

# 38º SEMINARIO SOBRE “EMERGENCIAS PLANETARIAS” Centro para la Cultura Científica “Ettore Majorana”

ERICE, SICILIA, 19 AL 24 DE AGOSTO DE 2007

## Introducción

La presente es una versión del trabajo expuesto en el 38º Seminario de Emergencias Planetarias, realizado en la Fundación “Ettore Majorana” y Centro para la Cultura Científica, *World Laboratory*, realizado en la Ciudad de Erice, Sicilia, entre los días 19 y 24 de Agosto de 2007.

El *World Laboratory* nació gracias a la energía de su fundador, el profesor Antonino Zichichi, en el seno del CERN, el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares, con sede en Ginebra. Zichichi, uno de los principales físicos del Centro, tuvo la iniciativa de capitalizar la numerosa y brillante pléyade de científicos procedentes de las naciones más diversas, reunidos en Ginebra, ciudad sede también de la Comisión Internacional de Desarme. La convivencia de un grupo tan excepcional daba la oportunidad de crear una ambiciosa organización de bien público sin ningún gasto de estructura ni de viajes. Esta Fundación y Centro jugaron un importante rol en la “detente” que significó la salida de la guerra fría, cuando reunió, en sus sesiones a los científicos Edward Teller, Eugenij Velnikhov y Zhou Guang Zhao, asesores jefes en materia nuclear de los mandatarios de Estados Unidos de América del Norte, Unión Soviética y República Popular de China, Presidente Ronald Reagan, Primer Ministro Mikhail Gorbachov y Primer Ministro Deng Xiaoping, respectivamente.

También a la Fundación se debe la “Declaración de Erice” manifiesto pacifista firmado por más de 10.000 hombres de ciencia de todo el mundo entre 1982 y 1985. Desde entonces, Erice ha sido sede de encuentros de científicos procedentes de los más diversos países y culturas. Los Seminarios de Emergencias Planetarias han dado origen a alrededor de una veintena de Paneles de Monitoreo Permanente (PMP) que se ocupan, cada uno, de cuestiones que se consideran Emergencias Planetarias, como Desarme Nuclear, SIDA y Enfermedades Infecciosas, Desertificación, etc. Debo la invitación a participar en estos seminarios a una feliz emergente de los convenios de cooperación que unieron a la Escuela Politécnica Federal Suiza (Lausana) con la FADU-UBA durante los dos períodos cuatrienales en que me desempeñé como Decano de esta Facultad.

Hace 12 años presenté una ponencia con el título, “*METROPOLIS, el lugar más peligroso del mundo*”. A partir de ese momento, en los Seminarios se comenzó a considerar a las grandes ciudades como una cuestión mayor, digna de atención como Emergencia Planetaria. Con el tiempo, la Fundación me permitió invitar a urbanistas de Ciudad de México, del Triángulo de Texas (conformado por las ciudades gemelas Houston-Galveston; Dallas-Forth Worth; Austin-San Antonio) de San Pablo y de Nueva Delhi. Durante un par de años nos acompañó un urbanista de El Cairo; hicimos varios intentos infructuosos de incorporar un colega de Shanghai o de Beijing.

El PMP de grandes ciudades tomó el nombre poco feliz de “Límites del Desarrollo” y en sucesivos encuentros tratamos “Polución de Aire y Agua”, “Residuos Sólidos” “Gobernancia”, “Transporte” y “Migraciones”.

En el seminario de 2007 el énfasis de todo el Seminario dio particular importancia al “Cambio Climático Global” y nuestro PMP realizó sesiones conjuntas con los PMP de Clima y de Energía. No se podrá enfatizar suficientemente la importancia básica que estos temas revisten para la esencia misma de las cuestiones de nuestro Instituto Superior de Urbanismo, Territorio y el Ambiente, pero al tratarse de cuestiones tan globales, afectan los más diversos campos disciplinarios de los que se ocupa nuestra Universidad.

Al preparar esta presentación, sufrí la carencia de un documento de difusión elemental que condensara la información básica acerca de cómo estos fenómenos climáticos estaban afectando a nuestra Nación.

Para reunir la información más primaria que me introdujese al tema, conté con la ayuda inestimable de los investigadores del CIMA o Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, de nuestra Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Profesores Mario Núñez y Víctor Barros. Ellos me refirieron a dos artículos publicados en la revista CIENCIA HOY y a otros materiales por ellos producidos. Estas fueron las principales fuentes en las que me apoyé para desarrollar el presente trabajo. Como estos documentos no están fácilmente disponibles para el acceso masivo a los mismos, durante una conversación con el Decano de la FADU, en la que hice devolución de lo tratado en el Seminario de Erice, coincidimos en la conveniencia de editar el presente, que contiene lo esencial de las conclusiones del CIMA y otras instituciones que investigan temas específicos relacionados con el cambio climático, entre otros el IPCC, algún escaso aporte de mi cosecha, y un sucinto informe de los trabajos, a mi juicio más pertinentes, presentados al Seminario de Agosto.

# 1. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMATICO GLOBAL SOBRE EL TERRITORIO ARGENTINO

Juan Manuel BORTHAGARAY

Profesor Emérito, Director ISU-UBA

Instituto Superior de Urbanismo, Territorio y el Ambiente

## 1.1. Los Límites del Desarrollo

Desde el mito de Prometeo en adelante (castigado a que un buitre le comiese los hígados eternamente por haber robado el fuego a los dioses) siempre estuvo flotando la noción de que la aspiración de los hombres a ir siempre más allá tendría consecuencias ominosas. El primero en poner una ecuación en términos prácticos fue Malthus, al comparar la curva de crecimiento de la población total y la del crecimiento de la producción de alimentos por la agricultura. Mediante este cruce de las dos curvas, Malthus predijo que el crecimiento demográfico tendría un techo determinado por el stock total de tierra cultivable.

La historia demostró que se equivocaba, pues si bien el stock total de tierras era finito, no lo fue el desarrollo tecnológico, que permitió expandir la producción agrícola y cría de animales domésticos hasta límites hasta entonces inimaginables. Más recientemente se creyó que población y desarrollo se verían limitados por el agotamiento de recursos no renovables, entre ellos los combustibles fósiles. En 1950 el Club de Roma preconizó la política del crecimiento cero. Pero nunca se pensó que la limitación se produjese porque las acciones antrópicas, principalmente las derivadas de la producción de energía, llevarían al punto de provocar cambios en el clima, de alcances globales, que pusiesen en peligro, por vía del calentamiento global, la continuidad de la vida sobre el planeta.

Distintos episodios de lluvias ácidas, que devastaron bosques y comprometieron cosechas, dieron las primeras señales de alarma de que algo grave estaba pasando. A ello siguieron advertencias acerca de la ampliación del agujero de ozono, la densificación de los gases de efecto invernadero (GEI) y su consecuencia, el calentamiento global, que a su vez arrastra el derretimiento de los hielos, perceptible en el retroceso de los glaciales y la disminución del hielo en los casquetes polares, que acentuarán el aumento del nivel de los océanos, de por sí en marcha si se considera el aumento del volumen de las aguas debido a la dilatación provocada por el aumento de la temperatura.

En la ciudad de **Montreal**, Canadá, se llevó a cabo un encuentro internacional en el año 1987, del que nació el protocolo, llamado de Montreal, y se acuñó el concepto de desarrollo sostenible, o sustentable: *sustainable development* definido como aquel que es posible alcanzar sin afectar las aspiraciones de desarrollo de las generaciones futuras.

En Montreal se acordó, además, celebrar una segunda reunión en **Río de Janeiro**, para profundizar estas cuestiones, en la que se acordó una tercera, que se celebró en **Johannesburgo**, de la que salió una cuarta, en **Kyoto**. De esta última surgió el conocido protocolo de Kyoto, acuerdo internacional para limitar la emisión de gases de efecto invernadero, y estabilizar su saturación en la atmósfera a niveles compatibles con la supervivencia. La falta de ratificación del protocolo, hasta ahora, por parte de los Estados Unidos de América del Norte, nación responsable de una porción considerable del total mundial de dichas emisiones, es tema de seria preocupación.

Como resultado de estas ilustres reuniones internacionales, y como muestra de la seriedad con la que el tema estaba siendo considerado, nació una Comisión de las Naciones Unidas para el Cambio Climático Global. Para asesorar a esta Comisión, compuesta por funcionarios y diplomáticos, se creó un Panel Internacional para el Cambio Climático, (IPCC), integrado por 2.500 de los más destacados científicos que los países miembros pudieron aportar.

El Panel Internacional produjo informes periódicos de evaluación, el último de los cuales, conocido como Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, se ha difundido recientemente. Actualmente está en preparación una quinta Reunión, tentativamente en **Bali**, y existen serias señales de alarma, entre ellas, y la más reciente, la velocidad con la que se están derritiendo el Casquete Artico y la capa de hielo de Groenlandia, mucho mayor que la prevista en los modelos. Hasta uno de los miembros más refractarios a considerar seriamente el fenómeno del Cambio Climático Global, el Presidente Jorge W. Bush, ha terminado por hacer contundentes declaraciones.

## 1.2. El Efecto Invernadero

La superficie del Planeta Tierra, tanto continental como oceánica recibe constantemente un aporte de calor por irradiación solar. Parte de ese calor es absorbido por la masa planetaria, que en consecuencia se calienta. Otra parte es refractada hacia el espacio, donde se disipa. Pero como la Tierra está envuelta en la atmósfera, y en ella existe una cierta saturación de **Gases de Efecto Invernadero (GEI)**, esta disipación está atenuada, porque estos GEI forman una capa que retiene los rayos calóricos y los envía de vuelta a la superficie terrestre.

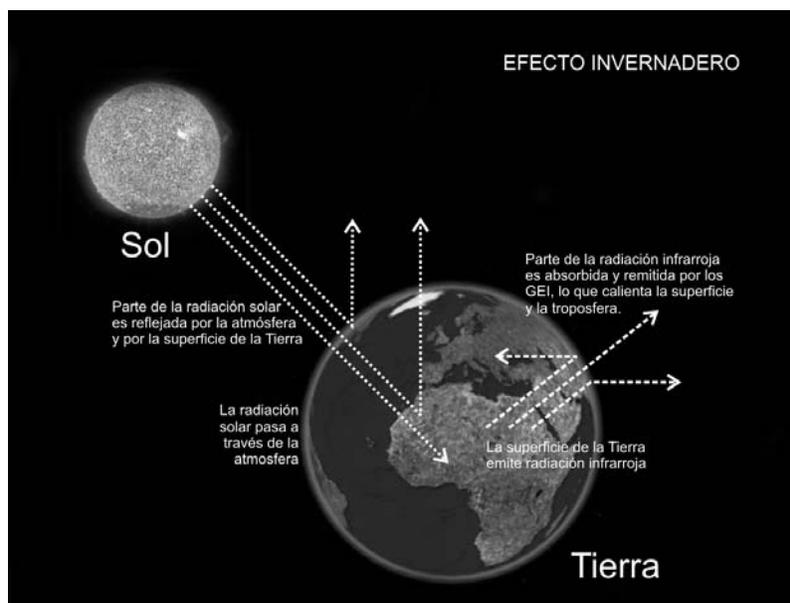


Figura 1: El Efecto Invernadero.

Esto es lo que se conoce como Efecto Invernadero. El efecto es beneficioso dentro de ciertos límites, pues si no existiese esta capa de gases, compuesta, entre otros, por el vapor de agua que forma las nubes, se ha calculado que la temperatura media de la superficie terrestre sería de 38° bajo cero. Pero además del vapor de agua existen otros gases GEI, siendo uno de los más preocupantes, aunque no el único, el CO<sub>2</sub> o anhídrido carbónico. Dentro de las mediciones históricas de saturación que se han podido realizar se constata que, a partir del inicio de la llamada Revolución Industrial, que se sitúa alrededor de 1750, se ha ido produciendo un aumento de la saturación de CO<sub>2</sub>, que se atribuye al empleo masivo de combustibles fósiles (carbón, gas natural y derivados del petróleo), a causa del creciente empleo de energía producida a partir de estos combustibles, tanto para la producción industrial como para la vida cotidiana. La demanda de energía ha crecido de manera exponencial, a medida que mayores cantidades de personas han adoptado un cierto modo de vida, considerado moderno, muy demandante de energía (automóviles, instalaciones de climatización en edificios, etc.).

El aumento del efecto invernadero causado por el incremento de los GEI ha producido a su vez, lógicamente, un aumento de la Temperatura Media Global, fenómeno que se conoce como **Calentamiento Global**. Desde hace cierto tiempo se realizan estudios no solamente para monitorear el ritmo en que estos fenómenos han venido ocurriendo en las últimas décadas, en relación con períodos más distantes, sino para pronosticar escenarios futuros.

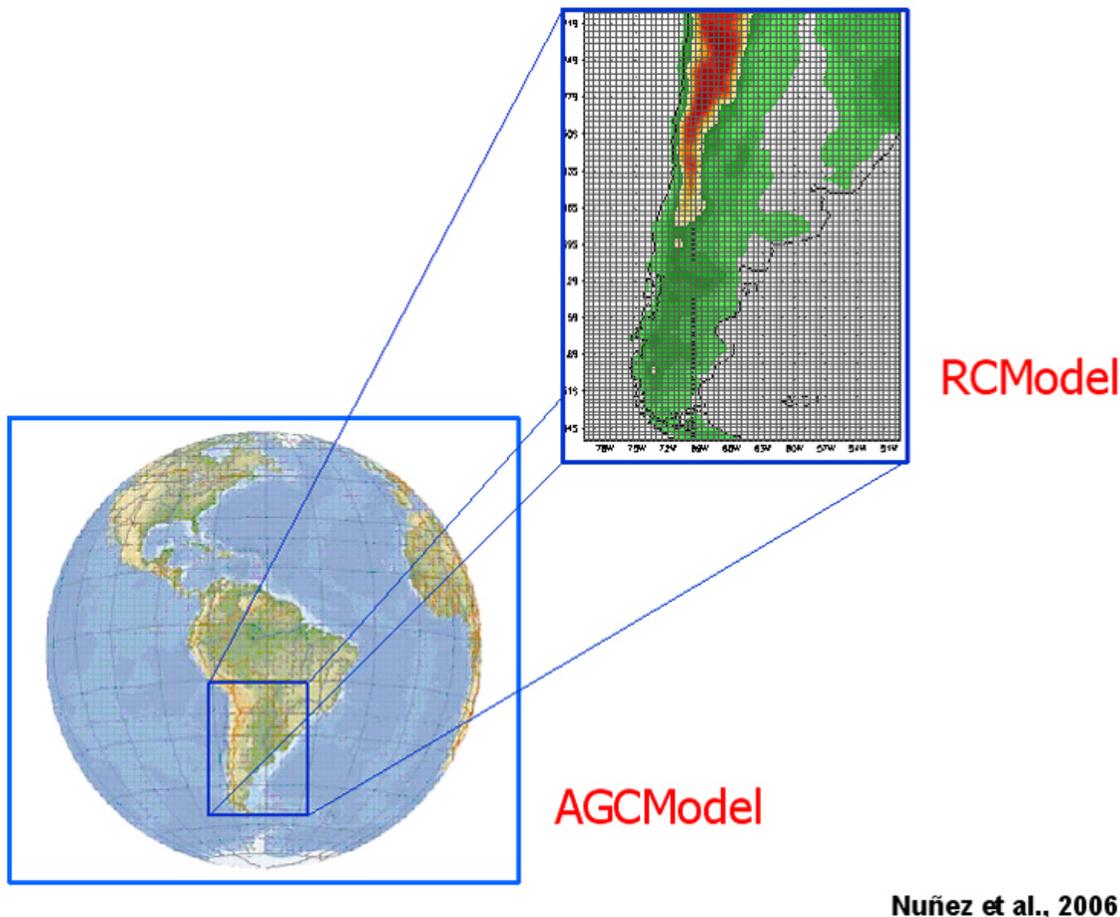
Para afinar estos pronósticos se han elaborado modelos matemáticos con los que se pretende predecir escenarios situados alrededor del año 2100. El IPCC ha elaborado una serie de escenarios alternativos de incrementos de la saturación de GEI, desde los más optimistas hasta los que prevén un incremento considerable (al doble de los valores actuales) de la saturación de GEI en la atmósfera, pero en todos ellos se cuenta con la estabilización de la saturación, dado que su incremento indefinido, aún a tasas anuales moderadas, llevaría a temperaturas globales en las que la vida sería insostenible. Pero mucho antes de que se llegue a estos extremos pueden preverse profundos cambios provocados por el aumento del nivel de los océanos, que perjudicarán a la mayoría de las ciudades mundiales, establecidas mayoritariamente sobre las costas, a causa de las oportunidades portuarias que éstas ofrecían.

Esta situación global ha dado origen a tensiones económicas y políticas. Por un lado, los grandes intereses vinculados con la industria del petróleo (con su pasado y presente fuertemente geopolíticos) se han movido para calificar como injustificadas y desmedidamente apocalípticas las predicciones formuladas. Este tipo de discursos comienza por desacreditar la seriedad de los modelos, argumentando que si es tan aleatorio pronosticar las condiciones del tiempo con anticipación de una semana, cuánto más será hacerlo para dentro de un siglo.

Que las series de datos meteorológicos registrados abarcan un período tan corto que es sólo un instante en la vida de la tierra. Aún observaciones derivadas de cateos muy profundos practicados en los hielos eternos antárticos, y que cubren miles de años, representan también un instante, y que ha habido indicios de glaciaciones, avances y retrocesos de los hielos en la superficie del planeta, sin que constituyesen cambios irreversibles, sino periódicos, aunque de períodos extraordinariamente largos.

Para ilustrarme acerca de este tema en relación con nuestro territorio recurrí, por consejo del profesor Mario Núñez, a dos trabajos publicados en la Revista CIENCIA HOY. El primero, “Escenario de Cambio Climático para la Argentina”. Publicado en el número del mes de enero y febrero de 1998 producido por un grupo de investigadores del CENPAT, o Centro Patagónico de Investigaciones de nuestro CONICET, conducidos por el Investigador Juan Carlos Labraga, se basa en un promedio ponderado de 15 modelos, cuya resultante opera en función del Escenario A2 del IPCC, escenario relativamente pesimista, pero estabilizado.

El segundo trabajo, “El clima esperado para la Argentina a fines del siglo XXI” del número diciembre 2006 enero 2007 de CIENCIA HOY corresponde a un grupo de investigadores del CIMA/FCEN conducido por el Profesor Mario Núñez. Este se basa en un modelo, llamado HadCM3, de la Oficina Meteorológica del Reino Unido, que se encuentra en Hadley, corrido con el escenario de emisiones A2 del IPCC. Núñez y su equipo realizaron un experimento numérico de regionalización de este modelo que abarca el sector continental en el que se halla nuestro territorio, y lo escalaron a una definición de 30 Km.



Núñez et al., 2006

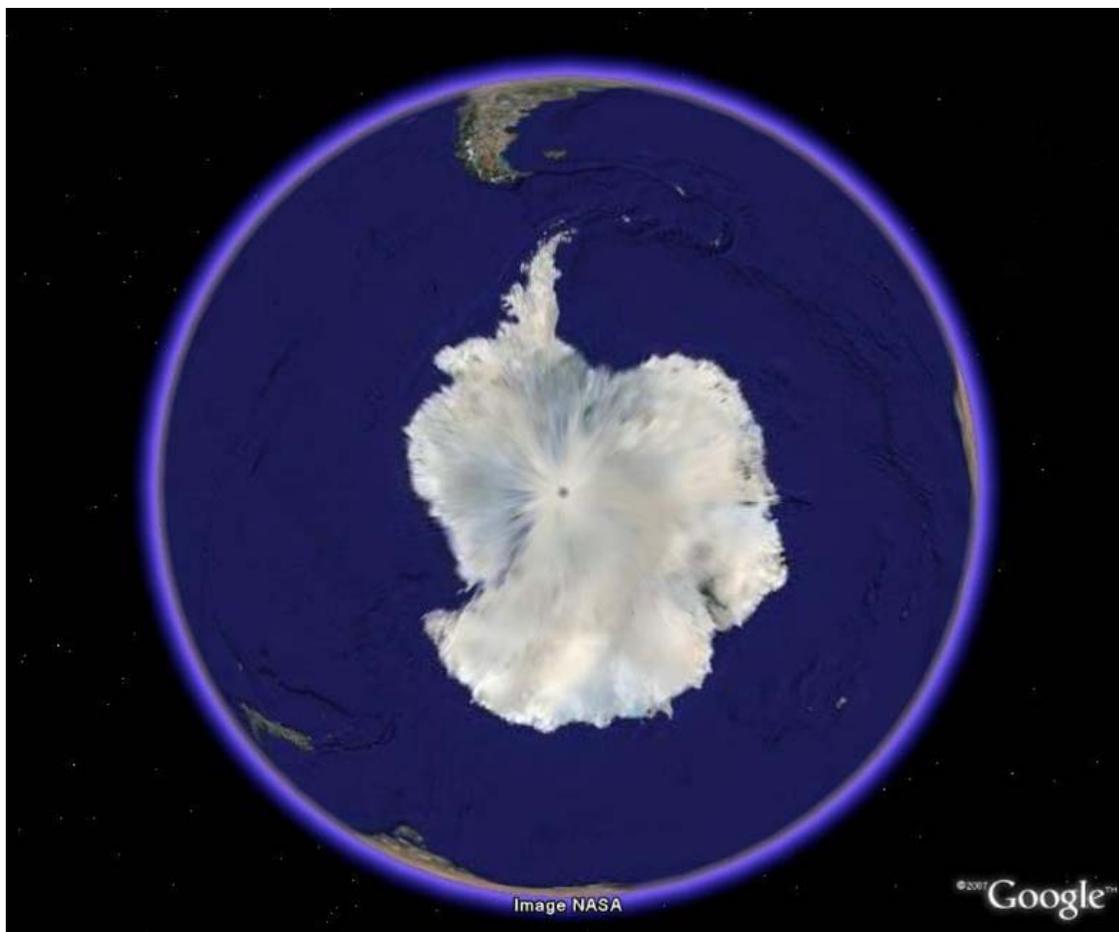
Figura 2: Regionalización del modelo HadCM3 para el territorio argentino.

La otra fuente en que me basé está formada por los trabajos del Dr. Vicente Barros y su equipo, “El Cambio Climático y la Costa Argentina del Río de la Plata”, “Evaluación de la vulnerabilidad de la costa argentina al ascenso el nivel del mar” y una presentación del mismo investigador ante la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Los estudios de Barros están basados en series de datos del Servicio Meteorológico Nacional, y corresponden, por lo tanto, a fenómenos que ya han ocurrido.

### 1.3. El Territorio Argentino

Para nosotros se trata de asunto harto conocido. La necesidad de tratarlo ante una audiencia extranjera me obligó, sin embargo, a tratarlo como tema no obvio. Como los ojos del asombro son más perspicaces que los de lo obvio, se me ocurrió, de paso, que no nos vendría mal reflexionar más seguido acerca de lo asombroso de nuestro territorio. Me vi en el caso de destacar dos aspectos sobresalientes.

El primero de ellos hace a su ubicación contextual en el planeta.



*Figura 3 El territorio antártico en una imagen del planeta Tierra con punto de vista en el Polo Sur.*

Sabida es la marcada preponderancia oceánica del Hemisferio Sur, pero además, compartimos con la hermana República de Chile, un triángulo continental que se empequeñece al lado de las formidables masas oceánicas Atlánticas y Pacíficas del Sur. Pocos países hay en la tierra que se extienden tanto en latitud. Chile, desde más al norte aún que Argentina y, hasta más al sur, aunque en rigor, ambos países reclaman territorialidad sobre el Continente Antártico en triángulos que llevarían su soberanía hasta el mismo Polo Sur. De todas maneras, estos reclamos antárticos están recogidos y congelados dentro del Tratado Antártico Internacional. Esta primera observación destaca el carácter marcadamente oceánico de nuestro territorio y la enorme extensión de nuestra rica plataforma continental. Pero por otra parte, esta muy extensa costa oceánica está muy escasamente poblada, sin ciudades de importancia más al sur de Bahía Blanca, y con poca densidad de ocupación costera.

El segundo es la estructura geológica de nuestro territorio, desarrollado en áreas de los macizos rocosos Brasilia y Patagonia y la casi totalidad de la gran fosa que las divide, ocupada por los sectores medio e inferior de la cuenca del Río de la Plata, gran protagonista de nuestro territorio.

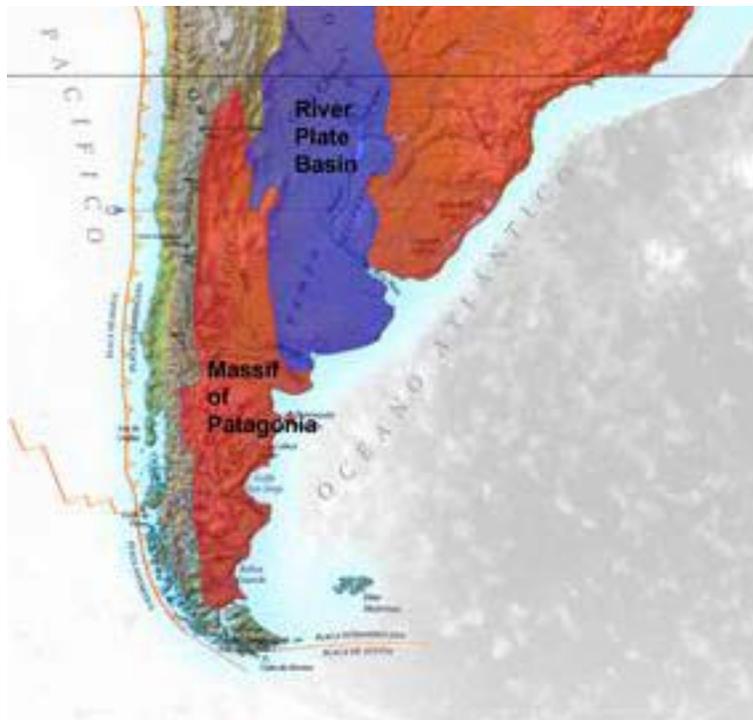


Figura 4: Estructura geológica del territorio argentino.

El todo apoyado sobre el contrafuerte andino. Pero con ser preponderante la gran superficie territorial de esta cuenca fluvial desde el punto de vista físico, lo es aún más desde los aspectos económicos y humanos. En algún período más joven de la tierra, esta gran fosa entre los macizos rocosos estuvo ocupada por el mar (se encuentran fósiles marinos tan al norte como Jujuy y Bolivia). Luego, el proceso de sedimentación fue

llenando la cuenca y formando el manto orgánico que hace de la Pampa Húmeda una de las mayores y mejores cuencas agrícolas del mundo.

### 1.3.1. Expectativas de Cambio Climático – Temperatura

El Dr. Núñez presenta cuatro mapas de isotermas para las cuatro estaciones, en los que se ilustran las variaciones esperadas entre el momento actual y las proyectadas para la década de 2080 - 2090.

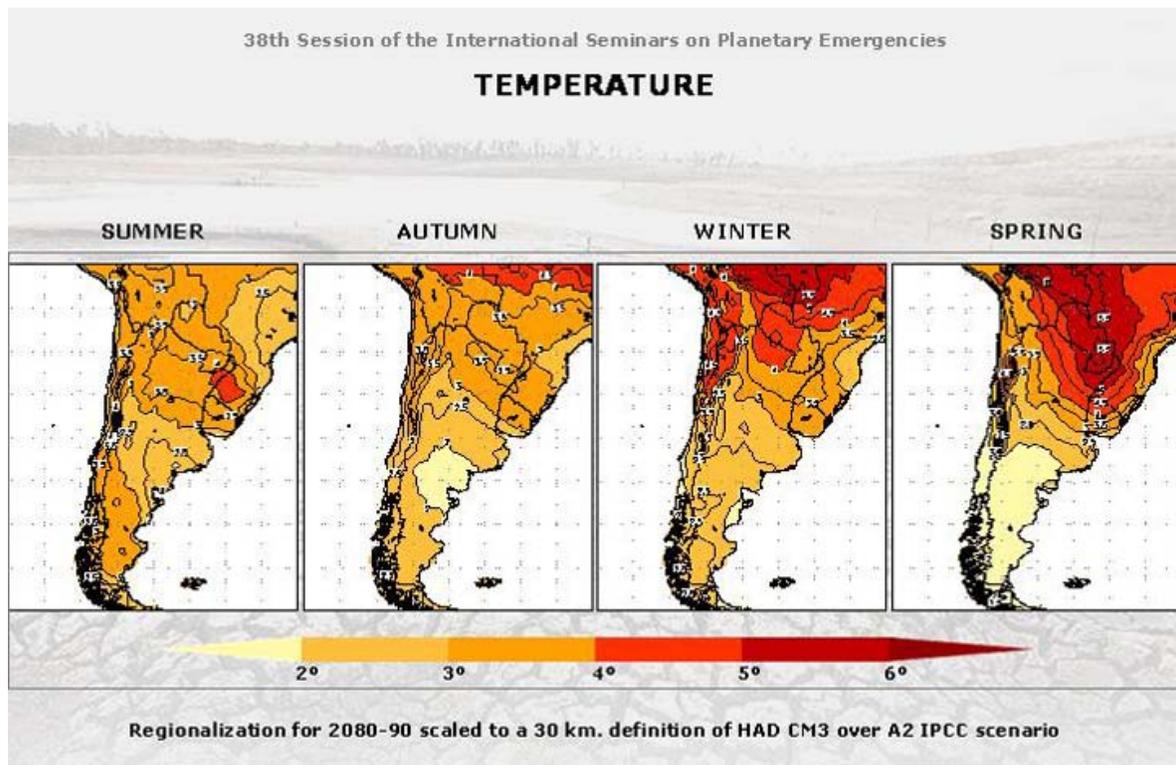


Figura 5: Isotermas: regionalización del modelo HAD CM3 sobre el escenario del IPCC A2

Núñez ha observado los cambios previsible para las temperaturas máximas y mínimas promedio. Hay que destacar que, entre estas fechas (actualidad y 2080-2090) el escenario A2 del IPCC se prevé un incremento de la temperatura *media* global de 3.29°. Pero esta es la *media global*. Sobre este cambio global promedio intervienen los movimientos del mar y la atmósfera para determinar cómo van a impactar en un determinado punto. Los cambios regionales esperables son marcadamente diferentes. Estos dependen de las corrientes de aire y agua. Si bien los vientos están mucho más estudiados, esto no quiere decir que su mecánica global se conozca a fondo; pese a la cantidad de estaciones existentes harían falta muchísimos más, y períodos de observación mucho más prolongados.

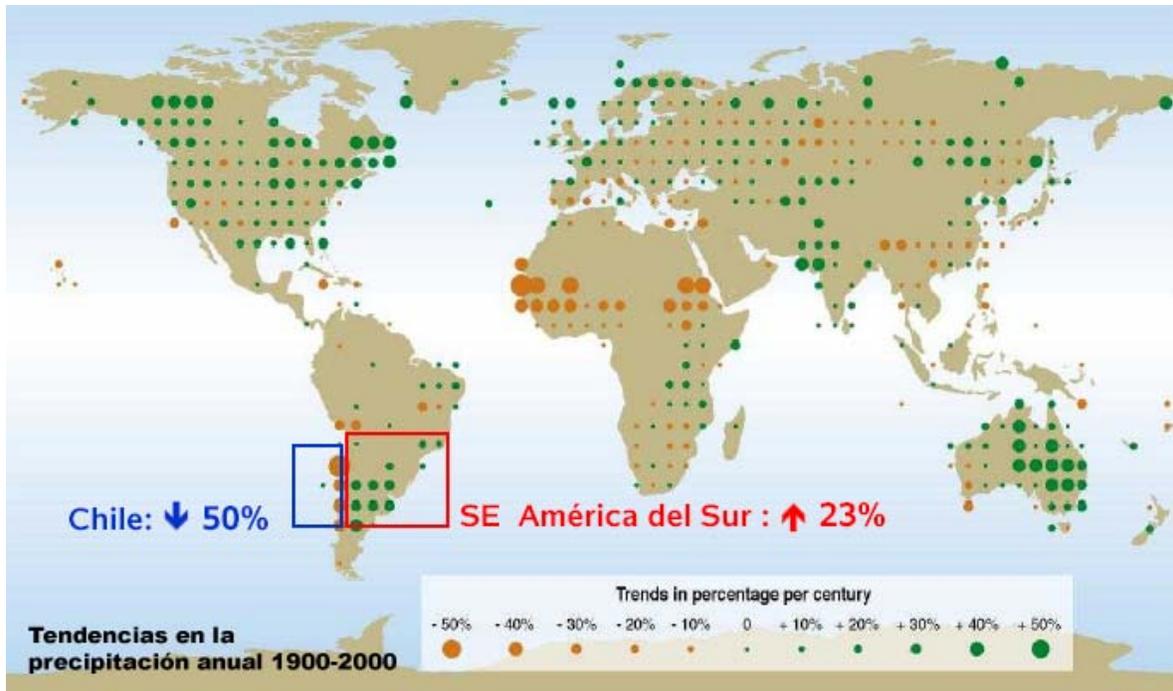


Figura 6: tendencias en la precipitación anual 1900 / 2000

En cuanto a las corrientes oceánicas, su observación está aún en pañales y, si bien se sabe poco, pero algo al fin acerca de las corrientes de superficie, se ignora casi todo acerca de las submarinas, sobre todo de las profundas, cuyas características y temperaturas son muy difíciles de medir. Por esto las predicciones hacen énfasis en que están referidas a la superficie terrestre.

En cuanto a los cambios de temperatura esperados, el Dr. Núñez expresa que los aumentos en las mínimas se prevén durante verano y otoño, yendo de 2.5° en el extremo sur y 3.5° en el extremo norte, ya casi dentro del territorio boliviano. Los aumentos de las máximas son esperados durante invierno y primavera, hasta alcanzar 5° en el extremo norte.

### 1.3.2. Expectativas de Cambio Climático – Precipitaciones

#### a) Desplazamiento actual de las isoyetas hacia el Oeste.

El Doctor Barros presenta un mapa que ilustra el desplazamiento hacia el oeste de las isoyetas de 800 y 1.000 mm. de precipitaciones anuales, que son las que determinan la frontera agrícola. El mapa ilustra las posiciones de dichas isoyetas en el período actual (últimas dos décadas, 1980-1999, comparadas con las del período 1950-1969). Esto implica un corrimiento y ampliación considerables, hacia el oeste, de la frontera agrícola, consistentes con los datos de cambios de usos del suelo que presentamos más adelante. Como este mapa de desplazamientos se ha confeccionado en base a datos registrados

por el Servicio Meteorológico Nacional de las últimas cuatro décadas, corresponde a cambios que ya han ocurrido.

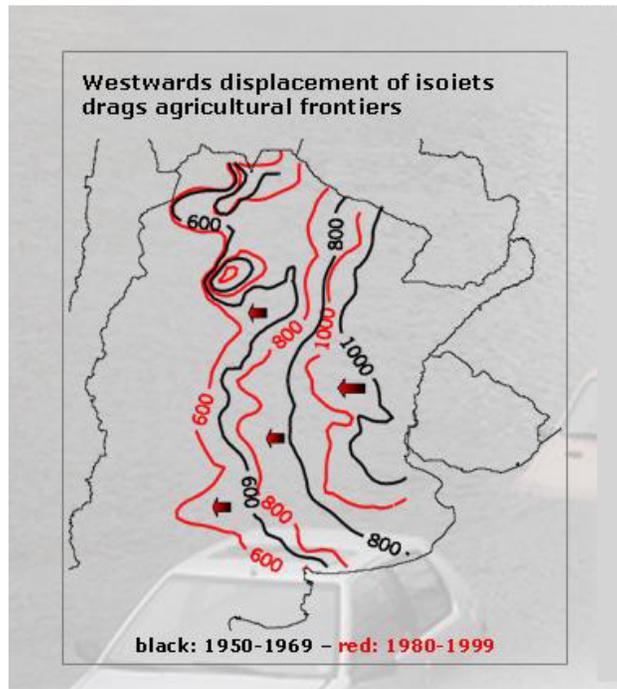


Figura 7: Desplazamiento de las isoyetas entre los períodos 1950-1969 y 1980-1999

### **b) Cambios entre la situación actual y los escenarios para la década de 2090-2100**

El Profesor Núñez observa que los cambios esperados presentan una amplia variación según las estaciones del año y a través de toda la región, en respuesta a la circulación atmosférica esperable. Corriendo el modelo dentro del escenario de emisiones A2 del IPCC se esperan cambios considerables, en verano y otoño, con incrementos de hasta 90 mm. en la Pampa Húmeda y su cordón occidental. Los incrementos anuales de precipitaciones pueden alcanzar máximos de 200 mm. en estas regiones.

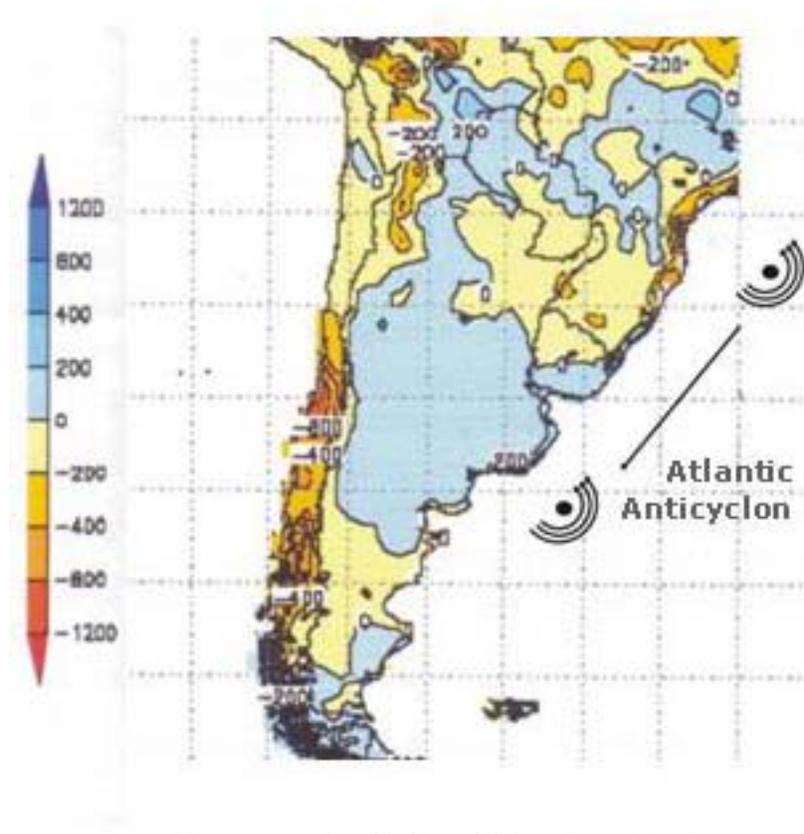


Figura 8: cambios proyectados en las precipitaciones anuales para la década 2080-2090

También se esperan cambios de la presión atmosférica en la superficie. El modelo climático regionalizado proyecta un incremento de las presiones a nivel del mar que, comparado con los valores actuales, señala una tendencia al desplazamiento hacia el sur del Anticiclón Atlántico y, en consecuencia, un desplazamiento de los vientos del Este y Nordeste, lo que puede acarrear un incremento de precipitaciones sobre la costa patagónica.

En resumen, en cuanto a variaciones anuales, a la Argentina le esperan incrementos en las precipitaciones, particularmente en el Centro Norte, Centro y Pampa Húmeda, y disminuciones en la Cordillera, Noroeste y Patagonia Central. Este escenario continúa la tendencia observada en la *figura 7*.

### 1.3.3. Impacto Costero del Cambio Climático – Nivel del Mar

Pese a tener una costa atlántica de más de 3.000 Km. de extensión y una plataforma continental formidable, no son las costas oceánicas, sino las fluviales, las que han jugado un rol protagónico en la historia de la Argentina y en su presente.

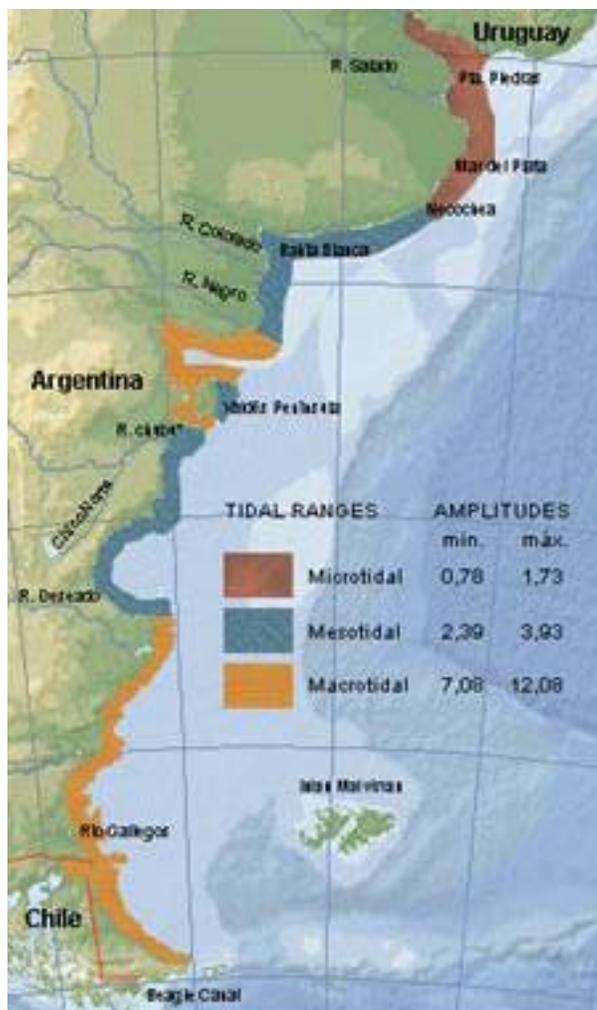


Figura 9: Impacto en las costas oceánicas del territorio argentino

Paradójicamente, las costas fluviales han sido y son las que contienen los puertos de ultramar que conectan al país con el mundo. No es de extrañar, entonces, que la parte del león de la urbanidad argentina se despliegue sobre el litoral fluvial, sobre el que se desarrolla la conurbación lineal fluvial-industrial Santa Fe - La Plata. Fue a través de los puertos fluviales, casi exclusivamente los de Rosario y Buenos Aires, por donde salieron las portentosas cosechas que insertaron al país en el comercio internacional a fines del siglo XIX, y por donde entraron los contingentes inmigratorios y los materiales con los que se forjó su infraestructura. En este enorme tráfico, los puertos oceánicos de Quequén, Mar del Plata y Bahía Blanca participaron con una porción sensiblemente menor.

A pesar de ello, la enorme extensión de las costas oceánicas exige una evaluación cuidadosa del impacto que tendrá sobre ellas el aumento previsible del nivel del mar.

#### a) Costas oceánicas

Nuestro territorio tiene una costa atlántica de más de 3.000 Km. que se extienden entre los 37° y los 55° de Latitud Sur. No se prevén mayores amenazas para esta extensa costa oceánica frente a la elevación global del nivel de los océanos de alrededor de un metro, tal como está prevista en el escenario del IPCC para el año 2100, siempre y cuando esta elevación global se transmita a nivel local con una elevación, tal como es previsible, de valores semejantes. La salvedad es necesaria, pues aunque los océanos forman un sistema de vasos comunicantes, y por lo tanto su nivel *idealmente* debería ser constante, esto no es así, debido al efecto de las corrientes y las mareas, tal como lo prueba la diferencia de centímetros entre los niveles 0 de los Puertos de Buenos Aires y de Mar del Plata, y, mucho más dramáticamente, el desnivel de metros entre los océanos Atlántico y Pacífico, que debe ser salvado mediante el extraordinario sistema de esclusas del Canal de Panamá. La posible diferencia, entre el aumento de nivel global previsible y el que llegue transmitido a nuestras costas, palidece frente a la amplitud de las mareas, cuya magnitud está indicada en la *figura 9*.

La mayor parte de la extensión de la costa está protegida por acantilados que respaldan a playas arenosas, con la excepción de algunos estuarios, escasamente urbanizados. Tanto la entrada profunda de la marisma de marea de la importante Ciudad Puerto de Bahía Blanca como la Península de Valdés, con el sitio de acoplamiento de ballenas del Golfo Nuevo, escapan a esta descripción general. La totalidad del sistema costero, incluyendo el de la isla Grande de Tierra del Fuego, se encuentra bien defendido, por su propia configuración, frente a aumentos moderados tales como los previstos.

Se acepta como convención que la costa fluvial del Río de la Plata, que no presenta solución de continuidad con la atlántica, se extiende hasta el límite norte de la Ensenada de Samborombón, marcado por la Punta Piedras. Esta delimitación responde a algo más que una convención, como puede advertirse en la imagen satelital (*figura 10*) que refleja la constante lucha entre agua dulce y salada, perceptible pues su diferencia de densidad es captada por el sensor remoto.



*Figura 10: límite entre las aguas del Río de la Plata y el Océano Atlántico*

El extremo norte de la costa oceánica, en una extensión de aproximadamente 250 Km. presenta cierto grado de vulnerabilidad que puede ser mitigado por algunas medidas de defensa ya estudiadas, a costos razonables. Tal vez el impacto más negativo sea la salinización de la napa freática, ya observable en los 50 Km. de costa donde la depresión de los bajos de la Cuenca del Río Salado llega al mar. La esperada elevación de ese nivel empeorará, sin duda, lo que constituye un problema para el cual todavía no se han estudiado medidas de mitigación.

#### **b) Aumento de la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos: Precipitaciones**

Esta es otra de las formas en las que se manifiesta el cambio climático global. En el caso de las costas fluviales, este fenómeno adquiere singular importancia, por el hecho de que, a diferencia de las poco pobladas costas marinas, casi toda la urbanidad argentina se desarrolla en las costas fluviales de la Cuenca del Plata, desde Ensenada y Berisso sobre el Río de la Plata, en el extremo sur de la porción argentina de la Cuenca, hasta el extremo norte de dicha porción, con las ciudades de Clorinda y Puerto Iguazú. Ante la ocurrencia de fenómenos extremos, importantes ciudades pueden ser muy vulnerables, como en el caso de Santa Fe, que se analiza en profundidad.



*Figura 11: Cociente entre la frecuencia anual de casos de dos períodos de 20 años al final de la serie 1983/2002 y al comienzo de las series 1959/1978, para precipitaciones con más de 150 mm.*

La *figura 11* ilustra cuántas veces más han ocurrido precipitaciones de 150 o más mm. en las últimas dos décadas, en comparación con las dos anteriores a ellas, según datos del SMN. Pueden advertirse dos grandes zonas extremas, una al noreste, con centro en el par urbano Corrientes-Resistencia, y otra que abarca el suroeste de la provincia de Santiago del Estero, Noreste de Córdoba y áreas del Norte de Santa Fe, en ambas zonas críticas se registran frecuencias muchísimo mayores. La segunda es precisamente el territorio drenado a través del cauce del río Salado o Juramento, en cuyo lecho se había



### 1.3.4. La Urbanidad Fluvial de la Argentina

#### a) El sistema principal, los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay.

La miríada de pequeñas corrientes que van desagotando en sus cauces los territorios del Sur de la meseta boscosa de Brasilia terminan confluyendo en los tres ríos principales, el Paraguay, que luego desemboca en el Paraná, el Paraná y el Uruguay.

La *figura 13* ilustra la constelación de las importantes ciudades que se desarrollaron sobre las costas de los tres principales ríos de la Cuenca, entre ellas seis ciudades capitales de sus respectivas provincias.

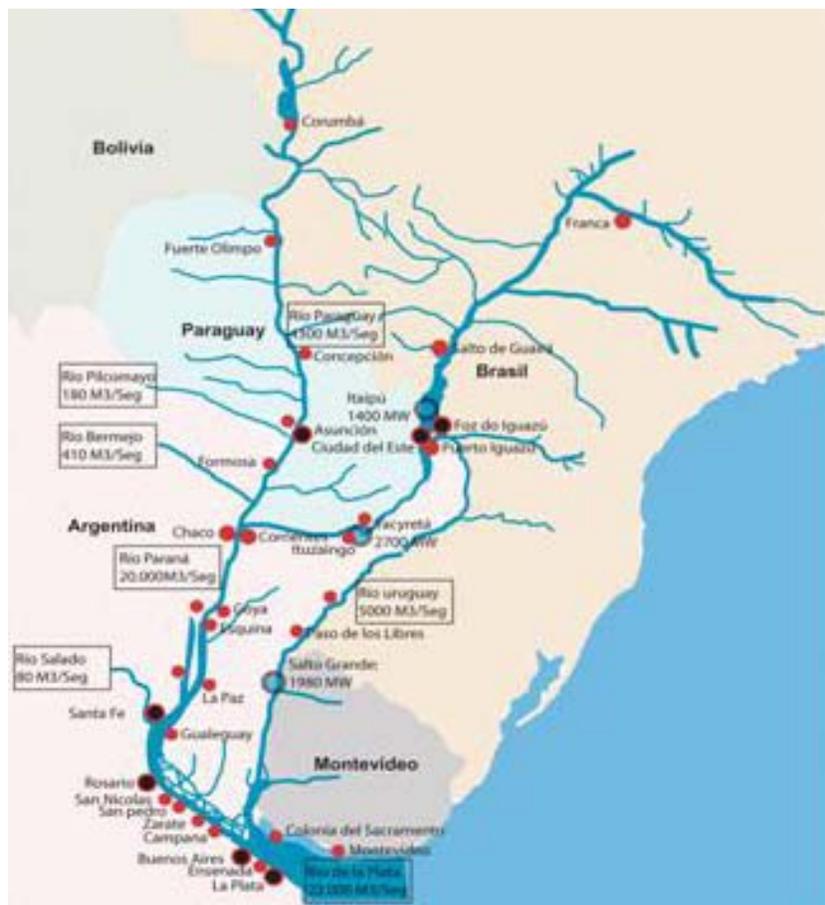


Figura 13: Ciudades desarrolladas sobre las costas de los principales ríos de la cuenca del Plata.

De lejos, los componentes mayores del sistema son el Río Paraná, con un caudal promedio de 20.000 m<sup>3</sup>/seg., y el Uruguay, con 5.000 m<sup>3</sup>/seg.

Juntos, entregan al Río de la Plata un caudal promedio de 25.000m<sup>3</sup>/s. En ocasiones no frecuentes la suma de sus caudales alcanza 50.000 m<sup>3</sup>/seg., aunque en 1983 grandes inundaciones simultáneas en ambos ríos produjeron un récord histórico de 80.000 m<sup>3</sup>/seg.

El nivel del Río Paraná frente a la ciudad de Santa Fe registra amplia variabilidad, que depende de las lluvias en el sur de Brasil. En el presente, los niveles promedio muestran tendencia a elevarse. Cuánto de este incremento es consecuencia del aumento de las precipitaciones y cuánto se debe a cambios en el uso del suelo en Brasil, donde tanto la deforestación cuanto el reemplazo del café por la siembra de soja, son cambios que reducen la infiltración y aumentan la velocidad de escorrentía, no está aún claramente determinado. Existe también incertidumbre acerca de si el aumento de precipitaciones resultará en aumento del volumen anual total de agua drenada o si el efecto del aumento de temperaturas, con su consecuente mayor tasa de evaporación terminará reduciendo el saldo total de agua, hasta el punto de que algunos expresan temor por el rendimiento futuro de los complejos hidroeléctricos.

La situación de estas también extensas costas fluviales es totalmente diferente a la de las costas oceánicas, pues las fluviales están muy densamente pobladas. En rigor, estas costas contienen la porción mayor de la urbanidad argentina, *la Megaciudad Fluvial-industrial de la Argentina*.

#### **b) La Megaciudad Fluvial-industrial de la Argentina.**

La Megaciudad fluvial-industrial de la Argentina se extiende a lo largo de alrededor de 400 Km., desde las ciudades gemelas de Santa Fe y Paraná, enfrentadas con el Río Paraná de por medio, ambas capitales de sus respectivas provincias, en el extremo norte, hasta la Plata en el extremo sur, también capital de su Provincia, la de Buenos Aires.

Además de estas tres capitales provinciales, la conurbación contiene al Area Metropolitana Buenos Aires, centrada alrededor de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Capital de la República y primera ciudad de la Argentina, y a la Ciudad de Rosario, la segunda. Aunque no es capital provincial, Rosario es una poderosa usina económica e importante nodo intermodal de transporte. Históricamente, Rosario cumplió funciones de *hub* ferroviario convergente al puerto muy similar al rol histórico de Buenos Aires. La megaciudad totaliza una población de 16 millones de habitantes, 40% del total nacional, y aloja al 70% de la economía (*figura 14*).



*Figura 14: Imágenes satelitales del área de la Ciudad de Santa Fe (año 2003); el área comprendida por la imagen de la izquierda está indicada en la de la derecha.*

Pero también las ciudades gemelas de Corrientes y Resistencia, también capitales provinciales, y que constituyen el mayor nodo de la Región Noreste, se desarrollan enfrentadas con el Río Paraná de por medio, en el punto de confluencia de su principal tributario, el Río Paraguay, sobre cuya costa está la ciudad de Asunción, capital de la vecina República del Paraguay. Sobre las costas del Río Uruguay existe un cordón de ciudades, gemelas de sus contrapartes uruguayas y brasileñas, unidas por importantes puentes conectores del MERCOSUR.

Dos de los más importantes complejos hidroeléctricos de Argentina, ambos binacionales, Yacretá en el alto Paraná, compartido con Paraguay, y Salto Grande, sobre el Río Uruguay, compartido con la República del mismo nombre, están también situadas sobre este sistema principal. El gigantesco complejo hidroeléctrico brasileño de Itaipú también está sobre este sistema, en el Alto Paraná.

Lo antedicho ilustra acerca de que todo lo que se escriba para destacar la importancia que esta cuenca fluvial reviste para Argentina jamás podrá ser exagerado y que, por lo tanto, reviste particular interés el análisis de vulnerabilidad de este extenso valle que además, por si todo lo antedicho fuera poco, aloja la Pampa Húmeda.

Una tira de ciudades intermedias se extiende entre Santa Fe y Rosario, y entre Rosario y Buenos Aires, conectadas por ferrocarril y autopista, pero también por sus puertos, que se han ido especializando hasta formar un sistema regional de puertos que tiende a conformar una situación más moderna que la anterior hiper-concentración en Buenos Aires y Rosario. Dado que los puertos fueron la razón primaria de su existencia, no es de sorprender que todas estas ciudades sean ribereñas, y a su vez constituyan ventanas abiertas a esa gran pregunta que es el inmenso territorio isleño del Delta el Río Paraná.

Muchas de estas ciudades costeras están protegidas de las inundaciones porque se construyeron sobre terrazas elevadas, en lo alto de modestos acantilados llamados

*barrancas* (entre 10 y 20 m.) que limitan los valles de los ríos. Por supuesto que hay excepciones, de las cuales dos casos extremos de vulnerabilidad, la ciudad de Santa Fe y el Area Metropolitana Buenos Aires serán tratados en detalle.

### **1.3.5. Santa Fe: la Catástrofe Proyectada**

#### **a) La Inundación de 2003**

En el caso de la Ciudad de Santa Fe parece injusto hablar de inundación, pues el término lleva consigo ciertos aspectos de calamidad inesperada de la naturaleza y, diríamos, una travesura, un mal comportamiento del Río, en este caso el Salado o Juramento. Nada más ajeno a este cuadro es lo que sucedió en Santa Fe, pues allí el Río no agredió a la ciudad sino que, por el contrario, el pobre Río, que no hizo nada más que cumplir honestamente con su función de desaguar una vasta cuenca del parque santiagueño, fue brutalmente agredido e ignorado durante la construcción de la ciudad y su infraestructura.

La ciudad de Santa Fe, con aproximadamente 350.000 habitantes es la capital de la Provincia del mismo nombre, la tercera jurisdicción federal del país por su importancia económica y demográfica; marca el extremo norte de la conurbación fluvial-industrial argentina.

Santa Fe es un puerto, sobre la ribera derecha del Río Paraná, situada cerca del punto en el que el Río Salado o Juramento desemboca sobre el Paraná. El cauce del Salado transcurre seco la mayor parte del tiempo, pero como drena una extensa área de territorio también generalmente muy seco, cuando lluvias extraordinarias afectan su cauce superior, el río puede volverse torrencial. El hecho fue perfectamente reconocido por los ingenieros ferroviarios que construyeron las vías que llegaron a la ciudad desde el sur, y que por lo tanto se vieron en la necesidad de atravesar el cauce del río. Ellos llevaron la vía sobre un viaducto elevado sobre pilares de ladrillos, de alrededor de kilómetro y medio de largo, de manera tal que las aguas podían reclamar la totalidad de su cauce cuando fuese necesario.

Este sabio precedente fue ignorado un siglo más tarde, cuando la propia ciudad, que llegaba al borde del cauce, comenzó a ocuparlo, cediendo a la tentación de urbanizar tierras tan inmediatas al casco urbano. Los ingenieros viales fueron más imprudentes que sus abuelos ferroviarios y, frente a la necesidad de trazar el acceso al centro urbano de la autopista Rosario-Santa Fe, cruzaron el cauce con un terraplén paralelo a las vías, en la década del `60, con sólo un angosto puente y una menos que mísera alcantarilla en el centro del cauce. Casi inmediatamente a la solemne inauguración el río reclamó su territorio, pero afortunadamente el puente actuó como fusible, siendo arrancado de cuajo junto con tramos de terraplén de cada lado.

El área drenada por el Río Salado había pasado anteriormente por épocas de precipitaciones suficientes como para que se produjese un desarrollo agrícola en la década del `20, como lo atestiguan el generoso viaducto y los grandes galpones de las estaciones, preparados para proteger importantes estibas de bolsas de trigo. Pero más tarde un prolongado período de sequías produjo el abandono de las explotaciones agrícolas. En los últimos 20 años, como lo ilustra la *figura 10*, las lluvias de 150 o más

mm. han registrado un marcado incremento en su frecuencia, en comparación con la veintena previa.

Desperdiciando la lección de la inundación y la ruina del puente de los `70, terraplén, ruta y puente no fueron rediseñados sino reconstruidos. Y lo que es peor, la ciudad acentuó su extensión sobre la cuenca del Salado, con resultados catastróficos en el año 2003, cuando el Río hizo otro retorno torrencial y el puente aguantó. Para proteger el sector urbano que se seguía construyendo sobre el cauce, se había proyectado un terraplén para *polderizar* el área. El proyecto del *polder* fue mezquino en su concepción desde un principio. Para peor, cuando vino el agua no estaba terminado, porque se necesitaba una variante más costosa para resguardar el predio deportivo del Jockey Club local, lo que provocó una pugna entre el gobernador de la Provincia y las autoridades del Club para dirimir quién se haría cargo de la diferencia. El Río había dado una advertencia previa, pero volvió con furia en 2003, cuando el extremo norte del *polder* estaba todavía inconcluso.

Esta vez el terraplén de la autopista resistió, actuando como un dique, lo que provocó la elevación del nivel de las aguas embalsadas, hasta que inundaron el polder a través de la brecha norte.

El resto es conocido, Santa Fe anticipó, en menor escala, lo ocurrido con Katrina y Nueva Orleans. Sabido es que la mayor parte de esta ciudad se encuentra por debajo de las aguas del Río Mississippi, de las que está protegida por terraplenes (*levées*) cuya construcción y mantenimiento está a cargo del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Como en Santa Fe, se produjeron brechas en el terraplén, Luego se desarrolló la misma película: cientos de miles de evacuados, familias enteras viviendo en los techos de sus casas, mientras las lluvias seguían cayendo. Defensa Civil y Prefectura, con sus lanchas y helicópteros evacuando a los pobladores en circunstancias dramáticas.

Cuando se diseñó el tiraje del puente de Santa Fe, se calculó que el territorio drenado por el Salado había sufrido un período de extraordinaria sequía tan prolongado, que la napa freática había desaparecido, y que había una capa de suelo muy profunda con nula saturación de humedad. Y por lo tanto la cantidad de agua que este enorme volumen terrestre debería absorber antes de que quedase un saldo hidráulico disponible para escurrir era tal que transcurriría muchísimo tiempo antes que éste ocurriese. Sin embargo las intensas precipitaciones de más de 150 mm. se empezaron a suceder con una frecuencia tal que este tiempo se agotó rápidamente. Cambio climático y falta de cultura territorial sumaron sus efectos para producir la situación reflejada en la *figura 15*, imagen satelital en la que se advierte claramente la brecha en el *polder* por donde se coló el agua. La incultura territorial abunda más de lo que se supone: el Hospital Pediátrico, financiado por el BID, perdió valioso material médico de última generación que estaba instalado en el subsuelo de un edificio ubicado en el área urbana inundada.

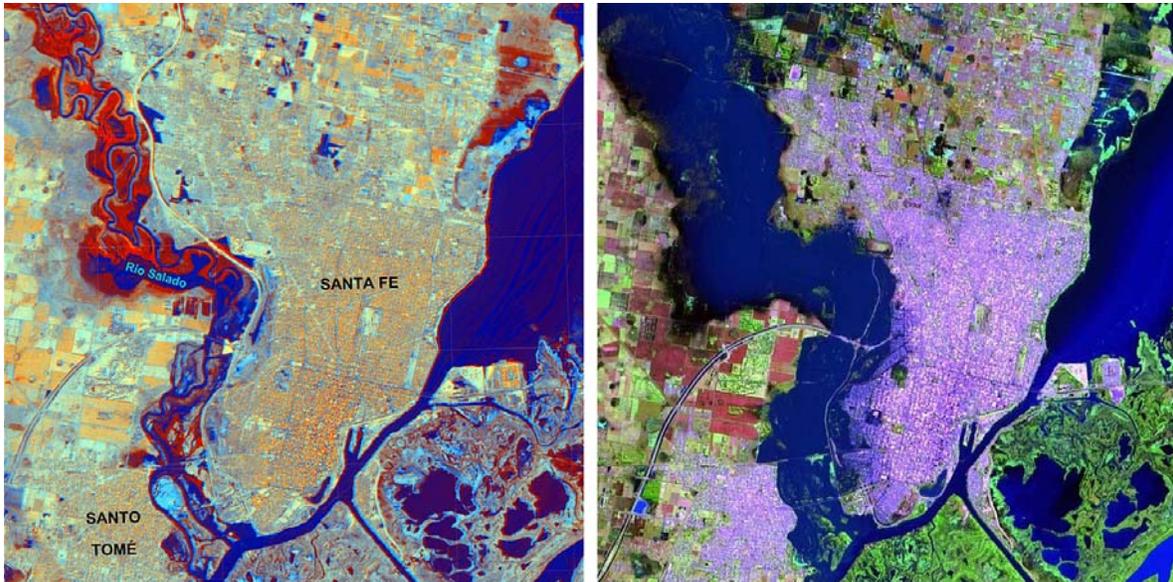


Figura 15: imágenes satelitales del área de la Ciudad de Santa Fe: izquierda: año 2007; derecha: inundación del año 2003

### 1.3.6. El Area Metropolitana Buenos Aires

Cuando decimos incultura territorial queremos aludir a un hábito de pensamiento común entre nosotros, pero bastante generalizado en otras partes, que tiende a ver lagunas, arroyos y bañados como imperfecciones del territorio, que deben ser subsanadas mediante la ingeniería hidráulica, con el fin de “normalizar” las tierras. Esta actitud es muy fuerte cuando la “imperfección” se encuentra en el camino de una expansión urbana vecina a áreas particularmente bien equipadas. Se recurre entonces a desagotar, *polderizar*, rellenar, entubar. Santa Fe es un caso extremo, por el castigo que la actitud recibió en la catástrofe de 2003.

Pero es conveniente examinar atentamente el caso del Area Metropolitana Buenos Aires, que merece un examen detallado de su vulnerabilidad frente al actual cambio climático.

La que llamamos corrientemente Area Metropolitana Buenos Aires (AMBA) abarca 35 municipalidades o partidos, además de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Capital Federal de la República, con una población total de alrededor de 13,5 millones de habitantes.

Vastas áreas de esta metrópolis, densamente poblada, sufren periódicamente de inundaciones. Las áreas vulnerables son de dos tipos: en primer lugar están las terrazas costeras bajas, que se extienden entre la línea del agua y pendientes suaves, probablemente la vieja línea de costa, un primer peldaño de otra terraza de alrededor de 6 metros de alto. La terraza está más claramente marcada en la sección norte de la ciudad, mientras que en la sur las terrazas costeras bajas son más anchas y las superiores más bajas. Cuando soplan fuertes vientos del sudeste, llamados *sudestadas* el nivel de las aguas del Río asciende, y estos bajos costeros se inundan. Pero en segundo lugar, hay áreas más extensas y más densamente pobladas construidas sobre los lechos de

antiguos arroyos y cañadas, hoy en día mayormente pavimentados y construidos, pero que naturalmente conservan el primitivo relieve de estas corrientes de agua. Cuando el nivel del Río asciende el drenaje natural de estos cursos se bloquea y, cuando las lluvias arrecian, no pueden drenar, con lo que se producen inundaciones localizadas.

Las tablas de niveles del Río de la Plata, tomadas en la desembocadura del Riachuelo muestran con frecuencia niveles de 3 metros y más sobre el cero del Puerto de Buenos Aires, localizado en este punto. Los valles de inundación de los principales corrientes de agua, el Río de la Reconquista y el Matanza-Riachuelo están construidos y poblados, como lo están los de sus tributarios. Hace un siglo, eran el vaso de expansión de estos cauces. Hoy en día hasta las corrientes principales mismas han sido transformadas en conductos pluviales maestros subterráneos y han sido pavimentados encima.

Los migrantes urbanos más pobres recién llegados se volcaron sobre las tierras vacantes de los bañados. Estaban vacantes precisamente por muy buenas razones, principalmente limitantes ambientales derivadas de los riesgos de inundación, o como hemos visto antes, es injusto llamar inundación a la ocasión en que un río o arroyo usa legítimamente su cauce. Pero cuanto más grandes las limitaciones para el establecimiento urbano, más vacantes se encuentran las áreas, y mayor es el impulso para ocuparlas. Por las mismas razones, su valor inmobiliario es prácticamente inexistente, y por lo tanto no están custodiados por sus propietarios, en el caso de que alguien se haya tomado el trabajo de perfeccionar sus títulos de propiedad sobre estas tierras. Hoy en día está en claro que este tipo de tierras no es adecuado para usos urbanos.

Los sectores oeste y sur de la metrópolis fueron el teatro de la industrialización, comenzada con el procesamiento de carnes: saladeros y frigoríficos, seguidos por curtiembres, metalurgia, química, textiles, etc. Las industrias atrajeron y alentaron la radicación de sus obreros en las inmediaciones de sus plantas. De ello resultó una textura urbana densamente construida y poblada en la cual la falta de redes cloacales y una permisiva legislación industrial dio como resultado la polución de todos los cursos de agua, notablemente los dos más importantes, el Río de la Reconquista y el Riachuelo: éste es hoy una cloaca orgánica e industrial a cielo abierto. Los problemas de extrema polución se suman a los de los desbordes, porque aguas infectas invaden *hábitat* humanos.

Todo lo expuesto con respecto a los riesgos hídricos del Area Metropolitana Buenos Aires señala la necesidad de realizar estudios particularizados en profundidad, toda vez que existe un Plan Hídrico para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, que contiene tanto la altimetría de todas las esquinas de la ciudad cuanto un modelo hídrico calibrado, que permite determinar el nivel a que puede llegar el agua en los sectores vulnerables de la ciudad, para tormentas con recurrencias de cinco hasta cien años, tanto en el estado cero como con la influencia de cada una de las obras previstas, a medida que vayan ejecutándose, siendo la más ambiciosa de ellas la que afecta al Arroyo Maldonado.

Es urgente poder contar con la misma calidad de información para todas las áreas vulnerables del AMBA. Por otra parte, el plan de Saneamiento de la Cuenca Matanza-Riachuelo, objeto de escándalo y escarnio político por su inoperancia histórica ha cobrado nuevo y creíble impulso, con la institución de la Autoridad de Cuenca Matanza-Riachuelo (ACUMAR). Obras de elevación de márgenes del Riachuelo, sistemas de desagüe pluvial y bombeo están proyectadas y parcialmente ejecutadas desde hace bastante tiempo. Indudablemente deberán reexaminarse a la luz del aumento previsible del nivel del mar.

La manera particular con la que este aumento global va a repercutir en una costa tan particular como la nuestra, donde puede verse una imagen tan notable de la pugna entre el agua del Plata y la del Atlántico como la que muestra la *figura 10* resulta una tarea urgente, toda vez que el profesor Barros manifiesta haber elaborado un modelo hídrico del Río de la Plata, insumo indispensable para dichos estudios, a los que estimo que la UBA debe abocarse sin tardanza.

### **1.3.7. Impactos en la glaciación, las nevadas y los deshielos**

El presente párrafo se ha redactado en base a los resultados de las investigaciones llevadas a cabo por las principales instituciones e investigadores dedicados al estudio de los probables impactos del fenómeno de cambio climático, sintetizados en <http://www.greenpeace.org/raw/content/espana/reports/informe-impactos-del-cambio-cl.pdf>, los reportes del Panel Intergubernamental sobre Cambio climático (IPCC) publicados en <http://www.ipcc.ch/>, y los datos publicados por la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), publicados en <http://www.unfccc.int/>

#### **a) La criosfera en Latinoamérica**

La criosfera en Latinoamérica está representada por los glaciares de montaña de los Andes, los campos de hielo ubicados en la Patagonia, y el campo de hielo de Darwin en Tierra del Fuego. Las nevadas estacionales sobre los Andes altos son críticas para la subsistencia de las comunidades en el centro de Chile y en las grandes comunidades pedemontanas en Argentina, donde el suministro de agua depende prácticamente de la fusión de la nieve.

La importancia actual de los ecosistemas de montaña en las economías nacionales varía de un país a otro, pero durante siglos las zonas montañosas andinas y extra-andinas han dado sustento a la agricultura tradicional de subsistencia de varias comunidades, sobre todo en los Andes centrales donde la densidad de población es muy alta.

#### **b) Los glaciares de la Patagonia**

Los resultados de las últimas investigaciones muestran que durante los últimos 30 años los 63 principales glaciares de la Patagonia se han derretido y han contribuido en 0,042 mm. por año al crecimiento del nivel del mar. A partir del '95, el derretimiento se duplicó lo que equivale a un crecimiento del mar de 0,105 mm. por año.<sup>1</sup>

El Hielo Continental Patagónico Norte (HPN) está localizado en su totalidad en Chile, y el Hielo Continental Patagónico Sur (HPS) está compartido entre Argentina y Chile. Cubren un área de 4.200 y 13.000 Km<sup>2</sup>. respectivamente; las precipitaciones de la región (2 a 11

---

<sup>1</sup> Rignot E. [et al]; Contribution of the Patagonia Icefields of South America to Sea Level Rise, Science, 2003.

m. por año) abastecen a estos glaciares, que descargan el agua producto del deshielo en el océano Pacífico en el lado oeste y en los lagos patagónicos del lado este (figura 16).

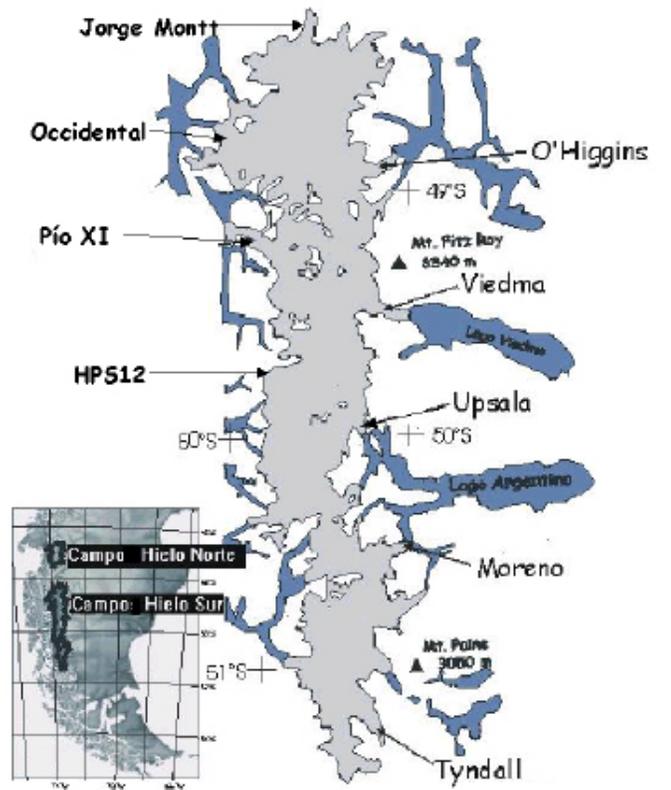


Figura 16: Ubicación de los principales glaciares patagónicos.

El volumen perdido de los glaciares incluye la pérdida de altura respecto al nivel del año 2000 y la pérdida frontal asociada al retroceso de sus frentes desde hace 30 años hasta la actualidad. Se encontró que el adelgazamiento es 4 a 10 veces superior que la pérdida por el retroceso del frente del glaciar. En el HPN el adelgazamiento de 24 glaciares es de 2,63 Km<sup>3</sup> por año. En el mismo período los glaciares del HPS perdieron 7,2 Km<sup>3</sup> por año de espesor.

Los glaciares de la parte norte del HPS están perdiendo espesor más rápido que los de la parte sur del HPS. Muchos de los mayores glaciares (Jorge Montt, Greve, Amalia, Dickson, Upsala, y O'Higgins) experimentaron un severo adelgazamiento y un serio retroceso de varios Km. (figura 17).



Figura 17: Imágenes del Glaciar Upsala: superior: año 1928; inferior: año 2004

El glaciar Pío XI es el único gran glaciar que está avanzando en el HPS (-2 m.). El mayor derretimiento se registra en el glaciar HPS12 (>28 m. por año); este retroceso es significativo desde finales de los '90 al igual que muchos otros glaciares donde más del doble de su tasa de adelgazamiento corresponde a años recientes. Las mediciones *in situ* del glaciar Tyndall revelan un incremento de la pérdida de su espesor desde finales de 1980. En el caso del glaciar Upsala, el resultado de las investigaciones revela que la reducción del espesor es mucho más pronunciada a partir de los '90.

Por el contrario, el glaciar O'Higgins, el cual muestra el mayor retroceso del siglo de todos los glaciares del Patagonia (14 Km.), disminuyó su retracción en los años recientes y adelgaza más despacio, posiblemente por factores vinculados a los fiordos donde se encuentra, que afectan la actividad de sus desprendimientos. El glaciar Perito Moreno también muestra una tendencia positiva, es decir experimenta un adelgazamiento poco significativo.

La causa principal de la reducción del espesor de los glaciares de la Patagonia es el balance negativo de masa causado por el cambio climático. El aumento de temperatura se estima entre un 0,4° C a 1,4° C al sur del paralelo 46° S<sup>2</sup>, aunque el aumento de las temperaturas y las condiciones más secas no explican totalmente las altas tasas de retracción de los glaciares.

Una parte sustancial de la pérdida de espesor de los glaciares se debe a la propia dinámica del hielo, pero el calentamiento global profundiza su derretimiento. Las investigaciones recientes muestran que las temperaturas durante el siglo XX han sido anormalmente cálidas en los Andes del sur.<sup>3</sup>

### **c) Los glaciares de la región de Cuyo**

Las evaluaciones del IPCC muestran que la mayoría de los glaciares andinos tenderán a desaparecer hacia el año 2100, mientras que los glaciares patagónicos continuarán existiendo hasta entrado el siglo XXII, por lo que la disponibilidad de agua en estas regiones dependerá aún más del régimen de lluvias y nevadas.

Hacia fines de la década del 60 la región de Cuyo sufrió un período de sequía por falta de precipitaciones, que resultó en una pérdida del 35% del PBI de la economía mendocina. Los cambios en nevadas y deshielos podrían afectar severamente las áreas pedemontanas de los Andes.

Dado que el agua es un recurso escaso en la región cuyana (menos de 180 mm. anuales), la agricultura, la producción hidroeléctrica y el desarrollo de centros urbanos son posibles gracias al derretimiento de nieve acumulada en invierno y almacenada en el hielo de los glaciares y en la cubierta de nieve de las montañas.

La actividad agrícola es sólo posible gracias a un desarrollado sistema de irrigación que aprovecha eficientemente el agua de deshielo de verano proveniente de la Cordillera. El contraste entre la vegetación del desierto natural y el verde de los cultivos, evidencia el rol vital de las montañas como “las fuentes de agua del mundo para el siglo XXI”.<sup>4</sup>

La importancia del sistema de irrigación en las provincias de Cuyo queda demostrado en los últimos datos del INDEC correspondientes al Censo Nacional Agropecuario, que muestran que el 79% de las explotaciones agropecuarias de la región están bajo riego, mientras que, por el contrario, en la provincia de Buenos Aires sólo el 6% de esas actividades dependen de sistemas de irrigación.

La Cordillera de los Andes intercepta las masas de aire húmedo provenientes del Pacífico dando origen a las nieves y hielos de montaña que luego se derriten y abastecen los

---

<sup>2</sup> Rignot E. [et al]; (op cit)

<sup>3</sup> Villalba, R.; [et al] Large-Scale Temperature Changes Across the Southern Andes: 20th-Century Variations in the Context of the Past 400 Years, *Climatic Change*, 2003.

<sup>4</sup> Liniger, H. [et al]; *Mountains of the World, Mountain Agenda for the Commission on Sustainable Development (CSD)*, University of Bern. 1998.

caudales de los ríos de la región. Los recursos hídricos han sido el factor limitante de la producción agrícola-ganadera, cuya variación ha dependido fundamentalmente de la disponibilidad y gestión de tales recursos.

La fusión de la nieve constituye la fuente del recurso hídrico, tanto superficial como subterráneo. El exceso de uso debido a la alta densificación poblacional agrava la situación, y el caudal de los pozos de extracción perforados para abastecer la creciente demanda depende también de las nieves andinas. El caudal de los ríos muestra una tendencia negativa que podría provocar crisis hidrológicas en las zonas pedemontanas irrigadas y en las poblaciones vecinas aún si la distribución y el manejo del agua fuera más eficiente.

Investigadores del Instituto Argentino de Nivología y Glaciología (IANIGLA) describen los resultados del balance de masa a partir del año 1979 del glaciar Piloto, situado en la cabecera de la cuenca del río Las Cuevas; el estudio revela que la importancia de la contribución del glaciar al caudal del río se ha incrementado durante los últimos 40 años debido a la escasez de nevadas.<sup>5</sup>

Actualmente el IANIGLA está investigando la contribución local de los glaciares a los cursos de agua y las variaciones de su masa durante el último siglo, y asimismo tratando de comprender la relación entre el cambio climático y la fluctuación de los glaciares.

*Glaciares del río Atuel:* el análisis de las fluctuaciones de algunos glaciares tributarios de la cuenca del Alto río Atuel, en Mendoza, evidencian que las masas glaciarias de esa zona han sufrido una recesión constante durante los últimos 400 años, período en el cual aumentó la temperatura media global y la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) (*figura 18*).

---

<sup>5</sup> Leiva, J., [et al]; Mass balance of glaciar Piloto, Las Cuevas river basin, Symposium on Mass Balance of Andean Glaciers, 12-14 March, 2003.



Figura 18: Imágenes del Glaciar Humo; superior: año 1914; inferior: año 1982.

Glaciar	Período	Retroceso
HUMO	de 1948 al 1955	300 m.
	de 1955 al 1963	160 m.
	de 1963 al 1970	300 m.
	de 1970 al 1982	150 m.
FIERO	de 1948 al 1955	12 m.
	de 1955 al 1963	80 m.
	de 1963 al 1970	300 m.

*Glaciar Piloto, Río Las Cuevas:* está situado entre los 4.185 y 4.900 m. sobre el nivel del mar, y su balance de masa acumulada medida entre 1979 y 1984<sup>6</sup> es negativo para el período, confirmándose la tendencia general de retroceso observada en los glaciares desde inicios del siglo XVIII.

*Glaciares del río Plomo:* el sistema de glaciares del río Plomo comprende los glaciares Alto y Bajo del Plomo, Juncal I y Juncal II. Han sido intensamente estudiados por investigadores mendocinos, y sólo el Juncal II ha mostrado un continuo avance durante el período de observación.

#### d) La situación global

De acuerdo a los reportes del IPCC durante el siglo XX la temperatura global en superficie aumentó 0,6° C, y la cubierta de hielo y nieve ha decrecido. Entre otros riesgos, el flujo de

<sup>6</sup> Leiva, J., [et al], 1986.

agua fría procedente del Artico podría aumentar e influir en la corriente termohalina<sup>7</sup>, que permite a gran parte de Europa gozar de un clima relativamente templado. El aumento de humedad en la atmósfera del Artico y norte de Europa traería aparejado el aumento de las precipitaciones y otras implicancias, como la pérdida del hábitat natural de osos polares, focas y grandes depredadores (figura 19).

El crecimiento del nivel del mar se podrá medir en metros a medida que la criosfera<sup>8</sup> desaparezca, provocando la emigración obligada de las poblaciones más vulnerables. El consumo humano, la agricultura y la energía hidroeléctrica de muchas regiones del planeta se verían afectados por la reducción del aguanieve de los glaciares.

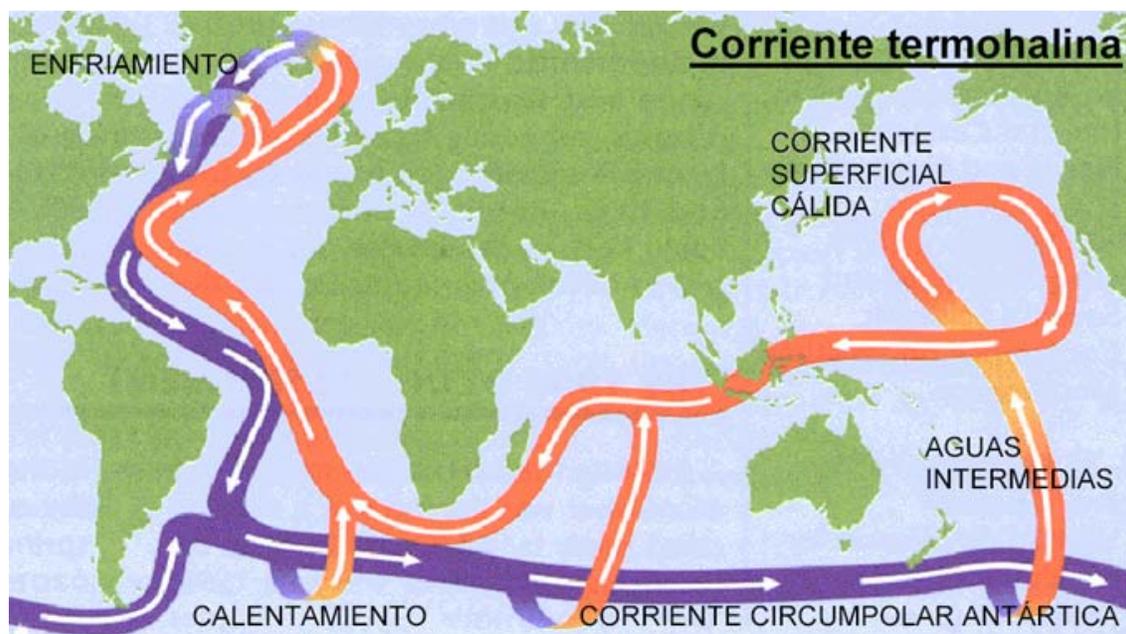


Figura 19: La corriente Termohalina.

<sup>7</sup> La circulación termohalina del Atlántico Norte (Corriente del Golfo) es impulsada por las diferencias de temperatura y por el contenido de sal del agua de mar; el hielo marino contiene menos sal que el agua de mar, cuando se forma el hielo marino la salinidad y la densidad de la capa superficial del océano aumentan; esto promueve el intercambio de agua con las capas más profundas del océano y afecta la circulación oceánica. La formación de icebergs y la fusión de las barreras de hielo devuelven agua dulce de los continentes a los océanos, el cambio en el ritmo de estos procesos podría afectar la circulación oceánica al modificar la salinidad en la superficie. La circulación termohalina tiene dos efectos relacionados con los sistemas naturales: en primer lugar, sus corrientes emergentes posibilitan el afloramiento a la superficie de nutrientes desde las profundidades del mar; en segundo lugar, redistribuye el calor entre el ecuador y los polos disminuyendo las amplitudes térmicas (Hadley Centre; The greenhouse effect and climate change. Berkshire: Hadley Centre for Climate Change Prediction and Research, 1999).

<sup>8</sup> La criosfera consiste en aquellas regiones de la Tierra cubiertas por hielo y nieve, tanto en territorio continental como en los mares. Incluye la Antártida, el Océano Ártico, Groenlandia, el Norte de Canadá, el Norte de Siberia y la mayor parte de las cumbres de las cadenas montañosas donde las temperaturas bajo cero persisten durante la mayor parte del año. La criosfera juega un rol fundamental en la regulación del sistema climático global.

La nieve y el hielo tienen un alto albedo<sup>9</sup> (reflectividad), es decir reflejan mucha de la radiación solar que reciben, por ejemplo algunas partes de la Antártida reflejan hasta un 90% de la radiación solar incidente, comparado con el promedio global que es de un 31%.

Sin la criosfera, el albedo global sería considerablemente menor de modo que se absorbería más energía a nivel de la superficie terrestre y consecuentemente la temperatura atmosférica podría elevarse aún más.

La investigación de los glaciares se basa en el análisis de documentos históricos, mapas, fotografías e imágenes satelitales que facilitan el estudio de sus variaciones; además se emplea la dendrocronología (análisis de los anillos de los árboles), para conocer su fluctuación.

En el estudio la morfología y características de los glaciares, se utiliza la siguiente clasificación:

*Inlandsis*: masas de hielo que se extienden en forma continua y que se mueven en todas direcciones; incluye los mantos continentales de la Antártida y Groenlandia, y el Hielo Continental Patagónico. Cubren extensas superficies rellenando todas las depresiones y tapando inclusive el relieve orográfico. La gravedad no tiene influencia en la dinámica de este tipo de glaciares; se mueven por la fuerza de empuje ejercida desde los centros de dispersión, donde se producen grandes acumulaciones de hielo, hacia la periferia.

*Glaciares de valle*: grandes mantos que cubren la parte superior de montañas y bajan limitados por los valles montañosos hasta alcanzar la llanura. Pueden tener una extensión de varios kilómetros. Se encuentran en altiplanicies donde han alcanzado la orilla del mar dando origen a los fiordos que caracterizan esas costas, como las escandinavas o las del sur de Chile.

*Glaciares de circo*: están confinados en una cuenca con forma de anfiteatro. Ocupan una extensión de algunas hectáreas a varios Km<sup>2</sup>.

*Glaciares de piedemonte*: constituidos por un inmenso glaciar al pie de las montañas alimentado por dos o más glaciares tributarios de mayor tamaño que descienden de la parte alta de las montañas, formando un gigantesco manto de hielo en forma de abanico.

*Glaciares compuestos*: se originan en la confluencia de dos o más glaciares simples, cada uno con su cuenca de alimentación propia. Corren casi siempre por un valle más amplio.

El ejemplo más característico lo constituye en Argentina el glaciar Upsala con sus tributarios, los glaciares Cono y Bertachi.

*Calving* (desprendimiento de témpanos): su frente está en contacto con un cuerpo de agua, pierden parte de su masa con el desprendimiento de témpanos, por ejemplo el

---

<sup>9</sup> El albedo de la superficie es una medida de reflectividad que indica qué cantidad de radiación solar es reflejada por un cuerpo. Un valor de 1 define una reflectividad perfecta de la superficie. Las superficies blancas como la nieve y el hielo tienen alto albedo (en el orden de 0,8 a 0,9). Un valor de 0 define una absorción perfecta de la superficie. Las superficies oscuras como un bosque y la superficie del océano tienen bajo albedo (de 0,1 a 0,3).

glaciar Perito Moreno y el Spegazzini en el Lago Argentino, y el Viedma en el lago del mismo nombre.

Se transcribe a continuación una descripción del estado de los principales glaciares del planeta:

*Monte Kilimanjaro:* un reporte reciente de Lonnie Thompson, investigadora de la Ohio State University, indica que la capa de hielo del Monte Kilimanjaro podría desaparecer en menos de 15 años. El glaciar perdió entre 1989 y el año 2000 el 33% de su masa de hielo.

*Himalaya:* varios científicos prevén que todos los glaciares del centro y el este del Himalaya habrán desaparecido para el 2035. Si continúan derritiéndose podría afectar el suministro de agua de gran parte de Asia. Los caudales de los mayores ríos de la región (Indo, Ganges, Mekong, Yangtse y Amarillo) se originan en el Himalaya.<sup>10</sup>

*Andes peruanos:* el glaciar Quelcaya perdió el 20% de su volumen desde 1963 y retrocedió más rápido en el último siglo que en cualquier momento de los últimos 500 años;<sup>11</sup> el retroceso se incrementó a 30 m. por año durante la década del '90, y se estima que desaparecerá antes del 2020. Igual suerte corre el glaciar Chacaltaya; este glaciar es la fuente principal de agua para consumo e hidroenergía: el cambio climático significa una seria amenaza para la comunidad de la ciudad de La Paz, Bolivia.<sup>12</sup>

Ecuador corre el mismo riesgo ante la inminente desaparición de sus glaciares.

*Pirineos españoles:* la mitad de los glaciares que existían en 1980 ya han desaparecido.<sup>13</sup>

*Alpes austríacos:* de acuerdo a la información proporcionada a la UNFCCC por el gobierno de Austria en la Primera Comunicación Nacional, si la temperatura aumentara en 2 °C, todos los glaciares austríacos perderían volumen y muchos desaparecerían completamente.<sup>14</sup>

*Alaska:* el Bering es el mayor glaciar norteamericano y su retroceso es rápido. Entre el año 1967 y el año 1993 retrocedió 10,7 Km. Durante los últimos 4 años se registró un rápido retroceso, que en el 2002 fue de 700 m. en menos de 24 horas, y en junio de ese mismo año, desprendió un iceberg de 1,2 Km. de largo, el más grande visto hasta el momento.<sup>15</sup>

---

<sup>10</sup> Informe de Greenpeace; Los glaciares de todo el mundo sufren los impactos del cambio climático, noviembre de 2001

<sup>11</sup> Liverman D., [et al]; The impacts of Climate Change in Latin America, Greenpeace International. 1994.

<sup>12</sup> Kirsty, H; Climate Change in the Andes ; Weekly Newspaper, Internet Edition, No. 35, 2000.

<sup>13</sup> Informe Greenpeace; op cit

<sup>14</sup> <http://www.ccsr.u-tokyo.ac.jp/unfccc4/pdfs/unfccc.int/resource/docs/spanish/cop1/nc3s.pdf>

<sup>15</sup> Molnia, B.; Disarticulation and Recent Rapid Retreats of the Bering Glacier, Alaska, U.S. Geological Survey, International Union for Quaternary Research—INQUA— XVI Congress, 23-30 de julio, 2003. [http://gsa.confex.com/gsa/inqu/finalprogram/abstract\\_55535.htm](http://gsa.confex.com/gsa/inqu/finalprogram/abstract_55535.htm)

*Groenlandia*: es la mayor masa de hielo del hemisferio norte. Algunos modelos climáticos predicen que su capa de hielo podría perder la mitad de su masa en los próximos 500/1.000 años, contribuyendo a aumentar en 3 m. el nivel de mar. La cantidad de hielo del Ártico se ha reducido drásticamente durante los últimos 20 años y podría desaparecer totalmente durante el verano en un plazo de 100 años.<sup>16</sup>

*Antártica*: la Antártida, la mayor masa de hielo del planeta, presenta un sistema un poco más complejo, aunque parte de la capa helada de la región oeste y las plataformas de hielo de la península están en retroceso.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> Informe de Greenpeace; El Estado de la Criosfera, Lo que el Hielo nos Cuenta; diciembre 2003.

<sup>17</sup> Informede Greenpeace; op cit

## 2. RESEÑA DE PONENCIAS DEL 38º SEMINARIO SOBRE “EMERGENCIAS PLANETARIAS”

*Centro para la Cultura Científica “Ettore Majorana”  
ERICE, SICILIA, 19 AL 24 DE AGOSTO DE 2007*

### 2.1. Introducción

Esta reseña contiene un resumen traducido de solamente aquellas ponencias que, a mi juicio, me parecieron más relevantes al centro de nuestro interés, vale decir al impacto del Cambio Climático Global sobre el Territorio Argentino.

La selección responde pues, a mi exclusiva responsabilidad y criterio y no refleja juicio de valor alguno establecido por el Plenario del Seminario.

Los textos seleccionados surgieron de ponencias presentadas en los Paneles de Monitoreo Permanentes de Límites del Desarrollo (LoD), Cambio Climático (CC) y Energía (E).

Tampoco el orden en que están presentadas aquí se ajusta necesariamente a la secuencia temporal con la que fueron presentadas.

Los resúmenes comprenden:

#### **Primera Serie: “Crítica de los modelos y predicciones existentes”**

- 1.- *Meteorología y Clima: Problemas y Expectativas. Prof. Antonino Zichichi.*
- 2.- *Limitaciones de los Modelos del Sistema de la Tierra. Prof. Graeme Stephens (CC).*
- 3.- *Cuestiones Científicas detrás de las Controversias acerca de la robustez de los Modelos Climáticos. Prof. Garth Paltridge (CC).*

#### **Segunda Serie: ¿Qué sabemos, y con qué grado de certidumbre?**

- 4.- *Sumario y Mensajes Clave del Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del IPCC WGI. Prof. Filippo Giorgi (CC).*
- 5.- *¿Puntos de volcamiento o Cambio Climático gradual? Prof. Timothy Lenton (CC).*

#### **Tercera Serie: Algunos Impactos nacionales del Cambio Climático.**

- 6.- *Riesgos, vulnerabilidades y medidas de mitigación en los Establecimientos Humanos frente a las Cambiantes Condiciones Climáticas en México. Prof. Alberto Gonzalez Pozo (LoD).*
- 7.- *Afrontando el Cambio Climático: El Caso Brasileño. Prof. Geraldo Gómez Serra (LoD).*
- 8.- *Limitaciones al Desarrollo: Cambio Climático y el impacto del aumento del nivel del mar en ciudades de Estados Unidos. Prof. Christopher Ellis / Jesse Saginor (LoD).*
- 9.- *Impacto del Cambio Climático Global sobre el Territorio Argentino. Prof. Juan Manuel Borthagaray (LoD).*

#### **Cuarta Serie: ¿Qué Hacer?**

- 10.- *Energía y Clima, Manejando el Cambio Climático. Prof. Arthur Rosenfeld (E).*

- 11.- Reducir el crecimiento de las emisiones de CO2 de los vehículos a motor hasta 2050: eficiencia, combustibles de bajas emisiones y tecnologías avanzadas. Prof. Carmen Difiglio (E).
- 12.- Adaptación: una Estrategia Natural. Prof. Thomas Willbanks (CC).
- 13.- Remediación: Geoingeniería: ¿Una posible póliza de seguro? Prof. Michael Mac Cracken (CC).

El presidente de la Asociación Para una Cultura Científica “World Laboratory”, y a la vez *chairman* del Seminario, profesor Antonino Zichichi tuvo a su cargo la conferencia que abrió las jornadas, en el plenario inaugural.

## 2.2. Primera Serie: “Crítica de los modelos y predicciones existentes”

1.- **Zichichi** reiteró las reservas que ya había formulado el año pasado, acerca de la confiabilidad de los modelos matemáticos en los que se basan los escenarios previstos para 2090 - 2100, bajo el título: **METEOROLOGIA Y CLIMA: Problemas y expectativas**. Expresó que un elemento clave en los problemas de Meteorología y Cambio Climático es la matemática necesaria, que consiste en un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales fuertemente acopladas. En este orden de ideas, su contribución al seminario surge de su experiencia en el campo de las interacciones fundamentales. Allí tratan de hacer predicciones, por ejemplo, acerca del umbral de energía necesario para que ocurra el Súper mundo, y el nivel de energía donde todos los fenómenos se originan. Estas predicciones se basan en un sistema de tres ecuaciones diferenciales no lineales débilmente acopladas. El que estas predicciones sean ciertas o falsas es un tema que atrae la atención de un puñado de personas interesadas en la Lógica de la Naturaleza. No tendrán consecuencias sobre la vida cotidiana en los años futuros. Por el contrario, las predicciones acerca de la meteorología y el Cambio Climático tienen enormes consecuencias y atraen el interés de todos.

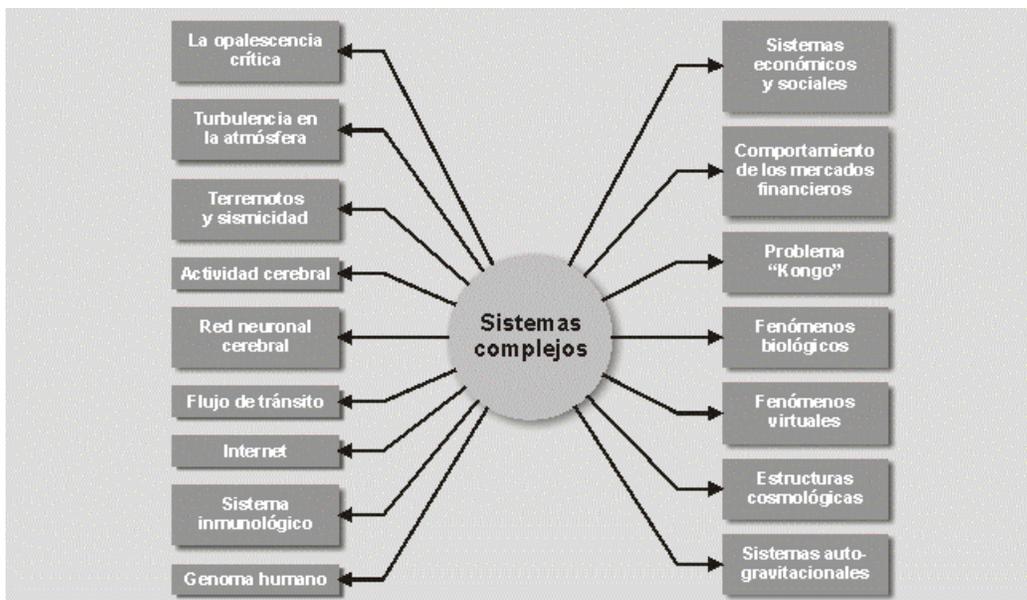


Figura 20: Los sistemas complejos.



**2.- El Profesor Graeme Stephens, del Departamento de Ciencias de la Atmósfera, de la Universidad del Estado de Colorado, contribuyó con “Limitaciones de los modelos del Sistema de la Tierra”**

Stephens dijo que los modelos usados en las últimas evaluaciones climáticas están, mayormente, basados en principios físicos bien establecidos, fundamentalmente por las ecuaciones Navier Stokes, y encuadrados en consideraciones básicas como el balance de energía. Sin embargo la manera en que los procesos termodinámicos que entrañan cambios de fase del agua en la atmósfera, están asentados sobre suelo mucho menos firme, y son principalmente empíricos, por ejemplo la parametrización convectiva.

Puede afirmarse, dijo, que la incapacidad, tanto de los pronósticos meteorológicos, y de los modelos climáticos para predecir algunos de los modos más dominantes de la variabilidad del tiempo está ligada a cómo la convección está representada en esos modelos.

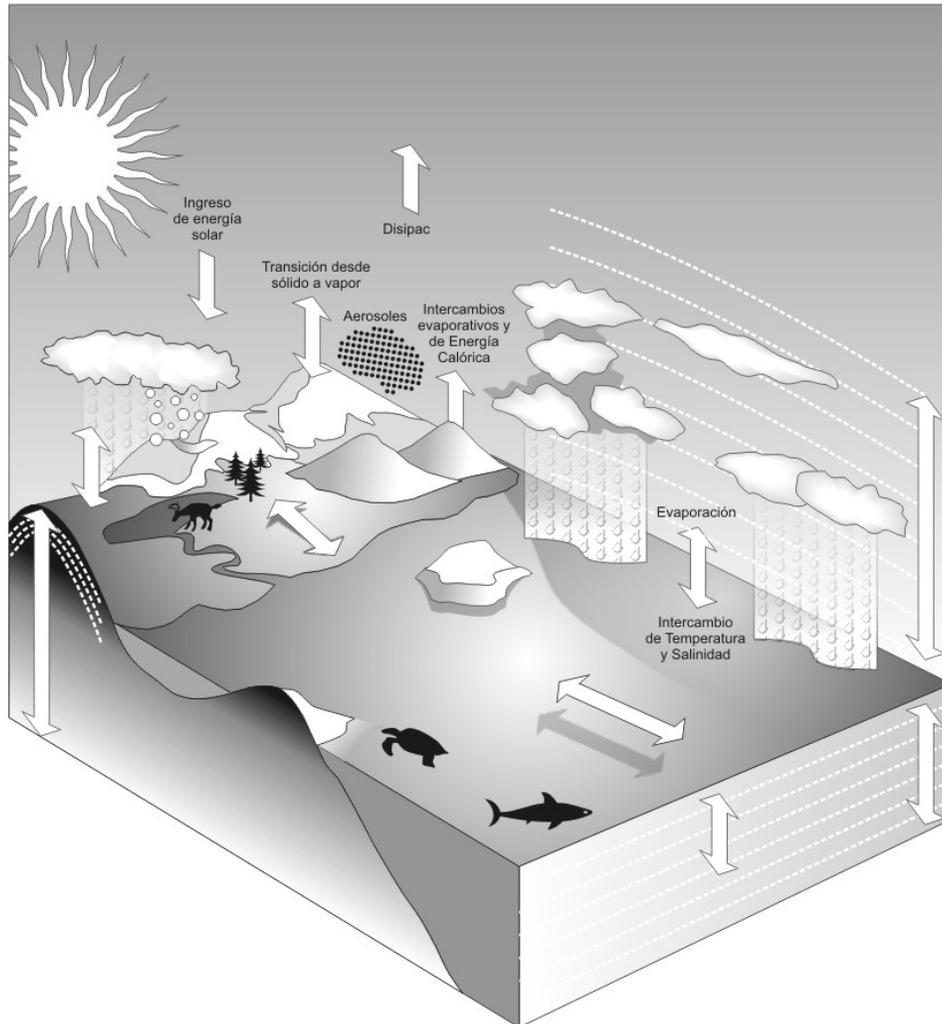


Figura 22: Modelo del sistema climático

Los modelos han sido sometidos últimamente a un creciente escrutinio, y el análisis diagnóstico del comportamiento de los modelos ha sido facilitado por los esfuerzos coordinados internacionalmente para coleccionar y difundir resultados de modelos producidos en igualdad de situaciones. La presentación intenta demostrar cómo ciertos importantes aspectos de los modelos climáticos están en línea con los sistemas de cambio climático cuando son observados en la gran escala. Presentó otros ejemplos que sugieren que los cambios observados en el clima de la Tierra son consistentes con las proyecciones de cambio climático de los modelos.

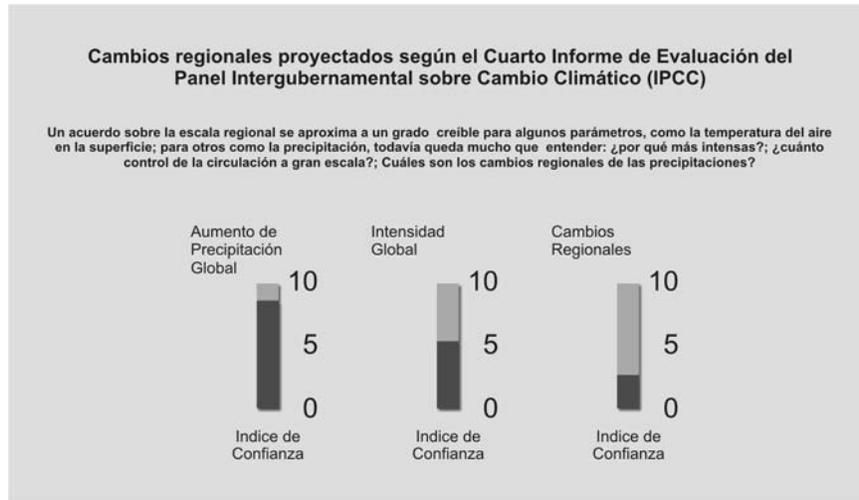


Figura 23: Cambios proyectados según el IPCC FAR

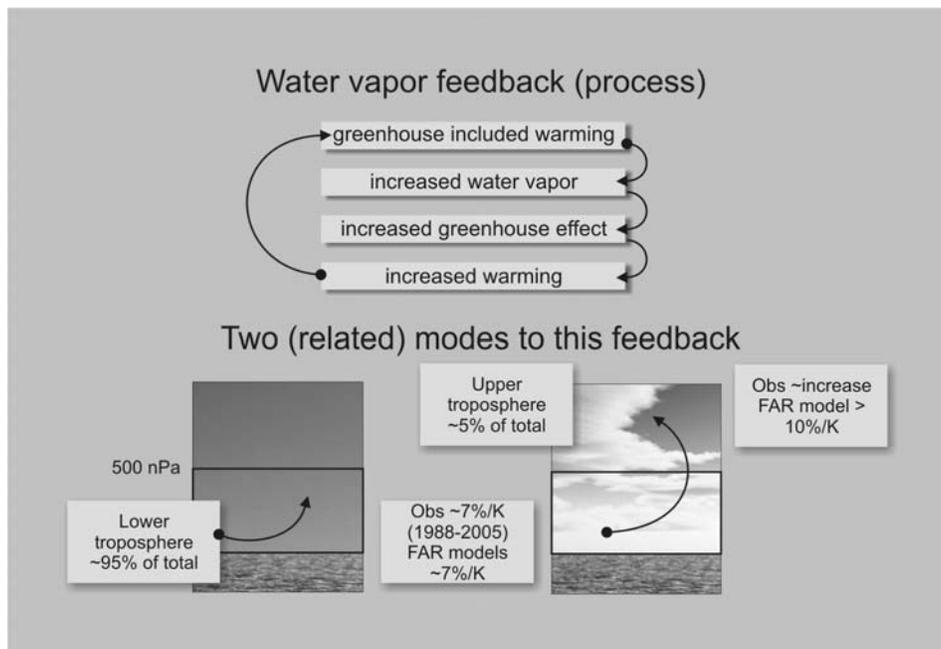


Figura 24: Proceso "feedback" del vapor de agua.

Sin embargo, a medida que el foco se concentra en el cambio climático local la confianza en los modelos se debilita, particularmente en lo que hace a la distribución de las precipitaciones, intensidad de las tormentas y otras propiedades asociadas con cambios en los procesos hidrológicos. Estas consideraciones lo llevan a poner en cuestión la predictibilidad misma del sistema climático y la convección en particular.

**3.- El profesor *Garth Paltridge*, de la Universidad Nacional de Australia, expuso acerca de “*Cuestiones Científicas detrás de las Controversias acerca de la robustez de los Modelos Climáticos*”.**

La interesante ponencia subraya la importancia de los factores de turbulencia y estimo de gran interés para los especializados. Es de destacar el candor con el que acepta lo poco que se sabe de algunas cuestiones básicas, y la admisión de factores “*random*” o de casualidad ingobernable. Redondea manifestando: Es un gran misterio lo que podríamos hacer al respecto, dado que hay tan poca posibilidad de verificación experimental de estas parametrizaciones, El gran peligro es que, con la creciente complejidad y costos de los modelos, la cantidad de modelos verdaderamente independientes está decreciendo en el mundo. Esto se debe a que paquetes enteros de código de modelos se intercambian a menudo entre grupos, para evitar tener que reescribir todo desde cero, junto a una tendencia burocrática general que profesa horror a todo lo que parezca duplicación del esfuerzo. El resultado neto seguramente será una disminución natural de la difusión del feedback sobre los modelos que sobrevivan y la consecuente alegría ante el aparente mayor ajuste del rango de proyecciones de aumento de la temperatura, satisfacción que puede no tener nada que ver con un mejoramiento en las representaciones de la física. Tal vez debiéramos hacer algo frente a este particular problema, pero el aspecto político de la situación sugiere que esto no ocurrirá pronto.

Esta serie de presentaciones que ponían en duda la confiabilidad de los modelos matemáticos en los que se basa la predicción de escenarios de cambio climático desde ahora hasta fin del siglo pareció haber desplazado la cuestión desde el cambio climático en sí hacia un medio para estimar los modelos, y el escepticismo acerca de ellos tendía a rozar un escepticismo acerca de la existencia misma de aquellos cambios climáticos a los que contribuyen, en medida apreciable, las acciones humanas, principalmente de producción de energía a partir de combustibles fósiles.

#### **2.4. Segunda Serie: *¿Qué sabemos, y con qué grado de certidumbre?***

**4.- En este contexto, la exposición del Profesor Giorgi vino a actuar como una terapia de shock: *Filippo Giorgi*, del Centro Internacional Abdus Salam de Física Teórica, de Trieste, y a la vez miembro del Bureau WG1 del IPCC, informó acerca del resultado de este Panel Internacional de Naciones Unidas, en su exposición “*Sumario y Mensajes Clave del Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del IPCC WG I*”**

Nos recordó que una de las tareas del IPCC, o Panel Internacional para el Cambio Climático, establecido a finales de la década de 1980, es producir regularmente Informes de Evaluación (Assessment Reports) acerca del status de la ciencia del cambio climático en relación con las amenazas que el cambio climático pueda plantear a las sociedades humanas y los ecosistemas naturales. En los últimos dos ciclos de informes, el IPCC

formó tres Grupos de Trabajo (Working Groups, o WG). El WG uno (WGI) trata de la ciencia física del cambio climático, el WGII con los impactos y adaptaciones al cambio climático y el WGIII con cuestiones de mitigación del cambio. Tres contribuciones mayores al informe, una por cada Grupo de Trabajo, son producidas a intervalos más o menos regulares de seis años. El Cuarto Informe de Evaluación (AR4) fue difundido en la primera mitad de 2007, y este trabajo presenta las conclusiones principales y mensajes clave de la contribución del WGI al AR4 (IPCC, 2007).

Evidencias crecientes indican que el sistema climático global se ha estado calentando durante el siglo XX. Las evidencias se basan en una multiplicidad de indicadores, tales como crecientes temperaturas de superficie, oceánicas y troposféricas, disminución de hielos marinos y mantos nevados y aumento del nivel del mar. Las evidencias se han hecho tan abrumadoras que el Cuarto Informe de Evaluación (AR4) define al calentamiento global como “inequívoco”. Además estudios de atribución dan alta confiabilidad (90-95%) a que el calentamiento producido desde mediados del siglo XX es principalmente atribuible al efecto invernadero asociado con crecientes emisiones antropogénicas de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero (GHG). Durante el mismo período, factores naturales, como cambios en la actividad del sol y los volcanes juegan un papel sólo secundario.

Como se espera que la emisión de GHG a la atmósfera continúe creciendo, también es dable esperar que el calentamiento global y otros cambios en el sistema climático global también crezcan durante el siglo XXI, posiblemente hasta niveles que puedan representar una amenaza para la sociedad humana y los ecosistemas naturales. Un conjunto sin precedentes de modelos de simulación del clima global ha sido desarrollado para cuantificar las proyecciones de cambio climático del siglo XXI y llevarlas del plano global a la escala regional y para estimar los grados de incertidumbre de esas proyecciones. La ponencia comienza por una revisión de las evidencias registradas de calentamiento global junto con la atribución de este calentamiento a causas antropogénicas. El último conjunto de proyecciones de cambio climático para el siglo XXI según diferentes escenarios de emisiones de GHG es examinado, junto con las incertidumbres subyacentes en estas proyecciones y las herramientas de modelación utilizadas para producirlas.

**5.- Este campo de los cambio - creyentes vino a quedar fuertemente reforzado por la presentación de *Timothy Lenton*, de la escuela de Ciencias del Ambiente de la universidad de East Anglia sobre “¿Puntos de volcamiento o Cambio Climático gradual?”**

Comenzó comentando que el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) en sus distintos excelentes informes tiende a retratar al Cambio Global como una transición tersa. Aunque las proyecciones rara vez son una línea recta, el sistema subyacente y sus respuestas aparecen como “lineales” (en términos matemáticos). Hay, por cierto, excepciones, siendo notables el posible colapso de la circulación termohalina del Atlántico o el derretimiento irreversible de la capa de hielo de Groenlandia, ambos significativamente observados en el último informe del IPCC (2007) Estos representan componentes “no-lineales” de gran escala del sistema Tierra. La aparente tersura de las proyecciones típicas del IPCC surge de (por lo menos) tres razones:

l) Tienden a enfocar valores promedio globales (por ejemplo temperatura, nivel del mar) que aumentan y promedian sobre la variabilidad de escala regional.

II) Estas proyecciones de promedios globales a menudo provienen de un modelo de caja simple (MAGICC) que ha sido “entrenado” para emular rasgos de gran escala de Modelos de Circulación General (GCMs) de nivel estado-del-arte pero no sus rasgos estocásticos no lineales.

III) Cuando se muestran las salidas del GCM casi siempre están promediadas sobre ventanas temporales relativamente largas, y a veces sobre conjuntos de corridas, de manera que “planchan” cualquier variabilidad de corto plazo.

Esto no quiere decir que el sistema Tierra, aunque lleno de no linealidades, no resulte lineal en su respuesta general. Sin embargo, hay muchos componentes (o subsistemas) en el sistema Tierra que pueden desplegar un comportamiento y transiciones no-lineales cuando son forzados climáticamente por causas humanas (antropogénicas).

Algunas de estas transiciones donde “un pequeño cambio puede hacer una gran diferencia” han sido descritos como “puntos de volcamiento” un término popularizado en un contexto sociológico por Malcolm Gladwell en su libro “El punto de volcamiento”. Por razones de claridad, hemos introducido recientemente el término “elemento de volcamiento” para describir los componentes del sistema Tierra que pueden ser llevados, bajo condiciones particulares, a un estado cualitativamente diferente por pequeñas perturbaciones. El término “punto de volcamiento” es usado entonces para referir al punto crítico, (en el forzamiento y rasgos del sistema en que tal transición se gatilla. Este artículo se explora en los elementos de volcamiento en el sistema Tierra que pueden ser gatillados por cambios climáticos debidos a causas antropogénicas, y dónde pueden estar esos puntos (el concepto “termino de Volcamiento” se comprende mejor si lo asimilamos a nuestro “La gota de agua que rebalsa el vaso”).

Para componentes del sistema Tierra que son por lo menos subcontinentales en escala (1.000Km aprox.) hay un elemento de volcamiento si los parámetros que controlan el sistema pueden ser combinados de manera transparente en un solo control, y existe un valor crítico de este control a partir del cual una pequeña perturbación lleva a un cambio cualitativo en un rasgo crucial del sistema. Esta definición es deliberadamente ancha e inclusiva. Incluye “cambio climático abrupto” definido como aquel que ocurre cuando se fuerza al sistema climático a cruzar cierto umbral, y se gatilla un nuevo estado determinado por el sistema climático mismo y más rápido que la causa. Sin embargo, va más allá porque queremos (Lenton et al.) incluir (I) variables no climáticas (II) casos donde la transición es más lenta que la fuerza que la causa (III) casos no abruptos, pero donde un pequeño cambio en el control sin embargo hace un impacto cualitativo en el futuro. La definición abarca propiedades de equilibrio junto con comportamientos de umbral, incluyendo todo tipo de transición de fases y las bifurcaciones más comunes encontradas en la naturaleza (nudos de silla de montar y bifurcaciones de Hopf). Los cambios cualitativos pueden ocurrir inmediatamente después de la causa o mucho después, y la transición puede ser tanto reversible como irreversible. Hasta aquí no hay nada específico en cuanto a actividades humanas en la definición. Condiciones críticas pueden ser alcanzadas sin interferencia humana y un cambio cualitativo puede ser gatillado por cambios naturales. De esta manera, en su forma general la definición puede ser aplicada en cualquier época histórica de la Tierra (o también a las futuras).

Antes de enfocar en los cambios antropogénicos del sistema Tierra, Lenton se detiene brevemente en algunos sucesos en la historia de la Tierra que indican la existencia de elementos y puntos de volcamiento.

Saltemos atrás alrededor de 2.4 billones de años al momento de la Gran Oxidación, el primer aumento significativo del oxígeno atmosférico, que saltó de la cienmilésima parte del nivel presente a algo más de un centésimo de este nivel. El evento puede ser explicado parsimoniosamente como una transición entre dos situaciones estables del oxígeno atmosférico, separados por la formación de una capa de ozono. Si este modelo es correcto, entonces en ese momento toda la atmósfera y el sistema superficial era un elemento de volcamiento que pasó un punto de volcamiento.

Saltemos hacia el presente a los postulados eventos llamados (“bola-de-nieve-tierra”), hace alrededor de 700 millones de años. Se piensa que ocurrieron glaciaciones extremas cuando la cobertura de hielo marino y nieve continental alcanzaron un umbral de latitud a partir del cual el sistema “se escapó” a un estado alternativo, o bien totalmente cubierto de hielo y nieve (la “bola de nieve” dura), o bien con algo de agua abierta alrededor el ecuador (la “bola de nieve” blanda). Una vez más el sistema global parece haber pasado un punto de volcamiento.

Adelantemos otra vez hasta el cálido mundo Cretáceo de hace 100 millones de años. Mientras los dinosaurios prosperaban en la superficie terrestre, las profundidades del mar sufrieron una serie de (Eventos Oceánicos Anóxicos) (OAEs) en los cuales grandes volúmenes quedaron sin oxígeno, lo que causó extinciones masivas. El comienzo de estos fenómenos puede haber entrañado una fuerte retroalimentación positiva donde a medida que una anoxia crece más nutriente fosfórico se recicla de los sedimentos del fondo, alimentando más productividad en la superficie y más anoxia en las profundidades.

Hace 55 millones de años, hay un asombroso pico en los registros de la temperatura global en lo que hoy llamamos Máxima Térmica Paleoceno - Eoceno (PETM) que presenta probablemente lo más semejante al impacto humano en el sistema climático. Alrededor de 1500 a 4500 PgC de carbón fósil fue liberado, una cantidad similar a las reservas totales de combustible actuales. Este carbón puede haber provenido de hidratos de metano congelados bajo sedimentos oceánicos o de una intrusión volcánica dentro de un enorme reservorio de combustible fósil donde el Atlántico se estaba abriendo, no lo sabemos con seguridad. Lo que sí sabemos es que dentro de la resolución del registro rocoso (miles de años) las temperaturas en el Ecuador subieron 4-5°C y en los polos 8-10°C.

El océano se acidificó, disolviendo sedimentos de carbonatos y el sistema tomó alrededor de 100.000 años para recuperarse. Si, como muchos piensan, gran parte del carbón liberado provino de hidratos de metano congelados después de que recibieran una pequeña perturbación inicial, entonces hubo un elemento de volcamiento en ese momento.

En los ciclos glaciales-interglaciales que han caracterizado los últimos millones de años de la historia de la Tierra, ha habido una cantidad de sorprendentes transiciones. En particular, durante la última edad de hielo hay una serie de eventos Dansgaard-Oeschger, inicialmente reconocidos en sedimentos del Atlántico Norte y en los registros de sitios del núcleo glacial de Groenlandia pero que ahora sabemos que alcanzaron más allá. Cada evento comienza con un rápido calentamiento que en los sitios del núcleo de Groenlandia

puede exceder los 10°C. No hay elemento gatillo claro para estos eventos; forzamiento orbital y cambios de GHGs son relativamente tersos. Una explicación favorita es que entrañan transiciones acopladas de la circulación termohalina del Atlántico y el hielo marino Artico hacia un estado casi estable con menos hielo y formación de aguas profundas más al norte, gatilladas ocasionalmente en un fenómeno de “resonancia estocástica”. Hay controversia cerca de si el último evento de este tipo fue el calentamiento Bölling-Allered durante la última desglaciación.

En nuestro presente interglacial, el holoceno, el sistema climático aparece más estable que durante la última edad de hielo. Sin embargo, hubo una transición no lineal cuando gran parte del Sahara pasó de estar cubierto de vegetación a su presente estado desértico, alrededor de hace 5.000 años. Tampoco hay cambios agudos en el forzamiento esta vez; el forzamiento orbital fue terso.

Una de las consecuencias fue obligar a que las personas se establecieran junto a deltas y ríos, finalmente dando origen a las primeras ciudades-estado, las “sociedades hidráulicas” de Egipto y Mesopotamia. Este puede ser el mejor ejemplo de punto de volcamiento en sistemas humanos vinculado a un punto de volcamiento en el sistema climático.

En este punto Lenton se formula la siguiente pregunta: “¿Hemos volcado ya algunos elementos?”

El se contesta que hay varios elementos del sistema Tierra que parecen estar más allá del punto de volcamiento. Un ejemplo favorito que ha alcanzado ya la primera plana de los diarios es el derretimiento del *permafrost* del Artico, con su correspondiente liberación de metano. Y que existen en verdad rápidas tasas de derretimiento del *permafrost* Artico, particularmente en Siberia, que ha sido un “punto caliente” del recalentamiento en décadas recientes. Debíamos estar seriamente preocupados acerca de esto, pero no porque sea un elemento de volcamiento, porque probablemente no lo sea. Claramente este derretimiento es un fenómeno de umbral- póngase cierta pequeña cantidad de energía cuando ya se ha alcanzado cierta temperatura y comenzará una transición de fase. Sin embargo, para alcanzar el status de elemento de volcamiento, en su propia definición, una vasta área de *permafrost* (subcontinental) debiera haber alcanzado el umbral de derretimiento simultáneamente, y no hay un claro mecanismo para que esto ocurra. Además, aunque el metano liberado de debajo del *permafrost* (incluyendo derretimiento de clathratos de metano) es una potente gesta, está globalmente bien mezclado, y por lo tanto la potencia de la retroalimentación positiva es mucho más débil de lo que se ha reflejado en algunos artículos y parte de la prensa popular.

Pero sí estima que el agujero de ozono es un elemento de volcamiento gatillado por actividades humanas, aunque no relacionado con el Cambio Climático de manera primaria.

Recorre otros casos, como las sequías del Sahel, la oscilación de la oscilación Sur del Niño (ENSO) y el derretimiento de los hielos marinos del Artico, donde el reemplazo de superficies reflejantes del calor como los hielos han sido reemplazadas por absorbentes de agua, lo que sugiere que el sistema está pasando por una transición no lineal a un status diferente con menos hielo ártico, y probablemente, con ninguno en verano.

Ya redondeando la presentación, incluye el siguiente cuadro de candidatos a Elementos de Volcamiento potenciales.

- Umbrales de Calentamiento Global (G°C)
- Capa de hielo de Groenlandia
- Selva tropical húmeda Amazónica
- Capa de hielo Antártica occidental
- Bosques Boreales
- Sahara/Sahel y WAM (Monzón del Africa Occidental - West African Monsoon)
- Corrientes del Atlántico
- Amplitud del ENSO (El Niño Southern Oscillation)

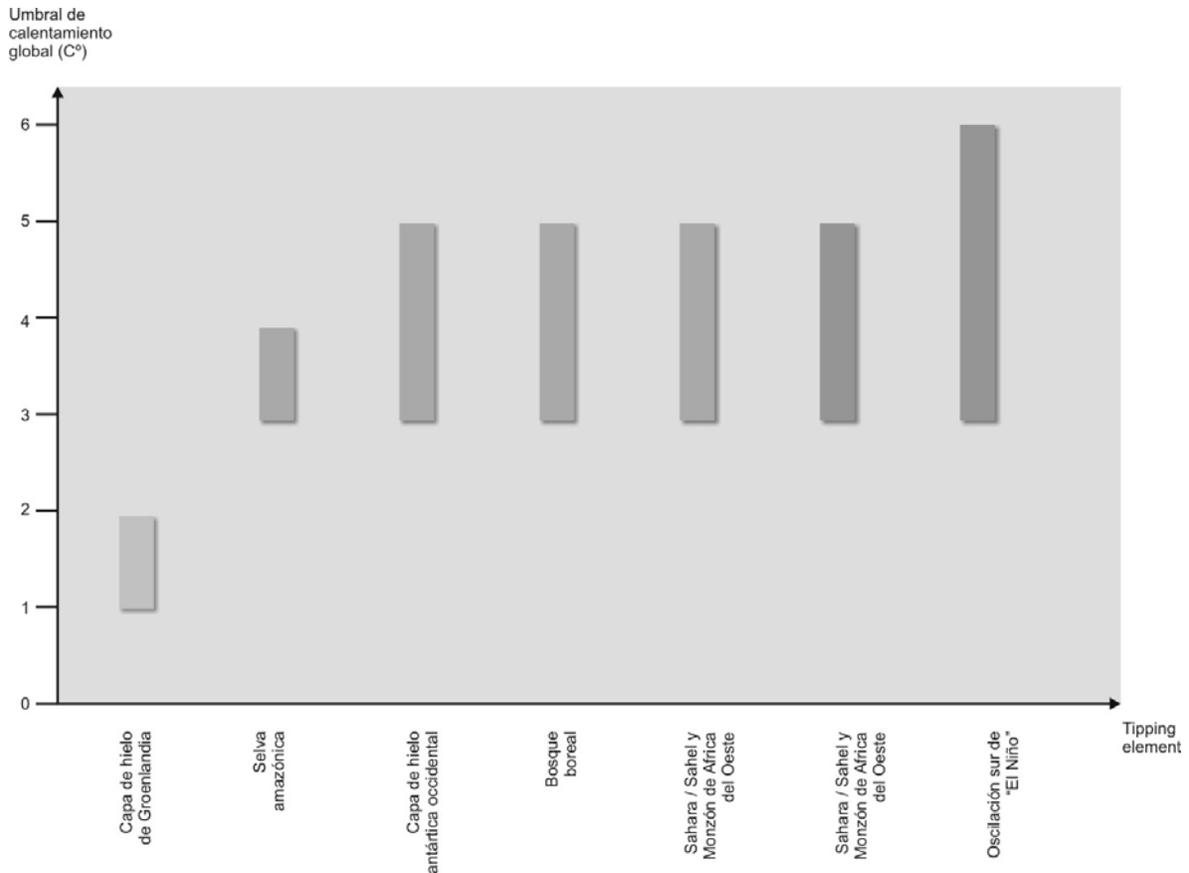


Figura 25: Posibles Elementos de Volcamiento.

El elemento de volcamiento que emerge de manera consistente como con un umbral más cercano (en términos de Calentamiento Global) y de la menor incertidumbre es el derretimiento (irreversible) de la capa de hielo de Groenlandia (Greenland Ice Sheet). Hay paleodatos que sugieren que la capa de hielo de Groenlandia se redujo considerablemente durante el último interglacial. Los modelos indican también que con un calentamiento local por encima de 3°C aprox. de aumento de las temperaturas actuales, las capas entrarán en pérdida y reducirán mucho su tamaño, tal vez desapareciendo completamente.

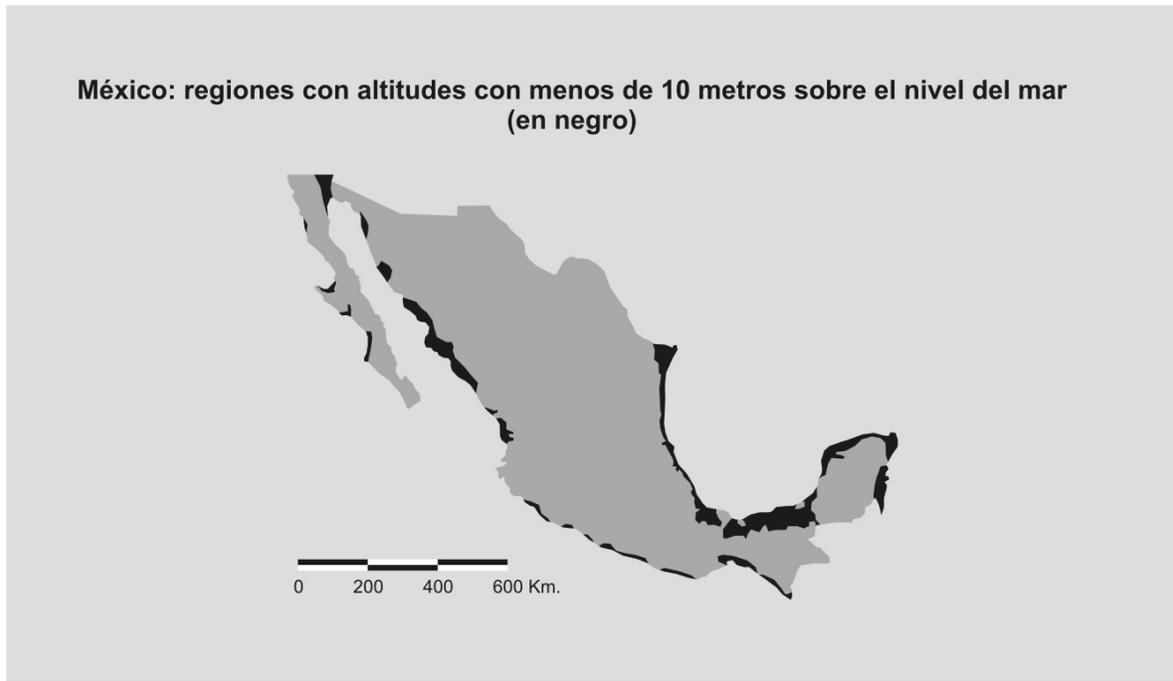
Termina con una revista de todos estos elementos de volcamiento.

## **2.4. Tercera Serie: Algunos impactos nacionales del Cambio Climático.**

**6.-** *Las presentaciones de nuestro grupo de grandes ciudades comenzaron con la del profesor **Alberto González Pozo**, de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, que disertó acerca de “**Riesgos, vulnerabilidades y medidas de mitigación en los Establecimientos Humanos frente a las Cambiantes Condiciones Climáticas en México**”*

Tras una breve introducción en la que Pozo se revela un profundo estudioso de los informes del IPCC y plenamente conciente de las amenazas a la vida en el planeta que plantea el Calentamiento y el Cambio Climático Global, que lo ubican en las antípodas de los Cambio escépticos, pasa a centrar su discurso en la elevación del nivel del mar, tema que le preocupa sobremanera, no tanto en función de los moderados incrementos esperados en los escenarios de estabilización del IPCC, sino en la evidencia geológica de que alguna vez en la vida del planeta se elevó a 7.50m sobre el nivel actual y que, si no se estabiliza la concentración de GHG, esto podría volver a ocurrir dado que el volumen total de agua en el planeta es constante.

Pero aún sin el escenario apocalíptico, observa que México tiene un desarrollo de costas excepcional, de 10.000 Km., desproporcionado en relación con un territorio, relativamente pequeño de 2.000.000 Km<sup>2</sup>. Si bien históricamente México no tuvo ni grandes ciudades ni densas poblaciones costeras, esto ha cambiado y sigue cambiando a un ritmo vertiginoso, arrastrado por el turismo y la muy importante parte de sus explotaciones petroleras situadas sobre el Golfo de México. Un tercio de las costas se extiende a planicies costeras y tierras bajas.



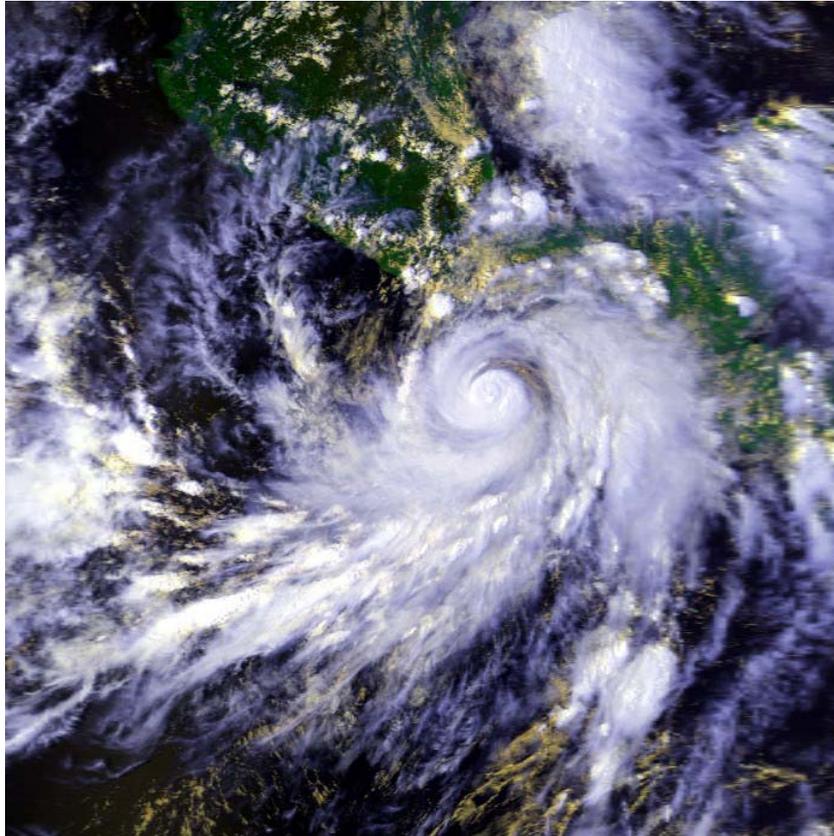
*Figura 26: Regiones costeras de México con menos de 10 m. s/nivel del mar.*

Pero en tiempos más recientes aún, otro desarrollo turístico de gran envergadura se está dando sobre las costas del Pacífico. Hoy en día comercio, pesquerías, actividades portuarias y otros factores económicos aportan lo suyo y, como resultado cientos de miles de personas trabajan en las industrias petroleras o en sitios turísticos, aumentando de modo asombroso la tasa de crecimiento de muchas radicaciones costeras con millones de personas que viven allí, ahora expuestas a condiciones cada vez más adversas.

Los ciclones y los huracanes golpean a las ciudades costeras, llevándose la arena de las playas y causando serios daños a personas, infraestructura urbana, edificios y hogares con todas sus pertenencias. En México, la mayor cantidad y fuerza de estos eventos ocurren en el Océano Atlántico, básicamente el Mar Caribe y el Golfo de México.

Debido a su importancia, se los registra desde 1851. Comienzan lejos, mar adentro del Atlántico para atravesar el Caribe, o el Golfo, o los dos, para finalmente azotar el continente: son frecuentemente acompañados por lluvias torrenciales que producen desbordes en los ríos no sólo en las áreas costeras sino también en las tierras altas, donde sobrepasan la capacidad que tienen las infraestructuras pluviales existentes para desagotar los excesos de agua y proteger adecuadamente a las poblaciones. Los riesgos de la costa del Pacífico siempre se han considerado menores. Por lo tanto los registros mexicanos de tormentas tropicales empezaron más tarde, un siglo después, a mediados del XX. Pero en las últimas dos décadas su frecuencia e intensidad parece haber aumentado considerablemente. Esto salta a la vista si comparamos los mapas de riesgo de la década de 1850 con la del 90. La influencia de la mayor temperatura de las aguas oceánicas en la formación de un número creciente de huracanes en el Pacífico es, como en el Atlántico, la explicación central no sólo de su coincidencia con el fin del verano y principios de otoño, sino también del incremento de su frecuencia y poder destructivo. Consecuentemente, se les empezó a poner nombres, como a los del Atlántico. *Kenna*

(2002) fue especialmente destructivo con los establecimientos humanos de la costa del Pacífico, junto con *Emily* y *Stan* (2005) y *Wilma*, esta última en la costa Atlántica, entre los cuatro causaron docenas de víctimas fatales y pérdidas económicas por alrededor de 4.000 millones de dólares.



*Figura 27: El huracán Paulina*



*Figura 28: Las consecuencias.*

Las tareas deberían cambiar el énfasis, concentrado ahora en la rehabilitación y reparación de daños, y pasar a la relocalización de ciudades y *resorts* turísticos en tierras más altas. Esto significa que los planificadores urbanos deben cambiar sus estrategias. Es decir, que la comunidad mundial de científicos y expertos deberá trabajar no solamente en explicar claramente lo que está pasando con los recientes cambios climáticos, sus causas y agentes responsables, sino también en reforzar los estudios de vulnerabilidad y medidas de mitigación, especialmente en las naciones en desarrollo que ahora se ven en la necesidad de pagar por un nuevo e inesperado costo del desarrollo global que no están en condiciones de asumir.

**7.- Pasó entonces al estrado el Profesor *Geraldo Gomes Serra*, de la Universidad de San Pablo, para exponer su contribución “*Afrontando el Cambio Climático: El Caso Brasileño*”**

Que fue un alegato de defensa frente a la intensa campaña, popular en los países más desarrollados, que derraman lágrimas de cocodrilo por la destrucción de la foresta amazónica, al tiempo que no están dispuestos a ceder un ápice en sus hábitos climáticamente más perjudiciales, como los ingentes usos de combustibles fósiles para usos no esenciales. Demostró con mapas al canto que un 41% de la Foresta Amazónica está protegido, tanto por ser áreas de reservas naturales o por ser reservas indígenas y manifestó, con claridad, que ningún otro país ha puesto una porción tan importante de su territorio al servicio del secuestro de emisiones de GHG. La otra parte de su exposición estuvo dedicada a la gigantesca industria brasileña de biocombustibles, de la que destacó no sólo su envergadura en términos absolutos sino que comparó la matriz energética brasileña con la del consumo mundial de energía.

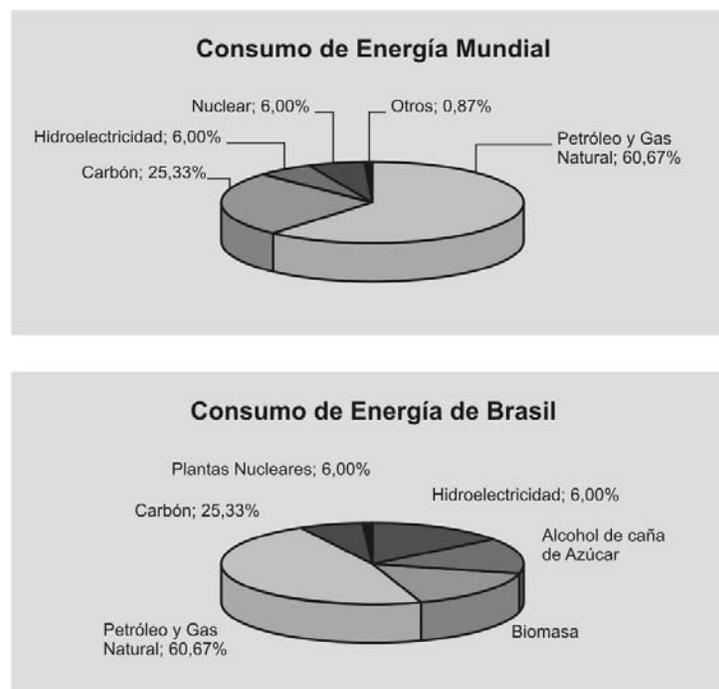


Figura 29: El consumo de energía.

En la comparación de las “tortas” respectivas, con la participación de las fuentes limpias y renovables, como la hidroeléctrica y los biocombustibles en cada una, que en Brasil, alcanza a un impresionante 44 % Citó las significativas cifras de producción actual y la proyectada por el Instituto de Economía Agrícola IEA, que para 2010 y 2015 alcanza a, respectivamente a 26 y 36 millones de litros de alcohol. Esto se logra al pasar del uso de maíz y soja a la caña de azúcar, que si mantiene su actual relación de producción por hectárea ocuparía alrededor de 12.7 millones de Has. Alrededor del 9% de toda la tierra agrícola apta, para agroindustria. Las proyecciones ya incluyen una producción creciente de *biodiesel*, que usan una cierta proporción de alcohol. Una fuente importante es el bagazo de caña, que se usa como combustible para la producción de alcohol, pero el potencial de la caña es mucho mayor si se usan las hojas también, lo que se haría posible con la mecanización total de la cosecha, con lo que se aumenta espectacularmente la biomasa. La perspectiva es incrementar la participación de la bioenergía hasta que llegue al 20% del total de la producción de energía brasileña.

**8.- El Profesor Jesse Saginor, coautor, junto con Christopher Ellis (ambos de la Universidad de Texas A&M) expusieron “Limitaciones al Desarrollo: Cambio Climático y el impacto del aumento del nivel del mar en ciudades de Estados Unidos”**

El trabajo expone una serie de hechos paradójales que ocurren en los Estados Unidos.

Aunque la evidencia científica señala que el nivel del mar está ascendiendo a un ritmo mayor que antes, el 53% de la población de los Estados Unidos habita en condados (nombre de las jurisdicciones locales, aunque nunca tuvieron condes) de las costas. De ese 53%, aproximadamente 80 millones de personas habitan a lo largo de las costas del Atlántico y el Golfo, que están sometidas a constante riesgo de huracanes e inundaciones. De acuerdo con datos de la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera, (NOAA) **33.000.000** de personas se mudaron a vivir en condados de la costa entre 1980 y 2003. Mientras que las causas de la elevación del nivel del mar son numerosas, no hay una política unificada para remediar los problemas que están surgiendo. El continuo ascenso de las aguas hace peligrar los desarrollos costeros actuales y futuros, sin embargo, gente de los estados Unidos y otras partes del mundo están dispuestas a pagar un extra por la vista al mar. Por una parte, hay tierras costeras que desaparecen porque el agua sube, y por la otra, estas tierras están siendo consumidas por la firme demanda de desarrollos costeros. A pesar de las políticas a nivel federal, estatal y local, los desarrollos frente al mar florecen en ambas costas de los Estados Unidos.

Las políticas federales se preguntan cuán rápidamente están creciendo los océanos y desafían las proyecciones científicas, en vez de proponer remedios y poner en vigor y agregar nuevas restricciones más enérgicas para limitar la emisión de gases de efecto invernadero. Recientes discursos de junio de 2007 de los líderes mundiales en la cumbre del G8 propusieron cortar un 50 por ciento las emisiones de GHG para 2050. Los gobiernos de los estados y de los condados están atrapados en el dilema entre reforzar estrategias de mitigación costera y maximizar sus flujos de impuestos a la propiedad. En un intento para desalentar la construcción en áreas vulnerables, recientemente las compañías de seguros comenzaron a rechazar solicitudes para casas situadas en áreas de riesgo de inundaciones, huracanes y desastres naturales relacionados, con lo que se aumentó el costo de desarrollar y habitar áreas costeras en los E.E.U.U. Las políticas deben influir sobre los desarrollos, en vez de que la presión de los desarrollos influya la

política para reclamar áreas costeras con el riesgo de mayores deterioros futuros. En su presentación analizan la cuestión del ascenso del nivel del mar en relación con la limitación de los desarrollos costeros y examinan posibles soluciones para la preservación y desarrollo de esas áreas.

Hacen un análisis de los sobrepagos por propiedades sobre el frente oceánico, en el que sobresale el dato de que demandantes de una tercera casa están dispuestos a pagar un sobrepago de 53% por una vista al mar, y agregan un dato impresionante: en 2004 el **36% de todo el valor inmobiliario estaba concentrado en los condados oceánicos**. Con un valor de todos los estados levemente superior a U\$S 19.0 trillones, esto significa que aproximadamente U\$S 6.9 trillones de propiedades en los desarrollos costeros está en riesgo de futuros huracanes. Estas proporciones impactan a los estados en forma variable, desde un mínimo del uno por ciento en Maryland, con su pequeño desarrollo costero hasta un máximo de 79% en Florida, completamente rodeada por costas. A pesar de dejar perfectamente en claro sus opiniones acerca de cómo una legislación nacional con firme decisión política para su estricto cumplimiento debería implementarse, el Dr. Saginor expresó, en el debate posterior del grupo, que dudaba de que tal cosa pudiese acontecer, dadas las enormes fuerzas económicas que esta afección del público por la costa desataba, con un mercado tan demandante que haría harto improbable que los desarrolladores fueran a dejar de atenderlo.

Los trabajos presentados en relación con el Cambio Climático pueden dividirse en cinco grandes grupos. Ya hemos visto los relacionados con la calidad y confiabilidad de modelos y predicciones y los que hacen al impacto sobre algunas realidades nacionales.

**9.-**  *Mi exposición se centró sobre el “Impacto del Cambio Climático Global sobre el Territorio Argentino”; completó este grupo de ponencias, y no se trata en esta reseña por cuanto está desarrollado en la primera parte de la presente publicación.*

Quedan pendientes los otros tres grupos, que hacen a:

- Mitigación
- Adaptación
- Corrección

Para no exceder los límites de esta sucinta reseña trataremos solamente un trabajo sobre cada uno de estos tópicos, lo que no necesariamente refleja su importancia o valor ni el que se le dio en el Seminario en sí, sino el criterio subjetivo de este autor.

## **2.5. Cuarta Serie: ¿Qué hacer?**

**10.-**  *En cuanto al grupo de mitigación, tuvo mucho que ver con el gran tema de la energía. Me impresionó particularmente la presentación de **Arthur Rosenfeld**, acerca de “**Energía y Clima, Manejando el Cambio Climático**” tal vez porque el autor es el Comisionado, vale decir la máxima autoridad de la Comisión de Energía de California y porque presentó los siguientes cuadros, que vale la pena reproducir, Rosenfeld preconiza mitigar el Cambio Climático reduciendo la emisión de GHG mediante un uso más eficaz de energía.*

Algunos ejemplos de ahorros calculados de energía basados en la eficiencia en 2006 menos la eficiencia en 1974.

Calefacción de espacios	40	Billones	U\$\$
Aire Acondicionado	30	“	“
Heladeras	15	“	“
Tubos fluorescentes	5	“	“
Lámpara fluorescentes compactas	5	“	“
<b>TOTAL</b>	<b>95</b>	<b>Billones</b>	<b>U\$\$</b>

Comenzando por California, la reducción de pérdidas “vampiro” o de *stand by*, ahorraría 10 billones de U\$\$ cuando se complete su implementación a nivel nacional.

Sobre un total de 700 billones de U\$\$, una suma grosera es que 1/3 es estructural, 1/3 corresponde a transporte y 1/3 a edificios e industria.

Otro cuadro muestra la emisión *per capita* y por intensidad de las emisiones de CO2 en 2004 (solamente las debidas a uso de combustibles fósiles). Siguieron una serie de cuadros y curvas, entre ellas ocho extraídas de la Revisión Stern, que permiten apreciar la situación en términos globales y otras que comparan la imperante en California, y en los EE UU en su conjunto, con la de otras importantes naciones, tanto en términos absolutos como *per cápita* y por cada dólar de producto interno bruto *per capita*. Impresionantes son los cuadros que comparan el impacto de una mayor eficiencia no imposible de obtener con el total de la energía producida por medios “limpios” de emisiones de CO2, esto es, las renovables más la nuclear incluida.

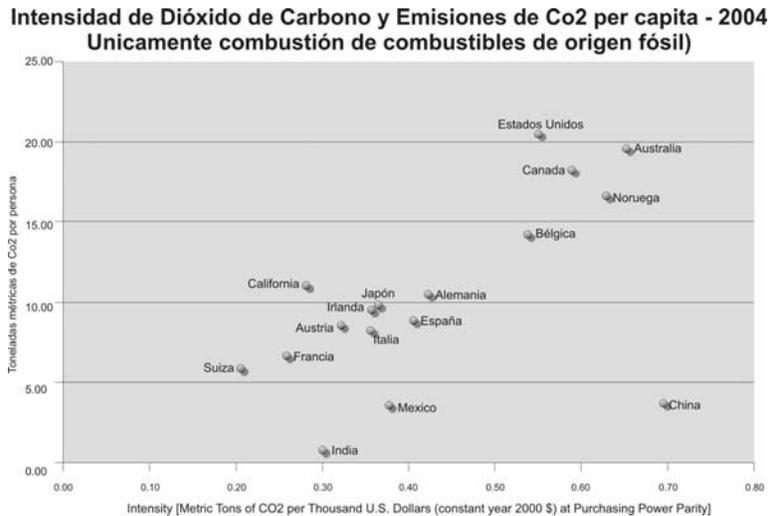


Figura 30: Intensidades y emisiones de CO2 per capita - 2004

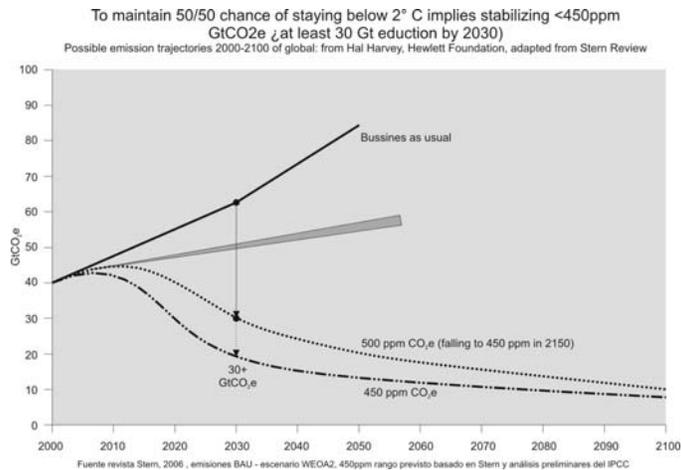


Figura 31: Posibles trayectorias de emisiones de CO<sub>2</sub> globales (período 2000 / 2100).

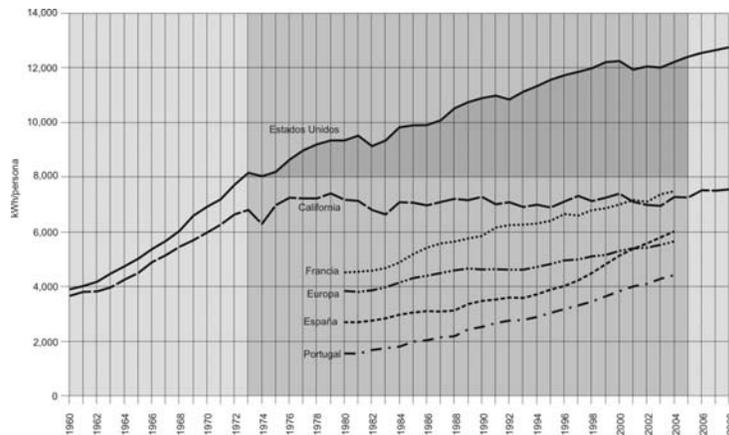


Figura 32: Consumo de energía eléctrica per capita

También lo es el que compara la energía total producida por el gigantesco complejo hidroeléctrico chino de las Tres Gargantas, y el que hace referencia al impacto positivo del reemplazo de techos por otros de superficie “fría” que me siento tentado de reproducir, pues estimo que este trabajo es una muy valiosa pieza de información de referencia, pero sería redundante, toda vez que son accesibles por Internet, ingresando solamente Art Rosenfeld en el buscador Google.

**11.- Carmen Difiglio, Subsecretario adjunto para Análisis de Políticas del Departamento de energía de los EEUU aportó “Reducir el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos a motor hasta 2050: eficiencia, combustibles de bajas emisiones y tecnologías avanzadas.”**

La ponencia bosqueja los enfoques tecnológicos más promisorios para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos a motor. Pasó revista a tres órdenes de tecnología:

- Mejoramiento de la eficiencia de los vehículos usando tecnologías convencionales.
- Tecnologías avanzadas de los vehículos

-Uso de combustibles de baja emisión de CO2

Examinó varios escenarios, en todos ellos las emisiones aumentan hasta 2050. Sin embargo, el ahorro en las emisiones globales en los escenarios de tecnologías avanzadas son substanciales y subrayan la importancia de alcanzar el nivel de emisiones más bajo posible en aquellas originadas por el transporte, aún si éstas siguen incrementándose en los escenarios más optimistas.

Paradójicamente, en las discusiones posteriores, estimó que no sería políticamente posible “volver a los autos de hace 50 años, como el Volkswagen escarabajo o el Citroën 2CV”. Esta apreciación, proveniente de un funcionario político de la importancia de Difiglio, pone en evidencia cuán profundo es el apego de los estadounidenses a los vehículos de moda (4x4, *pickups* modelos 150, etc.) que lo llevan a pensar que si hay progresos, vendrán antes por adelantos tecnológicos para hacer andar este tipo de desmedidos vehículos ante que enfocarse en su sustitución por modelos tanto más racionales como “los de hace 50 años.”

**12.- William Fulkerson, del instituto del Ambiente de la Universidad de Tennessee, en colaboración con Thomas Willbanks, del Laboratorio Oak Ridge disertaron acerca de “Adaptación: una Estrategia Natural”**

La presentación trató de la adaptación, una de las tres estrategias que pueden ser usadas para manejar el cambio climático, Las otras dos son mitigación y geoingeniería. Las tres son ortogonales entre sí, en el sentido de que cada una puede ser seguida independientemente de las otras dos. La adaptación al cambio climático es una respuesta natural al riesgo, una especie de extensión del estar preparado para la emergencia, pero es más que eso. Acciones de adaptación al Cambio Climático están empezando a implementarse tanto en el mundo en desarrollo como en el desarrollado, y pueden ser efectivas en distintas escalas geográficas, pero mayormente en las locales. Evaluar riesgos contra costos y beneficios de medidas de adaptación es un arte que está comenzando a ser practicado. La incorporación de políticas de adaptación en el planeamiento nacional, regional y local está creciendo también con el aliento y apoyo de las Naciones Unidas.

El costo neto de la adaptación probablemente aumente en la medida en los GHG de la atmósfera también lo hagan y sus efectos adversos crezcan, y tal vez en ciertos grados de concentración el costo de la adaptación la conviertan en una causa perdida. La planificación de la adaptación, adopción de políticas y acciones concretas ocurrirán según los niveles de riesgos percibidos. Los pobres, en los lugares vulnerables, son los que están expuestos a los mayores peligros. Cada nación deberá tomar su estrategia de adaptación seriamente y tratar de aumentar su capacidad de adaptación en los distintos niveles. Esto incluye mantener la salud de los ecosistemas y la viabilidad de importantes especies. Compartir información, recursos, herramientas y experiencias puede hacer que las acciones de adaptación sen más efectivas y menos costosas. La investigación también puede conducir a innovaciones y reducir el esfuerzo necesario para adaptarse.

En suma, este trabajo parte de la base de que el Cambio Climático está aquí, que es inevitable, y que una de las acciones urgentes e inevitables es tratar de reducir el daño.

**13.- Cerraremos esta reseña de ponencias con la presentada por Michael Mac Cracken, del instituto del Clima de Washington D.C. “Geoingeniería. ¿Una posible póliza de seguro?”**

La intervención intenta proveer un marco de referencia para la consideración de la geoingeniería como uno de los componentes de la respuesta total al Cambio Climático.

Trata acerca de las preguntas:

¿Hay maneras de contrarrestar el calentamiento para retardar o detener el ritmo del Cambio Climático *inadvertido*?

¿Hay maneras de moderar las consecuencias adversas del Cambio Climático *intencionalmente* para retardar un nivel “peligroso de interferencia con el sistema climático”?

Mac Cracken cree necesario definir algunos términos usados en su presentación:

Cambio Climático *“inadvertido”* es una consecuencia no buscada que se produce al hacer otra cosa.

El *“advertido”* es un cambio intencionalmente inducido, ya sea, o no, para equilibrar un cambio *“inadvertido”*

*“Geoingeniería”* es el intento de responder *“intencionalmente”* a un Cambio Climático inadvertido, (por ejemplo, redirigir al clima a un camino alternativo).

La pregunta que surge es: “¿cómo llamar al elegir no emprender acciones razonables y costo-efectivas que puedan limitar el Cambio Climático *“inadvertido”*”.

Analiza el Convenio Marco de Cambio Climático de Naciones Unidas y los protocolos de Río de Janeiro y de Kyoto, la incidencia de los distintos factores que contribuyen al ascenso del nivel del mar, la concentración de GHG y otros para concluir marcando tres enfoques posibles de la geoingeniería y sus implicaciones en el corto y largo plazo:

- Reducir las concentraciones de GHG que ya están en la atmósfera.
- Contrarrestar el balance de la fuerza radiactiva de los GHG.
- Alterar los procesos que conducen a la aceleración del Cambio Climático

Llegado al campo de las propuestas, estas parecen un tanto del tipo “Guerra de las Galaxias” como por ejemplo la de reducir la intensidad solar en un 1.8% mediante la colocación de espejos en una órbita cercana a la terrestre, pero la de colocar aerosoles en la estratosfera se alinea con la presentación del académico ruso **Yu Izrael**, del instituto de Clima global y Ecología de Moscú, titulada **“El rol de Aerosoles Estratosféricos para antagonizar el Calentamiento Global”**

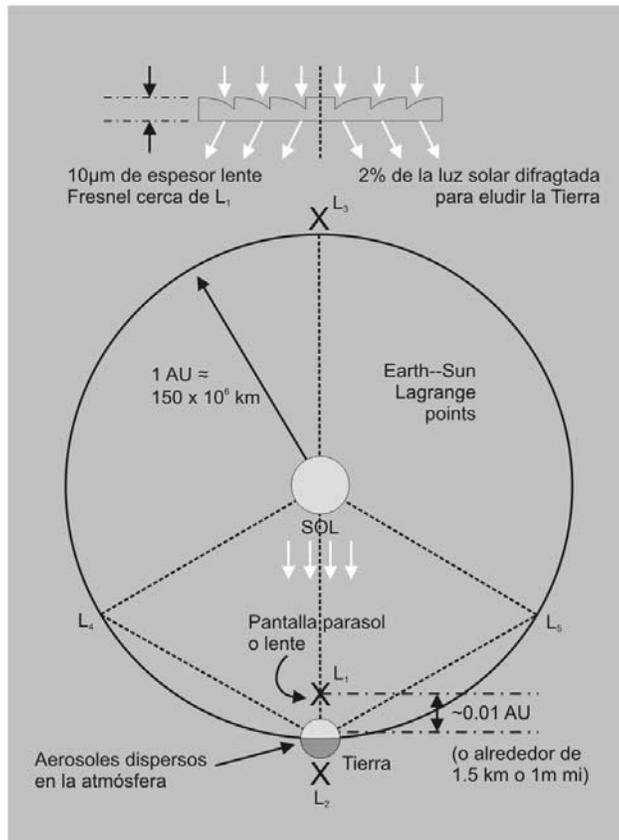


Figura 33: Aerosoles estratosféricos para antagonizar el calentamiento global.

El de la geoingeniería es un concepto relativamente nuevo, que merece ser observado con atención por la comunidad científica. El tiempo dirá si es una alternativa válida o un intento de las industrias bélicas y espaciales para reposicionarse.

### **3. Bibliografía complementaria consultada**

IPCC; Impactos regionales del cambio climático: Evaluación de la vulnerabilidad de América Latina; 1998

Bertone, M.; Aspectos Glaciológicos de la Zona del Hielo Continental Patagónico, Inst. Nacional del Hielo Continental Patagónico, 1972

OMM; Declaración de la OMM sobre la situación del clima mundial en 2003, “2003: el tercer año más caliente”, Ginebra, 2003