

MESA 2: Rellenos en la Ribera de la Ciudad Metropolitana

DR. MARIO NÚÑEZ

Licenciado en Ciencias Meteorológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Doctor en Ciencias Meteorológicas, Universidad de Buenos Aires. Miembro Titular de la Academia Nacional de Geografía. IPCC *Lead Author*. Profesor Emérito de la Universidad de Buenos Aires. Investigador Superior del CONICET. Docente de la Universidad de Buenos Aires desde 1968.

Exposición:

Me propongo dar un panorama general de clima y cambio climático. Todo el mundo comenta hoy sobre el cambio climático y calentamiento global. Es un tema no solo de interés científico, ahora está muy presente en la conciencia popular, incluso por los impactos que ya estamos teniendo.

El clima está cambiando desde siempre, el clima no ha sido constante, pero cambia en escalas de tiempo muy largas, en escalas de tiempo que superan los 100 años y pueden llegar a millones de años. Los climas pasados han quedado grabados sobre el paisaje y han influenciado en la evolución de la vida en todas sus formas.

Se pueden obtener información sobre diferencia de los climas pasados, por ejemplo, analizando los deshielos de la Antártida, los sedimentos de las costas... En periodos más cortos se pueden ver a través de los anillos de los árboles. Es decir podemos tener una idea de cuales fueron las condiciones por lo menos de temperatura y de precipitación, aunque no haya habido estaciones meteorológicas de medición.

Vamos a hablar de lo que son cambios climáticos naturales y después vamos a hablar de cambio climático antropogénico, que es el que nos preocupa.

En realidad ya no se usa el concepto de clima, de lo que se habla es de sistema climático. El sistema climático es un sistema que está compuesto por 5 componentes: la atmósfera, los hielos que tiene el planeta, los océanos, los suelos y la vegetación. Es un sistema porque sus componentes interactúan entre si y como resultante tenemos el clima.

El sistema ha sido afectado en escalas de tiempo muy largas por: los cambios en las placas tectónicas, los cambios en la órbita de la tierra alrededor del sol, los cambios en la radiación, que han provocado climas muy distintos, pero en períodos muy largos. Este impacto sobre los componentes del sistema termina modificando a los mismos componentes, la atmósfera, la vegetación, los hielos, los océanos y los continentes.

Lo que tenemos son forzantes externos y las respuestas internas, esto en periodos muy largos.

En el gráfico hay 4 rectángulos, acá dice frío caliente – frío caliente. Esta escala vertical es la del tiempo. Estamos hablando de 300 millones de años. Este sería el tiempo presente y vamos hacia atrás 300 millones de años. Lo que estamos viendo es que ha habido, del periodo más cálido al período más frío, una diferencia del orden de 10° , en la época que estuvieron corriéndose las placas que constituyen la cobertura terrestre.

Desde el presente a 300 millones de años atrás, ha habido solamente un valor máximo que tiene que ver con las variaciones de la órbita terrestre alrededor del sol. Las variaciones han sido muy grandes y tenemos la misma diferencia de 10° . Continuando tenemos también un problema de desglaciación en una escala del orden de los 1000 años, donde se ve que ha habido un calentamiento y enfriamiento hasta la proximidad de la era actual, donde el clima se ha mantenido más o menos constante.

Por último aquí tenemos lo que sería la información histórica, para que tengan una idea esto sería de 1900 años A.C., este es el 1400 pero también ha habido variaciones, dentro de 1° , 3° , 10° . Estos son cambios naturales.

El clima ha cambiado desde siempre, el problema que se plantea ahora es si los cambios que estamos teniendo son naturales o no.

Quiero referirme al sistema climático, si yo modifico las placas o sea las placas del continente, entonces lo que va a ocurrir es que voy a tener cambios en las componentes del sistema climático y tendré un nuevo clima.

Estos serían los cambios climáticos en la escala tectónica, en la escala donde cambiaron las placas. Aquí aparecen las esferas de la tierra 1,2,3,4,5 y en esta escala está el número de millones de años. En las que están más arriba, más próximas a la era actual, está la distribución de los continentes como hoy la conocemos, si uno va hacia atrás, hay otra distribución de los continentes que está bastante aceptada. Aquí está el Dr. Codignotto que es geólogo y puede hablar un poquito más de esto. Sudamérica prácticamente estaba embutida en lo que sería luego África. La última esfera es la que no está muy clara.

Cada distribución continental de éstas ha terminado influenciando el sistema climático, modificando las componentes y dando un clima distinto.

Este gráfico es lo que hemos visto de 300 millones de años y la variación es del orden de 10° . Esto es millones de años antes del presente, ésta es la hipótesis de trasposición

polar, es decir incluso la posición del polo sur ha ido migrando. Aquí se ve perfectamente, como si estuvieran encajados en un rompecabezas, Sudamérica y África. ¿Qué pasa si cambiamos la órbita de la tierra alrededor del sol? Esto va a dar origen a cambios en la radiación, esto es la cantidad de energía que llegará al sistema y terminará provocando cambios en las 5 componentes del sistema climático.

Este es un esquema donde estamos mostrando cuál es la posición de la tierra, cuál es la posición del sol, la tierra que está girando. La distancia que hay entre la tierra y el sol está determinada y esto va a determinar la cantidad de radiación que llega al sistema y esto va a determinar cuáles son las temperaturas. Pero si esto se modifica, y se ha modificado, hemos tenido lo que se llama excentricidad de la órbita, obviamente la cantidad de radiación que llegó a la tierra fue distinta y esto provocó un clima distinto. Entonces se dio un cambio natural. Estos cambios se produjeron en el orden de cientos, miles ó millones de años.

Otra cosa que tiene que ver con la geometría de la tierra y el sol es la inclinación del eje de rotación, que no tuvo siempre la misma inclinación. Este ángulo se sigue modificando y la cantidad de radiación que ha llegado es distinta y ha provocado un clima distinto.

En la escala que tiene que ver con la radiación solar, estamos hablando de cambios de clima que tienen sitios típicos entre 20.000 y 400.000 años. La más larga de la que hemos hablado es de 300 millones de años, que es la escala que tiene que ver con las placas tectónicas.

Aquí hay un esquema de la distribución de hielos en el planeta hoy y, esta otra, 3000 mil años atrás. Antes los hielos estaban prácticamente extendidos por toda la esfera terrestre, o sea de allí hacia aquí ha sido el pasaje de la desglaciación.

Este es un tema de cambios naturales, Debemos aceptar que el clima no ha sido constante a través de los años, solo que los cambios se han dado en periodos muy largos de tiempo. Vamos a ver lo que está pasando ahora y para ello tenemos que ver el cambio observado, qué está ocurriendo con la composición de la atmósfera. Todos tienen idea del problema de los gases de efecto invernadero.

La tierra está envuelta por la atmósfera, la atmósfera tiene gases que la componen y algunos de esos gases son permeables a la radiación solar o son permeables a la radiación terrestre.

Como la composición es aproximadamente constante, con los distintos gases, entonces nosotros tenemos las condiciones climáticas que conocemos hace por lo menos 200 o 300 años.

Pero qué ocurre si cambia la composición de los gases de la atmósfera y de alguna manera aumenta la concentración de gases de invernadero. Lo que está pasando es que tenemos gases que ya no son tan permeables a la radiación solar. La tierra se calienta durante el día y durante la noche emite radiación terrestre en onda larga que escapa al espacio, no totalmente. Porque tengo los gases de invernadero, parte es atrapada. Esa radiación que se atrapa es lo que nos está dando la temperatura que tenemos.

Pero si hay un aumento de los gases de invernadero voy a atrapar más radiación, en consecuencia, lo que voy a tener es una temperatura mayor. Ése es el problema muy conocido como la emisión de gases de invernadero que modifica la temperatura.

Esto se inicia en el comienzo de la era industrial. En 1750, los gases de invernadero se incrementan justamente por la emisión del CO_2 por la quema de combustibles fósiles.

Acá tengo un gráfico de 1860 al año 2000. Es un gráfico de un promedio global de la temperatura de la tierra, cómo en todos los puntos en la tierra se ha visto como ha ido evolucionando la temperatura. Lo que estamos graficando acá no son valores de temperatura sino diferencias con respecto a un valor medio que se tomó arbitrariamente como la temperatura media del periodo 1960 al año 1990.

En general año a año tenemos valores máximos y mínimos, pero podemos decir que la curva continua se mantuvo hasta aquí más o menos dentro de ciertos valores. En el año 1750 comienza un aumento de la temperatura muy marcado y esto coincide con el aumento de los gases de efecto invernadero.

Siempre nos preguntan, si tenemos un calentamiento y un cambio climático ¿por qué se sufre tanto frío en invierno y se muere gente de frío en Europa? Independientemente de la tendencia que va aumentando, año a año hay fluctuaciones. Puede ser que haya valores extremos, inviernos muy fríos o muy calientes, pero está aumentando la temperatura promedio y eso es un cambio que le estamos achacando a las emisiones de gas de efecto invernadero. Es un cambio que no es natural, es un cambio antropogénico.

Este es un gráfico con los cambios de temperatura entre los años 1981-2000. Ésta es otra composición de imágenes de satélite. Los colores están dando valores de cambio, para que tengan una idea aquí está dando un valor positivo de 0.2, éste es un valor negativo de - 0.2. Lo que están marcando los colores es cuánto aumentó o disminuyó la temperatura en este período 1981-2000.

Los colores de aumentos son amarillos, marrones, rojos. En general el planeta está mostrando que habría un calentamiento que es global. No hay prácticamente lugares donde haya habido enfriamiento. Entonces en ese período está clarísimo que toda la tierra está experimentando un aumento de temperatura.

Si miramos la lluvia, éstas son lo que se llama tendencias de la precipitación. La tendencia es un valor que puede ser positivo o negativo, de acuerdo a si la lluvia aumenta o la lluvia disminuye. ¿Qué dice la tendencia desde el año 1900 al 2000? Esto está hecho para un período de 100 años y está graficado de una manera muy simple que son círculos de colores. El círculo marrón está implicando que la tendencia es negativa, quiere decir que en ese punto la precipitación en ese período de 100 años está disminuyendo y los verdes están indicando que la lluvia está aumentando. Cuanto mayor es el radio, mayor es la disminución o el aumento.

Sabemos que las precipitaciones en la pampa húmeda están aumentando, esto hace bastante tiempo, aquí se muestran los últimos 100 años, esto está indicado con estos círculos verdes. Todo está indicando que aquí hay mayor cantidad de precipitaciones.

En cambio en Chile, en la costa chilena, todo esto lo sabemos muy bien, hace 100 años que ellos están teniendo pérdida. Acá está pasando algo, y éste es un cambio que no es natural.

¿Qué está pasando en la Argentina? Nosotros tenemos la costumbre de graficar con circulitos y colores que facilitan la comprensión. Estas son tendencias de las temperaturas, para temperaturas máximas y temperaturas mínimas. Los colores que van hacia el rojo y marrón son aumentos y los que van hacia el azul, son disminución.

Miremos qué pasa con la temperatura máxima en 2 estaciones del servicio meteorológico. La temperatura máxima tiene muchos círculos celestes lo que está indicando es que las temperaturas máximas están disminuyendo en la Argentina.

Si vamos a la mínima, tenemos amarillos, naranjas y esto está mostrando que la temperatura mínima está aumentando. Estamos experimentando que la diferencia entre la temperatura máxima y mínima diaria se está acortando.

Uno puede ver que las noches ya no son tan placenteras en verano y que hay una tendencia a que se acorten los inviernos con esta diferencia de temperatura.

Puede ser que un año particular sea muy frío, esto no quiere decir nada, hay que ver la tendencia de la temperatura media.

Esto es la precipitación. Esto lo hicimos para ver la diferencia entre la década del 90 y el 80 y la década del 70. También los colores naranjas y amarillos están indicando una tendencia positiva para la lluvia. En esta zona está aumentando la precipitación.

Acá hay estaciones dibujadas que son las zonas que tienen una lluvia anual de 800 mm. Todas éstas en la década del 60 tenían una lluvia anual de 800mm, En la década del 90 las que están dentro de la isoyeta de 800mm de lluvia anual son todas éstas. Fíjense Uds. cómo esto se ha corrido. Esto es lo que todo el mundo dice “que se ha corrido la frontera agrícola” está lloviendo más, se está corriendo hacia el NO.

¿Cuál es la consecuencia de esto? Esto es solamente un año, éste el año 2003. Plantamos soja, por supuesto tiene mucho que ver la economía, pero tiene que ver con que el clima está siendo más favorable para este tipo de cultivo.

Veamos qué es lo que pasa en un período muy largo. Esto es una fotografía que fue tomada al glaciar Perito Moreno en 1896 y ésta es del 2001. Fíjense en la extensión del hielo y la nieve. Esto está indicando que el aumento de temperatura ha hecho perder hielo, es un hecho observado.

Veamos los cambios de los caudales de los ríos de la Cuenca del Plata. Éste es el río Paraná en Corrientes, esto es el río Uruguay en Paso de los Libres y el Río Paraguay en Asunción. Estos son los caudales que se están dando año a año. La relación año a año se mantuvo dentro de ciertos tonos, pero si miramos los últimos años, esto está tendiendo a aumentar, por eso se marcó con una línea recta la tendencia positiva de aumento de caudal. Estamos viendo que los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay muestran tendencias positivas en el caudal desde 1970, pero esto coincide con el aumento de la lluvia en nuestra región.

Si vamos a los cambios en los ríos del Comahue y Cuyo, los efectos son distintos. Por ejemplo este es el río Atuel en la Angostura, con caída de caudal en los últimos años. Éste es el Río San Juan, km 47.3, también hay una caída. El río Neuquén, el Río Colorado también es negativo,

Tenemos una marcada tendencia negativa en los caudales de los ríos Atuel, Neuquén, San Juan y Colorado a partir de los años 80.

Recuerden que les mostré que la precipitación hacia la costa de Chile está disminuyendo y muchos de estos ríos son ríos de deshielo. Si hay menos deshielo tenemos menos agua.

Otra cosa que quiero tratar son los elementos extremos. Recuerden las inundaciones que hubo en Entre Ríos y Santa Fe. Esto está siendo algo frecuente en algún lugar del

mundo. Ésta es una inundación en Nueva York en agosto del 2007, esto fue el huracán Katrina, agosto 28 del 2005.

Hay un problema que no está claro. La intensidad y el número de huracanes ¿está aumentando? El huracán se forma en una región donde la temperatura del agua llega a un cierto valor. Si no llega a ese valor no se forma el huracán. Si hay un cambio climático, está cambiando la temperatura de la atmósfera, pero también la de los océanos. Podría ser que al aumentar la temperatura del océano las condiciones fueran más favorables para tener más huracanes.

De todas maneras estamos viendo que los huracanes son muy fuertes como éste de agosto 28 de 2005, el Katrina.

Una cosa que fue muy rara es el huracán Catarina. Fuera de los trópicos la temperatura del mar no es tan caliente, no supera nunca los 17°, por lo que no tenemos huracanes. Pero aquí hubo uno, el Catarina que fue el primero en el Atlántico Sur, entre el 27 y 28 de mayo del 2004 frente a las costas de Brasil. La pregunta es ¿Y esto qué es, es por la consecuencia del cambio climático, es por que está aumentando la temperatura? Fue muy discutido, unos dicen que no fue un huracán, pero hay imágenes de satélites que lo muestran como tal.

Lo que tenemos que ver es no solo lo que está pasando sino lo que va a pasar. En la Universidad, en la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA tenemos una docente que pertenece al Conicet y a la Universidad de Buenos Aires y hemos hecho proyecciones de clima para fines de siglo, y eso lo hicimos asumiendo qué tipo de escenario va a haber de gases de invernadero. Para poder proyectar cambios en el clima hay que estimar qué tipo de escenario económico y social podríamos tener a nivel global y regional.

En cuanto a las emisiones de hidrocarburo, acá tenemos el presente, hacia atrás, tenemos 100 millones de años y a continuación se encuentra la concentración de CO₂ en partes por millón (ppm). Llegó a estar hace 100 millones de años entre 1000 y 2000 ppm y después fue cayendo hasta el período que está acá entre 200 y 400 ppm en un millón de años y después se mantuvo más o menos constante y, si no tuviéramos un aumento de gases de invernadero, esa concentración debería mantenerse constante por lo menos hasta 200 años a partir del presente.

Sabemos que no está pasando eso, entonces tenemos una gran duda. Ya creció a partir de 1750, ya aumentó la concentración, la duda que tenemos es cómo va a seguir esto, ¿va a tomar la curva menor o la curva mayor? Esta es la gran incógnita. Para poder

determinar el clima del futuro, para modelar el clima, tengo que tener una idea de cuál va a ser la concentración de gases de efecto invernadero.

Cuáles son las acciones que conducen hacia escenarios de emisiones de gas de invernadero. Contribuyen a la emisión de gases: el aumento de la población mundial, los cambios en la economía, las nuevas tecnologías, los tipos y usos de energía, la agricultura y los usos del suelo.

Lo que se hace es asumir, suponer, estimar y muchas veces equivocadamente, porque no es fácil. Se estiman las condiciones y con modelos químicos se podría establecer que la concentración de gases de invernadero va a ser tal o cual y una vez que se tiene la concentración de gas de invernadero, se puede sacar el clima, con un modelo físico-matemático.

Lo que hace el Panel Intergubernamental son escenarios de emisiones. Si ocurre tal cosa tenemos este escenario, si tal otra, podemos tener otro escenario.

Acá tenemos emisiones para distintos gases, para 4 gases.

Éste gráfico es el de la concentración de CO₂.

Estos son los valores para los años 2000/2020/2040/2060/2080 y 2100. Los escenarios que se proponen son estos: un escenario es el A1, que asume que la concentración de gas va seguir aumentando hasta por lo menos el 2050, después va a haber una pendiente menor. Éste es el peor escenario.

El mejor escenario es el B1 que dice que esto va a aumentar hasta el 2050 y después empieza a disminuir. Pero nadie sabe cuál va a ser realmente el escenario.

Lo que hicimos en la universidad, fue tomar el escenario A2 y el escenario B2 y sacamos el clima para estos 2 escenarios en nuestro país.

¿Cómo se proyecta? Se usan modelos físico-matemáticos con computadoras muy potentes. Vamos a ver cuál sería el clima futuro de la Argentina.

Tomamos el clima presente y en este modelo hicimos una corrida en un modelo regional para 10 años 1981 - 1990 y dijimos que es el clima que nos representa ahora. Después hicimos una corrida para ver de 1981 a 2090. Una corrida es un experimento por computadora y el cambio climático es la diferencia entre el clima del futuro versus el del presente.

Nosotros no tenemos capacidad de computación para hacer corridas muy largas y con modelos globales, entonces lo que hicimos fue lo siguiente, obtuvimos una corrida que era de 1860 al 2100, me refiero a los valores de una corrida continua. Con esa corrida usamos una región más pequeña, ésta que está acá que es parte nuestra. El problema que

teníamos era el de los bordes, entonces los bordes los sacamos del modelo inglés. Con menos no se puede hacer un experimento matemático. Tengo que tener valores en todo este retículo, todos estos puntos. Si no, no puedo hacer experimentos. Lo que hicimos fue tomar valores del modelo global inglés.

Éstos son los cambios de la temperatura media que nos dieron para el año 2080 – 2090, son valores de cambio. Éste es el escenario A2, éste es el escenario B2, pero éste es el presente. Esto es verano, esto es invierno y estos son los valores anuales,

Cuanto más oscuro, más grande es el cambio. Fíjense que en los modelos de cambio, esto es verano y esto es invierno, se calienta más, mucho más en invierno que en verano. Va a seguir esta tendencia que estamos viendo que las temperaturas mínimas están aumentando.

Este escenario es el B2, que es un escenario más optimista, en que los cambios no van a ser tan bruscos en el Norte de nuestra región. Acá está dando 4,5° de aumento de temperatura y nosotros estamos aquí en este A2 que es más pesimista con 5,5°. Pero aún así, con condiciones generales, los cambios que vamos a tener en nuestro país van a variar entre 2° y 5° grados al Norte. Esos son los aumentos de temperatura que llegaríamos a tener.

No es tan fácil hacerlo con la lluvia, porque la lluvia es un fenómeno que tiene una distribución geográfica muy particular que además va cambiando a lo largo del año. Esto es verano, esto es invierno, esto es anual, éste es el escenario más pesimista, éste es el escenario más optimista.

Veamos el pesimista que es el que muestra las cosas que nos pueden pasar. Los colores azules son aumentos de lluvia y los colores amarillos son disminución de lluvia para fines de este siglo. A la conclusión a la que llegamos es que en toda esta zona seguiremos con la soja, porque aumenta la lluvia. Pero ¿cuándo va a aumentar la lluvia? La lluvia aumenta en verano y otoño. En cambio la pérdida de precipitación en toda esta zona va a ser en invierno, va a estar muy afectado Brasil.

Acá se marcan los valores importantes de fin de siglo.

Pero qué pasa si tratamos de ver lo que ocurre en el año 2020 y el año 2050. ¿Recuerdan el gráfico de cambio de temperatura? A fines de siglo había muchos rojos y marrones o sea valores del orden de 5°. En el 2050 no tengo ningún marrón, no llego a cambios de 5°. Quiere decir que el cambio será progresivo. En el 2050 voy a tener cambios del orden de 2,25°, en el 2020, ya estamos llegando, los cambios son de 1°, pero hacia fines de siglo serán en el Norte de los 5°.

Las conclusiones para fines de siglo: La temperatura media aumenta a lo largo de todo el año, los menores aumentos son proyectados para el verano y otoño entre 2,5° y 3,5°, en el escenario de emisiones A2. Los mayores aumentos proyectados son para invierno y primavera. (2,5°-5° en el escenario A2)

El cambio de precipitaciones no es tan regular como la temperatura. Vimos que va a haber aumento de precipitación en la pampa húmeda y va a haber disminución en la zona cordillerana y del lado chileno. Respecto de la época del año en que va a aumentar la precipitación, va a ser en los veranos y el otoño y la mayor pérdida va a ser en el invierno.