desde el nacimiento de la Era Industrial. En las últimas décadas, el cambio climático se instaló en la agenda internacional con gran solidez formalizándose así la primera COP1 (Conferencia de las Partes o Conference of the Parties) en Berlín y en 1997 con la firma del Protocolo de Kyoto. ¿Qué significa esto? Podríamos decir que el cambio climático comenzó a ser, consensuadamente, lo que llamaremos “un problema global”.

El cambio climático es hoy, una cuestión de Estado. En políticas públicas, la definición del problema es muy importante ya que de allí se desprende todo el tratamiento que un gobierno determinado le dará a una temática específica, por acción u omisión. Los problemas en un Estado no suelen abordarse exclusivamente desde un solo ministerio o mirada. Estos son, en general, multicausales, multidisciplinarios y por tanto, las políticas que se implementen para solucionar dicho problema también serán diversas. Entonces, podemos decir que el cambio climático es, además de una cuestión de Estado, un tópico presente en la agenda pública.

Ahora bien, el Estado necesitará organizar las diversas políticas públicas que implementará para enfrentar al cambio climático de una manera planificada y racional. No nos alcanzaría el tiempo si nos propusiéramos listar la enorme cantidad y variedad de políticas públicas que podemos encontrar para intentar frenar el avance de este problema. Pero, podemos decir que una porción de esta lista interminable se divide en **políticas de mitigación** y **políticas de adaptación al cambio climático**.

Cuando hablamos de **políticas de mitigación**, nos referimos a las destinadas a la intervención humana para reducir las fuentes o aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero. Dentro de la mitigación también entran las intervenciones humanas para reducir las fuentes de otras sustancias que pueden influir directa o indirectamente al cambio climático, incluyendo, por ejemplo, las emisiones de partículas que pueden alterar directamente el balance de radiación (por ejemplo, el carbono negro) o las medidas que controlan las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes que pueden alterar la concentración de ozono troposférico, lo que tiene un efecto indirecto sobre el clima.

Según los expertos del Panel Intergubernamental sobre

el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) la mitigación es “una intervención antropogénica para producir el forzamiento del sistema climático. Incluye estrategias para reducir las fuentes de gases de efecto invernadero y las emisiones y mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero”. Es decir, todas aquellas acciones orientadas a frenar de alguna manera el cambio climático.

Cuando hablamos de **políticas de adaptación** nos referimos a “ajustes de sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados y sus efectos, que moderan el daño o explotan las oportunidades beneficiosas.” Es decir, estas medidas apuntan a trabajar sobre las consecuencias del cambio climático.

En conclusión, el primer tipo de políticas proponen acciones



para evitar que el problema siga avanzando. El segundo tipo acciona medidas para reducir sus impactos negativos en su estado actual y posible estado futuro.

Entonces, los Estados organizan, priorizan y evalúan la implementación de políticas públicas en las distintas aristas desde donde se puede abordar el cambio climático según sus posibilidades, intereses, consensos y recursos. Hay un detalle que no es menor: cada una de estas aristas se encuentra atravesada por el conocimiento y avance de la ciencia.

Argentina y la adaptación al cambio climático

En el 2016 se crea, a partir del Decreto 891/16, el Gabinete Nacional de Cambio Climático, que agrupa ministerios nacionales y otros organismos involucrados en políticas climáticas, con el objetivo de diseñar e implementar políticas públicas que reduzcan la emisión de gases y disminuyan los impactos negativos del cambio climático en mesas técnicas temáticas. Así, junto con el preexistente COFEMA (Consejo Federal de Medio Ambiente, que nuclea a los organismos provinciales de todo el país para debate y consenso de políticas ambientales), el Estado Nacional y las provincias participan de las medidas más apropiadas a implementar respecto del tópico, según los compromisos internacionales de nuestro país, asumidos en el Acuerdo de París (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).

De este Gabinete se desprenderá, luego, el Plan Nacional de Adaptación, y el Plan Nacional de Mitigación, que formarán el Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático. Ambos contienen Planes de Acción Sectoriales de Cambio Climático, entre los cuales encontramos actualmente el de “bosques y cambio climático”, “energía y cambio climático” y “transporte y cambio climático”. Cada uno de ellos contiene una proyección interanual que incluye hojas de ruta con líneas de acción para mitigar y adaptarse.

Cabe mencionar que el Gabinete Nacional incluye a la sociedad civil, académicos, sector privado y trabajadores en todo el proceso de construcción de estos planes mediante el mecanismo de participación en mesas ampliadas.

Este complejo engranaje organiza y logra objetivos para cumplir con nuestro compromiso como país, acordado en el marco de la Contribución Determinada Nacional (CDN) que, en palabras más sencillas, responde al compromiso de la Argentina bajo el Acuerdo de París. Es decir, nuestro granito de arena a la solución de un problema global.

La ingeniería de las políticas públicas sobre el cambio climático es compleja, dado que deben concretarse acuerdos

en el escenario nacional, provincial y municipal para dar cumplimiento a los compromisos internacionales. Muchas veces en la historia, estos diferentes niveles no van de la mano. Dichos acuerdos, en el ámbito nacional, no sólo involucran al Estado como actor principal que regula e implementa medidas a través de cada uno de sus poderes, sino que también deben impulsar la toma de decisión en el sector privado, cuyos intereses no siempre se alinean. Sin embargo, recomendamos al lector sumergirse en la nota de este número vinculada a desarrollo sustentable, donde se trata este tema y se intenta analizar la relación entre la sustentabilidad y la rentabilidad de las empresas.



Cambio climático, políticas públicas y meteorología

La meteorología y sus instituciones tienen un rol fundamental en lo que respecta al cambio climático. Este número dedica páginas enteras a explicarlo. Pero ¿cuáles son las medidas

vinculadas con las tareas de los servicios meteorológicos que pueden favorecer la adaptación del cambio climático?

Podemos destacar al menos tres medidas fundamentales en las que es vital invertir para atenuar los impactos del cambio climático: ampliación de redes de monitoreo y observación, fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana y fortalecimiento de los servicios climáticos. Estas medidas ayudarán a optimizar y ampliar los sistemas de alerta temprana sobre lluvias intensas, inundaciones y olas de calor y de los sistemas de respuesta y recuperación ante desastres de origen climático; enriquecer, conservar, restaurar y



manejar, de manera sostenible, los bosques nativos; ampliar la superficie agrícola bajo irrigación y mejorar la eficiencia de la gestión del recurso hídrico; mejorar el proceso de toma de decisiones en “manejo de cultivos”; reducir la vulnerabilidad y fortalecer los procesos de gestión de salud vinculados a impactos directos e indirectos del cambio climático. Finalmente, implementar medidas estructurales y no estructurales para hacer frente a los eventos extremos, la promoción de la conservación de la biodiversidad y la adaptación basada en el ecosistema.

“Listos para el tiempo, preparados para el clima” (Weather ready, climate smart) fue el lema de la Organización Meteorológica Mundial el 23 de marzo de 2018, día aniversario de su fundación. De este modo, la OMM y sus miembros se manifestaron a favor de la agenda mundial de desarrollo sostenible, adaptación al cambio climático y reducción de desastres. El lema llamó la atención sobre algo fundamental: hay impactos que ya no somos capaces de evitar, sin embargo, es deseable y necesario que los Estados implementen las medidas necesarias para estar preparados para el clima futuro.

¿A qué hay que adaptarse?

Según los estudios realizados en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, algunas de las consecuencias observadas a causa del cambio climático son:

- En el periodo 1960-2010 se observó un aumento de la temperatura media en la mayor parte de la Argentina, de alrededor de 0,5 °C, llegando a superar 1 °C en algunas zonas de la Patagonia, y registrándose un aumento de los días con olas de calor y una reducción en el número de días con heladas.
- En lo que respecta a precipitaciones, se observaron aumentos en el este del país ocasionando mayor frecuencia de inundaciones de gran impacto socio-económico. Para el resto del Siglo XXI, se proyectan aumentos en la frecuencia de eventos de precipitaciones intensas.
- Se observó una disminución de las precipitaciones en la zona cordillerana y de los caudales de los ríos cuyanos.
- Se prevé la aceleración de los procesos de desertificación con menor eficiencia del uso del agua por parte de los sistemas ecológicos, disminución de la capacidad productiva, pérdida de suelo y de nutrientes, y corrimiento o reducción de la distribución geográfica de algunas especies.
- Casi todos los glaciares de los Andes patagónicos entre los 37 °S y 55 °S han estado retrocediendo durante las últimas décadas. Cabe destacar que son esperables mayores cambios en la composición y dinámica de los ecosistemas de la región debido a la ocurrencia de períodos de sequía más intensos y/o prolongados.
- Con relación a la costa marítima del país, donde se

realizan numerosas actividades que la convierten en un sistema altamente dinámico, el cambio climático podría afectar debido al aumento de la temperatura del agua, los cambios en la circulación de las corrientes marinas y el ascenso del nivel medio del mar.º

Revisión: Maria Peralta Ramos y Lucas Di Pietro.

Fuentes consultadas:

Charles D. Elder, Roger W. Cobb (1996), “Formación de la agenda” en “Problemas públicos y agenda de gobierno”, Luis F. Aguilar Villanueva (editor), Miguel Ángel Porrera, 1993.

Website del IPCC
<http://www.ipcc.ch/about/index>

Website de la Información Legislativa (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos)
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/260000-264999/263772/norma.htm>

Website del Plan Nacional de Adaptación
www.argentina.gob.ar/que-es-el-cambio-climatico/plan-nacional-de-adaptacion

Website de la Tercera Comunicación Nac. de Cambio Climático
<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/sustentabilidad/cambioclimatico/comunicacionnacional/tercera>

INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Los protagonistas del efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI) nos acompañan desde hace miles de años y la vida en el planeta Tierra no sería la misma si no contáramos con ellos. Pero, ¿por qué se han vuelto populares en las últimas décadas?



Fotografía
Estación VAG Ushuaia

Definición general Los protagonistas del efecto invernadero

Un gas de efecto invernadero es una sustancia gaseosa que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación proveniente de la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes.

La atmósfera es completamente transparente a la radiación de onda corta que llega desde el Sol (como la ultravioleta o la luz visible), la cual alcanza la superficie terrestre y la calienta. Sin embargo, no se comporta de igual manera para la radiación de onda larga (como la infrarroja), proveniente de la superficie de la Tierra, océanos y hielos.

Los GEI absorben este tipo de energía en forma de calor, lo que aumenta la temperatura de las capas más bajas de la atmósfera, donde la concentración de estos gases es mayor. Este proceso ocurre de manera natural y es el que permite la vida como la conocemos. Se estima que si no ocurriera, la temperatura media de la Tierra sería 33 grados menor (es decir, cercana a los -18 °C).

Desde la Revolución Industrial, las diversas actividades humanas han contribuido a un aumento significativo de las concentraciones de los GEI. A su vez, se han sumado a la atmósfera nuevos componentes sintéticos provenientes directamente de los procesos industriales.

La atmósfera está compuesta en un 98 % por nitrógeno (N_2) y oxígeno (O_2). Sin embargo, por sus propiedades físicas estos gases no participan de la absorción de la radiación, ya sea solar o terrestre. Al 2 % restante lo conforman, principalmente y en diferentes proporciones, el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). A estos compuestos que son naturales y propios de la atmósfera, se le suman los emitidos como producto de la creciente y continua actividad antropogénica. Los clorofluorocarbonos (CFCs) y sus sustituyentes gases fluorados (HFCs), si bien se encuentran en cantidades pequeñas, tienen un gran impacto en la temperatura del planeta.

Los GEI y su origen

Naturales y antropogénicos, todos los actores involucrados tienen su cuota de responsabilidad en el aumento del efecto invernadero. Pero, ¿de dónde provienen y por qué sus concentraciones alcanzaron niveles críticos?

VAPOR DE AGUA

Es el gas de efecto invernadero más abundante de la atmósfera. El crecimiento de sus concentraciones se debe en mayor medida al aumento de la temperatura que a procesos industriales. A mayor temperatura, más vapor de agua, lo que conlleva a una mayor radiación retenida y un posterior calentamiento de las capas gaseosas que rodean a la Tierra. Sin embargo, parte del vapor de agua se condensa en nubes, que ayudan a reducir la cantidad de radiación que llega la superficie gracias a sus propiedades reflectivas.

DIÓXIDO DE CARBONO

Si bien la biósfera terrestre y los océanos son grandes productores de CO_2 , la revolución industrial alteró enormemente la cantidad de dióxido de carbono que es liberado hacia la atmósfera, el cual tiene una vida media variable entre 100 y 150 años. La quema de combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo) y la deforestación son las principales causas antropogénicas del aumento de las emisiones.

METANO

Si hay un gas propio de la atmósfera que es poderoso a la hora de absorber radiación, este es el CH_4 . Con una vida útil relativamente corta (entre 15 y 20 años), tiene su origen en la agricultura, el manejo de residuos y todo el proceso de producción, refinación, transporte y almacenaje de gas y petróleo. A nivel mundial, más del 60 % de las emisiones de metano son de origen humano.

ÓXIDO NITROSO

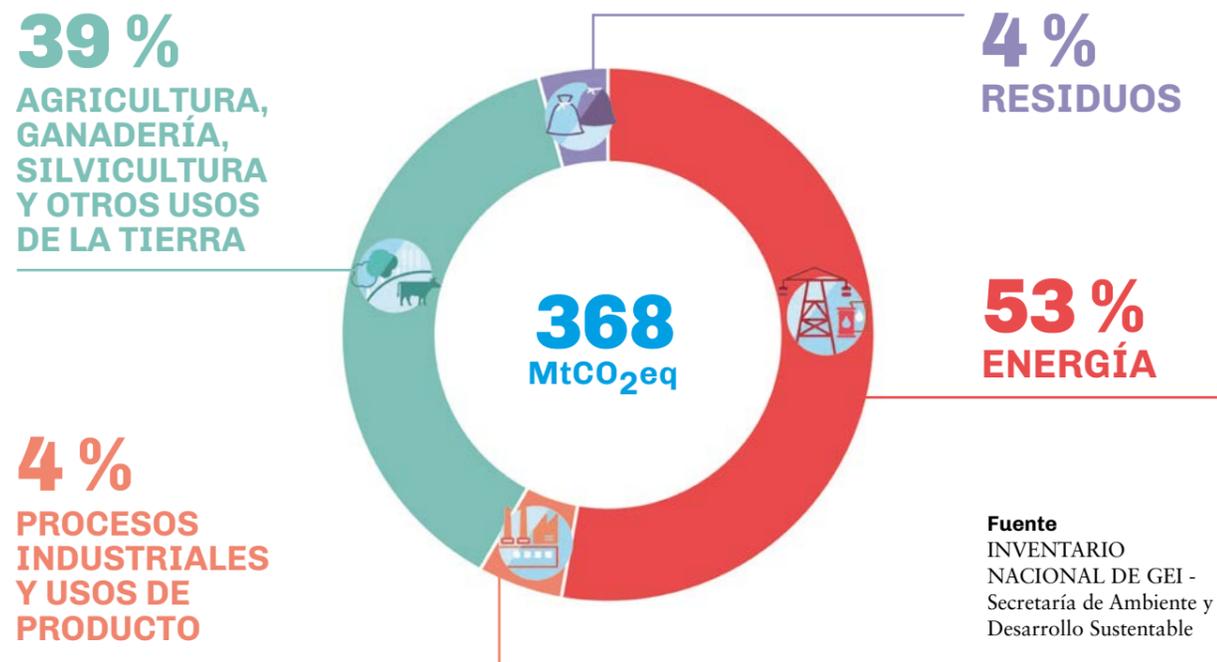
Con una persistencia promedio de 120 años en la atmósfera, se forma a partir de diversos procesos asociados al ciclo del nitrógeno, como procesos microbianos en suelos y océanos. Sin embargo en los últimos 200 años sus niveles alcanzaron valores extremos, principalmente debido a la quema de combustibles, los fertilizantes y la agricultura.

CLOROFUOROCARBONOS

Estos derivados de hidrocarburos no tienen fuente natural, sino que son sintetizados para su uso como refrigerantes, propelentes de aerosoles y productos de limpieza. Debido a su capacidad de destruir el ozono estratosférico (la protección natural de los rayos ultravioletas), fueron reemplazados en las últimas décadas por los hidrofluorocarbonos. Aunque ya no se los utiliza, podrán encontrárselos en la atmósfera por más de 10 mil años.

HIDROFLUOROCARBONOS

Surgieron como reemplazo de los CFCs ya que tienen una vida media útil (alrededor de 200 años) y una capacidad de absorber radiación mucho menor. Sus principales orígenes se hallan en la generación de refrigerantes, la transmisión y distribución de la energía eléctrica y la producción de acero.



La Argentina y los gases de efecto invernadero

Desde 1994, año en que se ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), nuestro país se comprometió a reportar un inventario nacional de GEI y establecer programas de mitigación y adaptación al cambio climático.

En el último inventario, presentado en 2017, se realizó un análisis de los gases emitidos y absorbidos de la atmósfera durante el período 2012-2014 en territorio argentino.

Datos curiosos

¿QUÉ ES EL POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL?

El potencial de calentamiento global (PCG) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por los GEI en la atmósfera en un determinado período de tiempo de referencia (el "horizonte de tiempo"), en comparación con un gas de referencia (que suele ser el CO₂). El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) determinó este índice ya que no todos los gases absorben la radiación infrarroja de la misma manera ni tienen igual vida media en la atmósfera. Tomando 100 años como horizonte de tiempo, cuanto más alto sea el PCG que produce un gas, mayor será su capacidad de retención del calor en la atmósfera. °

GAS	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG) HORIZONTE DE TIEMPO: 100 AÑOS
Dióxido de Carbono	1
Metano	21
Óxido Nitroso	310
Clorofluorocarbonos	6500 - 9200
Hidrofluorocarbonos	140 - 11700

Fuente Segundo Reporte, IPCC, 1995. http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php

¡HACÉ TU PROPIO MEDIDOR!

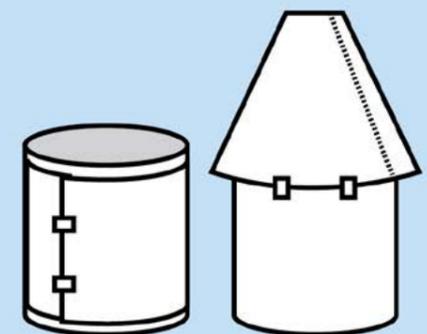
MEDÍ LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

1



1. Conseguir una lata, un filtro de café, una hoja blanca (tipo dibujo) y una cinta adhesiva.

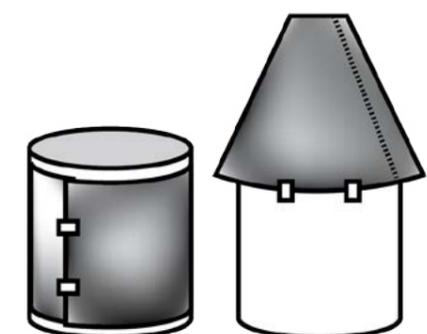
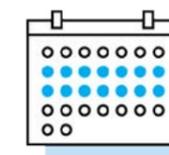
2



2. Con el papel o el filtro, cubrimos la lata, dejándola al aire libre durante un tiempo, en un lugar que la proteja de la lluvia.

¿Cómo medimos?

Pasadas dos semanas, podremos comprobar que el papel ha cambiado de color, debido a las impurezas que hay en el aire. Cuanto más oscuro esté, mayor será el grado de contaminación.





A B C DEL CAMBIO CLIMÁTICO

ADAPTACIÓN

Ajuste de sistemas naturales o humanos en respuesta a variaciones climáticas observadas o esperadas y sus efectos, que moderan el daño o explotan las oportunidades beneficiosas.

AEROSOLES

Sustancias en suspensión en la atmósfera, divididas en partículas sólidas o gotas líquidas.

ANTROPOGÉNICO

Que es el resultado de la actividad humana.

CAMBIO CLIMÁTICO

Un cambio en el estado del clima que se puede identificar (por ejemplo, mediante tests estadísticos) por los cambios en la media y/o variabilidad y que persiste durante un período de tiempo prolongado, de décadas o más. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a forzantes externos, o a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) define al cambio climático como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad climática natural observada en períodos de tiempo comparables”. Esta Convención distingue de esta manera, cambio climático, atribuible a las actividades humanas que alteran los componentes de la atmósfera, de variabilidad climática, adjudicable a causas naturales.

CLIMA

En el lenguaje popular se lo usa frecuentemente como sinónimo de estado del tiempo, pero en su sentido estricto, el clima describe las condiciones meteorológicas predominantes en una región durante un período extenso. La OMM considera 30 años como la norma climatológica para los cálculos de las estadísticas. Las cantidades medidas más importantes suelen ser variables de superficie como la temperatura, la precipitación y el viento.

DIÓXIDO DE CARBONO

Un gas natural, también es un subproducto de la quema de combustibles proveniente de depósitos de carbón fósil (como el petróleo, el gas y el carbón), de la quema de biomasa, de los cambios en el uso del suelo y de los procesos industriales (por ejemplo, la producción de cemento). Es el principal de los gases de efecto invernadero de origen antropogénico que afecta el equilibrio radiativo de la Tierra.

EL NIÑO – OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS)

Hacia fines de cada año se observa una corriente oceánica cálida que ingresa a las costas de Ecuador y norte de Perú. Localmente se le denomina la corriente de “El Niño” en referencia al Niño Jesús, dado que su llegada a dichas costas suele ocurrir en fechas cercanas a la Navidad. El Niño se identifica con un calentamiento en la cuenca del océano Pacífico ecuatorial. Este calentamiento tiene un gran impacto en variables atmosféricas como la presión, el viento y la precipitación entre otras. Estos impactos no sólo ocurren en la región del Océano Pacífico, también en muchas otras partes del globo a través de lo que se conoce como teleconexiones. En el caso de haber un enfriamiento en la misma región, por ser el fenómeno opuesto a El Niño, se lo denomina La Niña.

EFEECTO INVERNADERO

Proceso a partir del cual la absorción de la radiación infrarroja por la atmósfera calienta la atmósfera y superficie de la Tierra. Este es un proceso natural y muy importante para asegurar un medio ambiente propicio para la vida en el planeta. La intensificación antropogénica del efecto invernadero a través de emisiones de gases como el dióxido de carbono, contrariamente, desestabiliza el equilibrio establecido en los últimos siglos.

ESCENARIO CLIMÁTICO

Representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas y suposiciones de forzamiento radiativo, típicamente construidas para uso explícito como insumo para los modelos que analizan los impactos esperables del cambio climático.

ESCENARIO DE EMISIÓN

Representación plausible del desarrollo futuro de emisiones de gases de efecto invernadero. Los escenarios de concentración de estos gases en la atmósfera, derivados de los escenarios de emisión, se utilizan como entrada de los modelos climáticos para calcular las proyecciones de posibles climas futuros.

ESTADO DEL TIEMPO

A diferencia del clima, refiere al estado de condiciones meteorológicas como la temperatura, la presión del aire, la humedad, el viento, entre otras, para un momento y lugar determinados.

GASES DE EFECTO INVERNADERO

Constituyentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación a longitudes de onda específicas dentro del espectro de la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, por la atmósfera misma y por las nubes.

MITIGACIÓN

En el contexto de cambio climático, la mitigación es una intervención en las actividades humanas para evitar el cambio climático. Incluye estrategias para reducir las emisiones y mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero.

PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC)

Un panel establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) que tiene el objetivo de evaluar la información científica, técnica y socioeconómica relevante para la comprensión del cambio climático, sus impactos potenciales y opciones de adaptación y mitigación.

PROTOCOLO DE KYOTO

Es un protocolo adoptado en la tercera Sesión de la Conferencia de las Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en 1997 en Kyoto, Japón. Entró en vigencia el 16 de febrero de 2005.

PROYECCIÓN CLIMÁTICA

La respuesta calculada del sistema climático a las emisiones o escenarios de concentración de gases de efecto invernadero y aerosoles, o escenarios de forzamiento radiativo, a menudo basados en simulaciones por modelos climáticos. Estas proyecciones climáticas dependen no solo de la calidad de los modelos climáticos utilizados, sino que también están sujetas a suposiciones específicas en lo que respecta a desarrollos socioeconómicos y tecnológicos futuros.

RESILIENCIA

La capacidad de un sistema social o ecológico para absorber las perturbaciones sin modificar la estructura básica y formas de funcionamiento, conservando la misma capacidad de autoorganización y la misma capacidad para adaptarse al estrés y al cambio.

VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Variaciones en la media y otras estadísticas (por ejemplo, desviaciones estándar, la frecuencia de ocurrencia de extremos, entre otros) de variables atmosféricas y oceánicas en todas las escalas temporales y espaciales. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales dentro del sistema climático o variaciones en el forzante externo natural o antropogénico.

CAMBIO CLIMÁTICO

Encuentra las palabras principales

E	M	A	R	N	B	S	Q	T	C	V	O	O	S	D	T	O
E	M	R	T	I	A	O	G	I	Q	X	D	E	U	I	E	W
Y	U	I	J	N	I	M	U	E	N	E	O	O	S	M	M	L
V	C	Y	S	M	L	E	Y	M	O	W	O	S	T	R	P	Y
O	O	M	A	I	E	A	K	P	B	A	Y	O	E	I	E	U
U	U	R	N	E	O	T	O	O	O	D	H	Z	N	S	R	H
I	A	X	B	U	H	N	A	D	L	A	E	G	T	A	A	M
X	E	H	J	O	H	B	E	N	B	P	Z	U	A	T	T	A
T	O	R	M	E	N	T	A	S	O	T	G	A	B	E	U	A
R	E	S	I	L	I	E	N	C	I	A	J	B	L	L	R	U
Q	A	O	C	D	A	Y	H	I	R	C	I	U	E	I	A	A
U	B	Y	I	N	K	A	B	P	I	I	Q	Y	S	T	A	Z
Q	A	C	D	X	I	E	U	C	F	O	U	O	E	E	E	I
C	L	I	M	A	Y	Q	O	C	K	N	I	S	Z	S	Y	U
P	S	G	A	C	A	R	B	O	N	O	E	I	G	O	Y	Y
Q	R	A	N	T	R	O	P	O	G	E	N	I	C	O	N	U
A	E	R	O	S	O	L	E	S	K	L	S	Y	M	Q	R	O

- | | | | |
|----------------|------------------|----------------|---------------|
| 1. Satélites | 5. Antropogénico | 9. IPCC | 13. Clima |
| 2. Resiliencia | 6. Sustentable | 10. Adaptación | 14. Tormenta |
| 3. Carbono | 7. Metano | 11. Emisiones | 15. Aerosoles |
| 4. Temperatura | 8. Tiempo | 12. Ozono | 16. Mar |

EL TIEMPO DE LOS ARGENTINOS

***Seguinos en nuestras
redes sociales:***

