



15

LOS IMPACTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DE LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS SOBRE EL AGRO ARGENTINO EN EL PASADO Y EN EL PRESENTE, Y LOS DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES QUE PLANTEAN LAS PROYECCIONES QUE PUEDEN HACERSE A FUTURO.

LOS IMPACTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DE LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS A NIVEL GLOBAL Y REGIONAL SOBRE EL DESARROLLO DEL AGRO ARGENTINO. LA EXPANSIÓN DE LA FRONTERA AGRÍCOLA DURANTE EL ÚLTIMO CUARTO DEL SIGLO XX. LOS DESAFÍOS Y LAS OPORTUNIDADES QUE PLANTEAN LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS PREVISTOS PARA EL FUTURO AL CRECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN AGRARIA NACIONAL DURANTE EL SIGLO XXI.

AUTORES

ING. AGR. EDUARDO M. SIERRA,

ING. AGR. SILVIA P. PÉREZ M.S. Y T. J. ELSA R. LÓPEZ

CÁTEDRA DE AGROCLIMATOLOGÍA I FACULTAD DE AGRONOMÍA I UBA

INTRODUCCIÓN.

LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS CONDICIONARON EL DESARROLLO DEL AGRO ARGENTINO DESDE LOS COMIENZOS DE SU DESARROLLO, GENERANDO FASES DE AVANCE Y RETROCESO DE LA FRONTERA DE LA AGRICULTURA. DURANTE EL ÚLTIMO CUARTO DEL SIGLO XX, UN INCREMENTO DEL RÉGIMEN DE LLUVIAS, UNIDA A LA ADOPCIÓN DE IMPORTANTES INNOVACIONES TECNOLÓGICAS FAVORECIÓ EL AVANCE HACIA EL OESTE DE LA FRONTERA DE LA AGRICULTURA, PERMITIENDO ALCANZAR UNA CIFRA RÉCORD DE SUPERFICIE SEMBRADA CON GRANOS CERCANA A LOS 30 MILLONES DE HAS. LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS, TANTO A NIVEL

GLOBAL COMO A NIVEL REGIONAL, PREVISTOS DURANTE LAS PRÓXIMAS DÉCADAS, PLANTEARÁN UNA SERIE DE DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES QUE SERÁ NECESARIO ABORDAR CON PREVISIÓN Y ENERGÍA. ESTO HACE IMPRESCINDIBLE PRONOSTICAR LAS MANIFESTACIONES QUE ESTE PROCESO TENDRÁ EN EL ÁREA AGRÍCOLA NACIONAL, DIAGNOSTICAR ADECUADAMENTE LOS POSIBLES IMPACTOS QUE CABE ESPERAR, DISEÑAR LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN NECESARIAS PARA ENFRENTARLOS, Y PONER EN PRÁCTICA CON CELERIDAD Y EFICACIA ESTAS ÚLTIMAS, A FIN DE MINIMIZAR PÉRDIDAS Y MAXIMIZAR GANANCIAS.

EL CLIMA: ¿FACTOR DE RIESGO O RECURSO PRODUCTIVO?

LOS IMPACTOS CLIMÁTICOS NO SON NECESARIAMENTE NEGATIVOS.

Con el clima, como con cualquier otro componente del ambiente, sucede que todo proceso de cambio produce un cierto reajuste, que es capaz de causar un impacto. Pero este impacto no es necesariamente negativo y, según el caso, puede tomar signo positivo. Por ejemplo, es fácil percibir que, un moderado incremento de las precipitaciones, produce usualmente una mejora en la producción agrícola y ganadera. Frente a este cambio, lo único que es necesario hacer es tomar las medidas adaptativas conducentes a aprovecharlo con eficiencia. En cambio, cuando una variable agroclimática se incrementa excesivamente, o cuando disminuye su valor por debajo de su nivel de daño, el impacto se vuelve negativo, y se produce una merma en la producción, que puede ser acompañada por un deterioro ambiental, como la erosión hídrica o eólica pudiendo, en casos extremos, llegar a la desertificación. Frente a estos cambios fenómenos de provocar impactos negativos, se presenta la posibilidad de llevar a cabo acciones de mitigación, consistentes en tratar de revertir el proceso, impidiendo devolviéndolo a su estado original o, al menos, logrando reducir su intensidad.

El combate contra las heladas es un ejemplo de este tipo de accionar. Por medio de calentadores se provee energía al aire, o se genera una niebla que impida la irradiación de energía, o se recubre a las plantas con una delgada capa de hielo, etcétera. Cuando las medidas de mitigación no bastan, o cuando se trata de fenómenos que, por su naturaleza, no pueden ser mitigados en la medida necesaria, se recurre a medidas adaptativas complementarias. En el caso de las heladas puede recurrirse a la selección de variedades que, por su ciclo, escapen a las mismas, o que resistan bajas temperaturas, o bien, puede optarse por contratar un seguro que cubra los daños, en caso que no pueda emplearse otro recurso. Para poder aplicar las medidas de mitigación y adaptación en forma efectiva resulta necesario contar con cierto margen de tiempo, que permita adelantarse a lo hechos. Para ello resulta muy útil contar con un pronóstico de los fenómenos que pueden producirse en futuro. A partir de dicho pronóstico, puede realizarse un diagnóstico del impacto potencial, negativo o positivo de los hechos previstos, a fin de diseñar las medidas de mitigación y adaptación necesarias. Por último, habrá que poner en práctica, con celeridad y eficacia, las medidas de mitigación y adaptación elegidas. Por lo tanto, las acciones necesarias para poder encarar eficazmente el tema de los impactos climáticos son siete:

1. **Observación.** Es el proceso que permite detectar procesos capaces de causar impactos.

2. **Pronóstico.** Basándose en la observación el pronóstico proyecta hacia el futuro la posible evolución de los procesos detectados, anticipando, con suficiente antelación la ocurrencia de fenómenos climáticos significativos, capaces de causar impactos.

3. **Diagnóstico.** Evalúa los impactos, positivos o negativos, que pueden ser producidos por los fenómenos anticipados.

4. **Mitigación.** En caso de que los impactos esperados sean negativos, y la naturaleza del fenómeno pronosticado lo permita, se diseñarán las medidas tendientes a disminuir su intensidad.

5. **Adaptación.** En función de la naturaleza e intensidad de los fenómenos previstos (teniendo en cuenta los efectos de las medidas de mitigación que se tomen)

negativo, y que debe su aparición al deterioro del ambiente causado por la actividad humana. Asimismo, la visión de los fenómenos climáticos se encuentra rodeada por una atmósfera de catastrofismo, que hacer parecer inminente que ocurran grandes desastres que pondrán el peligro a la Humanidad en su conjunto. Esto es comprensible porque, desde la más remota antigüedad, el clima se halla asociado a la ocurrencia de grandes catástrofes, por lo que esta noción se encuentra bien incorporada al pensamiento colectivo, al punto de que, a principios del siglo XIX, el científico francés Georges Cuvier postuló que la Naturaleza cambia a través de la ocurrencia de catástrofes, o sea procesos intensos que tienen lugar en lapsos temporales relativamente cortos, por lo que su teoría fue denominada “catastrofismo”¹. No obstante, debe tenerse en cuenta que Cuvier efectuaba un claro distinguo entre la “catástrofes”, que es el cambio natural producido en poco tiempo, y el “impacto” que el mismo produce, o sea sus conse-

Se ha instalado en la opinión pública una visión que considera a los impactos climáticos como un proceso que ha comenzado hace poco tiempo, cuyo signo es siempre negativo, y que debe su aparición al deterioro del ambiente causado por la actividad humana.

- se diseñarán las medidas adaptativas tendientes a aprovechar sus efectos positivos y/o disminuir sus efectos negativos.
6. **Puesta en práctica.** de las medidas de mitigación y adaptación diseñadas.

7. **Seguimiento.** Monitorea la evolución de los procesos pronosticados, determinando si su evolución se ajusta a lo previsto, o se registran apartamientos, que hacen necesario corregir el diagnóstico y modificar las medidas de mitigación y adaptación.

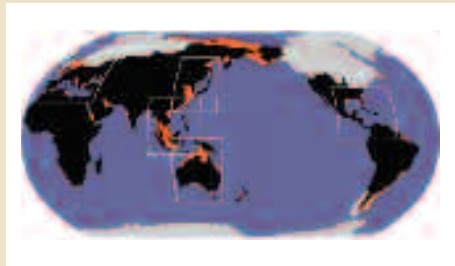
Aunque esta cuestión es tan antigua como la historia del Hombre, durante los últimos años se ha instalado en la opinión pública una visión que considera a los impactos climáticos como un proceso que ha comenzado hace poco tiempo, cuyo signo es siempre

cuencias sobre la actividad humana. La “catástrofe” es un proceso natural, que no es ni bueno ni malo en sí mismo dado que sólo representa un proceso en la Naturaleza, mientras que el impacto es un hecho social, que se califica según que su impacto sobre la actividad humana sea positivo o negativo. En el caso de que una catástrofe produzca un impacto negativo de vastas proporciones sobre la actividad humana, se está ante un “desastre”. Por ejemplo, cuando un huracán destruye una ciudad, el huracán es la “catástrofe”, y su impacto es el “desastre”.

UNA CATÁSTROFE DE ORIGEN CLIMÁTICO OCURRIDA HACE 14.000 AÑOS.

A lo largo de la evolución del Planeta, se han producido una larga serie de impactos climáticos de origen

COBERTURA DE HIELOS DEL PLANETA EN EL APOGEO DEL ÚLTIMO PERÍODO GLACIAL, Y SUPERFICIE ANEGADA AL COMENZAR EL ACTUAL PERÍODO INTERGLACIAL



■ COBERTURA DE HIELOS
 ■ SUPERF. ANEGADA AL DERRETIRSE LOS HIELOS

FIGURA 1 | FUENTE: PROUDMAN OCEANOGRAPHIC LABORATORIES

natural, que superan en mucho a los que, hasta ahora, han sido producidos por el Hombre y, muchas veces, sus efectos han sido positivos.

La leyenda del diluvio universal es común a más de 300 culturas, y aparece narrada en forma paralela en la Biblia² y en el poema de Gilgamesh³ (un relato escrito 2.000 años AC, sobre un rey sumerio que reinó unos 2.700 AC) es un caso que merece analizarse, porque pone en evidencia las principales creencias acerca del clima.

Aunque podría suponerse que el diluvio es sólo una leyenda, existen evidencias científicas que indican que podría tratarse de la memoria, muy distorsionada y narrada en un contexto mágico, de hechos ocurridos durante la prehistoria.

Durante el último período glacial (130.000 a 14.000 años antes del presente), el mar estuvo unos 120 metros por debajo de su nivel actual⁴.

Teóricamente, la superficie continental era un 10 % mayor que la actual pero, debido a que la mayor parte de la misma estaba cubierta por los hielos (Figura 1), la superficie habitable era, en realidad, mucho menor que en el presente.

Una de las regiones que no se encontraba cubierta por los hielos y, por lo tanto, ofrecía un refugio seguro a la población humana de aquel momento, era la Mesopotamia.

A causa del menor nivel del mar, el valle de los Ríos

Tigres y Eufrates, o sea lo que históricamente se conoce como la Mesopotamia, se extendía sobre gran parte de lo que en la actualidad es el Golfo Pérsico (Figura 2), alcanzando una superficie mucho mayor que la que abarca ahora.

Hace unos 14.000 años⁵, al finalizar el último período glacial, y comenzar el actual período interglacial, la temperatura media del planeta ascendió 11°C, pasando de un valor de aproximadamente 6 °C, a un valor cercano a los 17°C, o sea unos 2°C por encima del actual promedio global de poco más de 15°C .

Como consecuencia, se derritieron la banquisas de hielo que habían cubierto gran parte del Planeta, causando un aumento generalizado del nivel del mar, que ascendió 120 metros sobre su nivel anterior, alcanzando una altura muy cercana a la actual.

Debido a ello, gran parte de lo que entonces era la Mesopotamia, se inundó, formándose el Golfo Pérsico, determinando que sus habitantes tuvieran que emigrar hacia tierras más elevadas, lo cual, posiblemente, proveyó la base para las leyendas del diluvio universal⁶.

Además de la formación del Golfo Pérsico, el comienzo del actual interglacial produjo el anegamiento de numerosas regiones que habían estado habitadas por los seres humanos primitivos, determinando grandes migraciones.

Por lo tanto, la leyenda del diluvio universal pone en

EXTENSIÓN DE LA MESOPOTAMIA DURANTE EL ÚLTIMO PERÍODO GLACIAL Y EN EL PRESENTE INTERGLACIAL

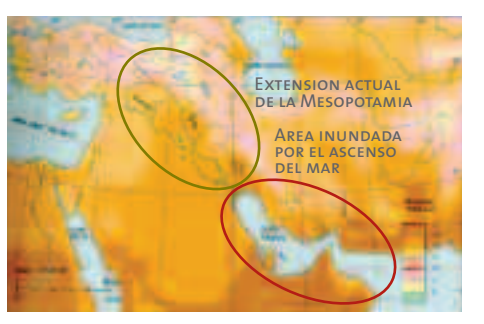


FIGURA 2

evidencia que:

- A. Los procesos naturales pueden causar grandes cambios sin que el Hombre intervenga.
- B. La noción de grandes cambios inducidos por el clima está presente en la cultura desde los albores de la historia.
- C. El carácter que se atribuye a dichos cambios es esencialmente catastrófico.

Aunque el carácter catastrófico de este impacto es innegable, lo notable es que su resultado final fue la puesta en marcha de una serie de acontecimientos que prepararon el advenimiento de las primeras civilizaciones históricas.

El hecho de que el ascenso del nivel del mar de 120 metros, ocurrido a comienzos del actual período interglacial, inundó aproximadamente 18 millones de km² de tierras bajas, o sea una superficie algo mayor

dores nómades, que apenas alcanzaba para su subsistencia.

Por lo tanto, las posibles catástrofes no deben ser vistas como desastres inevitables, sino como procesos de tránsito, entre un estado y otro, que aportan desafíos y oportunidades.

Si estos fenómenos son mal encarados y mal manejados, pueden causar graves daños, pero, bien encarados y adecuadamente manejados, pueden ser aprovechados para progresar.

TODA CRISIS IMPONE DESAFÍOS Y OFRECE OPORTUNIDADES.

Durante la antigüedad y la edad media, la noción de la posibilidad de ocurrencia de fenómenos climáticos capaces de alterar fuertemente el desarrollo de los asuntos humanos se mantuvo firmemente establecida en la cultura pero, paralelamente, también comenzó a desarrollarse la idea de que, aún la peor crisis, puede

Las posibles catástrofes no deben ser vistas como desastres inevitables, sino como procesos de tránsito, entre un estado y otro, que aportan desafíos y oportunidades. Si estos fenómenos son mal encarados y mal manejados, pueden causar graves daños, pero, bien encarados y adecuadamente manejados, pueden ser aprovechados para progresar.

que el Continente Sudamericano, parece constituir un desastre.

No obstante, al mismo tiempo, la retirada de los hielos hizo habitable para el hombre una superficie mucho mayor. Además, el incremento de la temperatura, dio lugar a un período de excelentes condiciones climáticas, que los científicos denominan el óptimo climático del Holoceno⁷, el cual abarcó desde 9.000 hasta 5.000 años antes del presente.

El impacto positivo de este proceso favoreció considerablemente los avances en la agricultura y la ganadería, que dieron inicio al neolítico, proveyendo la base para el surgimiento de las primeras civilizaciones⁸.

Esto nunca hubiera sido posible en caso se persistir las severas condiciones impuestas por el período glacial precedente, bajo las cuales los seres humanos primitivos estaban condenados a una vida de caza-

ser manejada en forma provechosa.

Un excelente ejemplo de este enfoque, es la historia de José y el Faraón⁹, que figura en el Génesis. En este relato, que puede situarse unos 1650 años AC., José interpreta el famoso sueño del Faraón, en el que éste ve siete vacas gordas que luego son devoradas por siete vacas flacas.

Es notable que, en esta antiquísima historia, pueden encontrarse casi todos los componentes que hacen a un enfoque moderno del tratamiento del impacto climático, si bien los mismos aparecen mezclados con elementos mágicos, según era normal en el período histórico al que corresponde el relato.

1. Observación. En este caso, la observación es proporcionada por un hecho de naturaleza mágica, como es el sueño en que el Faraón ve las siete vacas gordas y las siete vacas flacas.

2. Pronóstico. Basándose en el sueño del Faraón, José interpreta que se aproxima un período de siete años, en los que se darán buenas condiciones para la producción agrícola, los cuales serán seguidos por otro período de siete años, en el que una adversidad climática, el viento solano, dará malas condiciones para los cultivos y ganados.

3. Diagnóstico. José evalúa que se aproximan siete años de buenas cosechas, que serán seguidos por siete años de malas cosechas.

4. Medidas de Mitigación. Dado que ni la tecnología de la época, ni la naturaleza del fenómeno, lo permitían, José no propone medidas de mitigación del fenómeno.

5. Medidas Adaptativas. José propone guardar un 20 % de la producción en cada uno de los siete años buenos, para contar con reservas para afrontar los siete años malos.

6. Puesta en práctica. El Faraón designa a José para que ponga en práctica el plan propuesto en forma brillante.

7. Seguimiento. La historia bíblica relata que los acontecimientos ocurrieron como José había previsto, y el plan adaptativo se cumplió con todo éxito. La estrategia de José, que sería digna de ser aplicada

tingencia, debieron acudir a Egipto a comprar cereal, lo cual pone en evidencia las ventajas que otorga la previsión.

EL COSTO DE OLVIDAR LAS LECCIONES DEL PASADO.

Al comenzar el Renacimiento se produjo un notable vuelco en la visión de los fenómenos climáticos. La creciente confianza en la capacidad del ser humano para imponerse a las limitaciones impuestas por la naturaleza¹⁰, hizo que la dependencia de las actividades humanas con respecto al clima comenzara a ser vista como un rasgo de atraso que debía ser superado.

Los adelantos logrados durante el Renacimiento y la Edad Moderna en los campos de la arquitectura, la medicina, la navegación, la astronomía, etc. hicieron que se pensara que toda dependencia con respecto a los factores climáticos podía ser superada por medio de la ciencia y la tecnología.

Aunque el clima siguió produciendo impactos¹¹, su influencia tardó mucho en volver a ser reconocida¹². Hasta bien entrada la década de 1960, se continuaba pensando que el clima podía llegar a ser modificado para satisfacer la voluntad humana. Ejemplos notables de ello fueron la producción artificial de lluvia¹³ o los proyectos de cambiar el curso de los huracanes del Caribe por medio de explosiones nucleares libres

La creciente confianza en la capacidad del ser humano para imponerse a las limitaciones impuestas por la naturaleza, hizo que la dependencia de las actividades humanas con respecto al clima comenzara a ser vista como un rasgo de atraso que debía ser superado.

por muchos gobernantes actuales, resultó sumamente exitosa y convirtió, lo que hubiera sido un desastre, en una excelente oportunidad de negocios. Cuando sobrevinieron los siete años de escasez, la venta del cereal acumulado durante los siete años buenos, permitió evitar el hambre en Egipto, a la vez que hizo recuperar el capital invertido con ganancias. A esto último, contribuyó mucho que los habitantes de los países vecinos, que no habían previsto la con-

de contaminación¹⁴.

Es verdaderamente notable que, recién hacia mediados de la década de 1980, se comenzó a reconocer que la crisis económica de los años 30 fue disparada, en una importante medida, por el prolongado lapso seco que afectó a los estados del Midwest desde fines de los años 20 hasta bien entrados los años 50.

En su momento, el fenómeno, que recibió el nombre de “*Dust Bowl*” (domo de polvo), fue atribuido a



FIGURA 3 | ESCENA DE VOLADURA DE CAMPOS DURANTE EL DUST BOWL, EN TEXAS DURANTE LA DÉCADA DE 1930 | FUENTE: NASA

problemas de exceso de carga ganadera y mal manejo de los suelos. Si bien estos problemas eran reales, no alcanzaban, por sí solos para explicar la catástrofe ocurrida. Sólo en trabajos publicados muy recientemente¹⁵ comenzó a ponerse en evidencia que una fluctuación del clima había actuado como disparador del proceso (Figura 3).

Un poco paradójicamente, fue la Unión Soviética la que se encargó de demostrar, con graves perjuicios

El fracaso productivo y el marcado deterioro ambiental producido por el intento soviético de ignorar los efectos del clima, despertaron la atención mundial acerca la influencia de los fenómenos climáticos sobre la actividad humana, en general, y sobre la producción agraria, en particular, haciendo recordar las lecciones olvidadas del pasado.

para sus intereses, que la influencia del clima sobre la actividad agraria seguía vigente.

A lo largo de la historia de Rusia, los rigores de su clima, en especial el denominado “General Invierno” la protegieron de una larga serie de intentos de invasión. Los mongoles, los caballeros teutónicos, los turcos, los ejércitos napoleónicos, los ejércitos del Káiser y la maquinaria bélica nazi se desgastaron sin éxito contra los rigores del clima ruso.

A pesar de esta tradición, en lo referente a la producción agrícola, en lugar de respetar al clima y adaptarse a sus oscilaciones, el Estado Soviético, decidió desafiarlo.

Para entender esta riesgosa jugada debe tenerse en cuenta que, para poder imponer su política de colec-

tivización agraria, al Estado Soviético le resultaba indispensable eliminar la influencia de la iglesia ortodoxa rusa sobre el campesinado.

Mientras el pueblo siguiera pensando que Dios dirigía el Universo, incluyendo los elementos del clima, como la lluvia, la temperatura, el granizo, las heladas, etcétera, que controlan la producción agraria, el clero mantendría una importante cuota de poder¹⁶, y los cambios impulsados por el régimen continuarían siendo resistidos a toda costa por el campesinado.

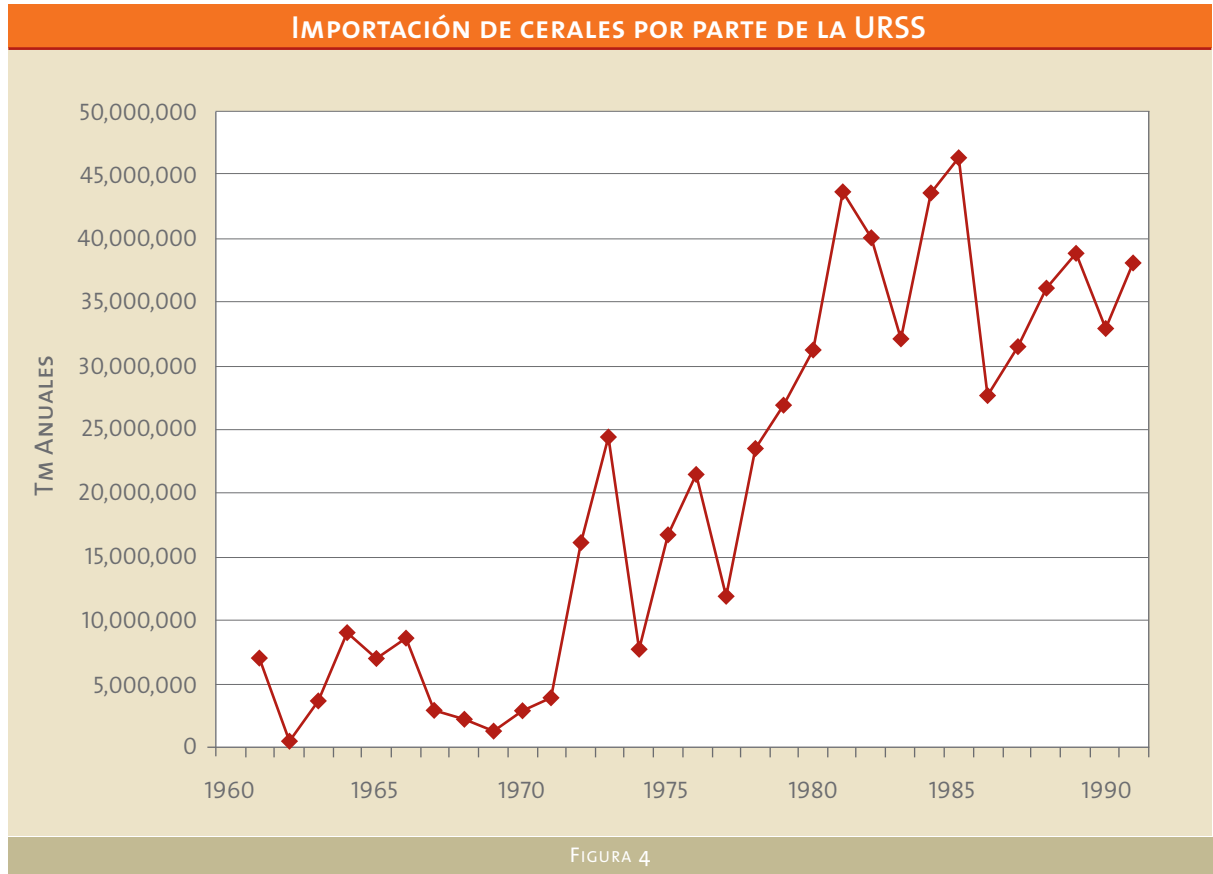
Con este objetivo, la Unión Soviética dedicó un enorme esfuerzo desarrollar los medios tecnológicos para eliminar la influencia del clima sobre la producción agraria, al mismo tiempo que un poderoso aparato de propaganda se encargaba de difundir los adelantos obtenidos, y un aparato represivo aún más poderoso se ocupaba de acallar las voces disidentes.¹⁷

Por esta causa, se desarrollaron ambiciosos planes de combate de adversidades climáticas como el granizo, en el que la Unión Soviética se convirtió en el líder mundial, logrando que la tecnología desarrollada fuera adoptada en varios países, entre los que llegó a contarse la Argentina, donde fue aplicado por la provincia de Mendoza.

Sin embargo, hacia mediados de la década de 1950 comenzaron a filtrarse rumores acerca de las dificultades observadas por la agricultura soviética para cumplir sus objetivos productivos¹⁸, las cuales se debían en buena medida a problemas de orden climático²⁰, como inviernos particularmente fríos, sequías estivales, olas de calor y vientos, etcétera.

Estos fracasos dieron lugar a que la Unión Soviética comenzara a incrementar sus importaciones de cereales en forma muy acentuada (Figura 4), generando el interés de las potencias occidentales, que comprendieron que el estancamiento de la producción agrícola era uno de los puntos vulnerables del sistema soviético²¹.

Por esta causa, cuando la Unión Soviética invadió



Afganistán, entre las medidas de represalia tomadas por el gobierno norteamericano, se destacó la imposición de un embargo a las importaciones de granos ^{22 y 23}.

El fracaso productivo y el marcado deterioro ambiental producido por el intento soviético de ignorar los efectos del clima, despertaron la atención mundial acerca la influencia de los fenómenos climáticos sobre la actividad humana, en general, y sobre la producción agraria, en particular, haciendo recordar las lecciones olvidadas del pasado.

Además, el fracasado intento soviético de ignorar los principios económicos básicos e intentar doblegar a la Naturaleza dejó un importante testimonio sobre los peligros de tratar de imponer la ideología por sobre la racionalidad, que será importante tener en cuenta cuando se discutan las medidas adaptativas que debería poner en práctica la Argentina para enfrentar con éxitos los desafíos que impone el cambio climá-

tico global.

El intenso episodio de “El Niño” de 1982/83²⁵, con las perturbaciones de orden global que provocó, fue probablemente el primer fenómeno climático que logró una amplia repercusión en los medios internacionales.

A partir de ese momento, los avances en el manejo de la relación entre el clima y la actividad del agro se sucedieron sin interrupción, haciendo posible que el aprovechamiento del clima como recurso productivo se convierta en una eficaz herramienta para el diseño, planificación y manejo de la actividad del agro.

EL CLIMA COMO FACTOR DE RIESGO.

La señal más clara de que el clima continúa representando un importante factor de riesgo surge de los planteos de reestructuración del mercado de los

seguros agrícolas generados por los crecientes impactos sobre la agricultura causados por el cambio climático global ^{26, 27, 28 y 29}. Para analizar la incidencia específica de los factores de riesgo climáticos sobre la producción agrícola es necesario separar la influencia de la innovación tecnológica de la variabilidad inducida por el clima.

Si bien la innovación tecnológica impone una tendencia creciente a la productividad de las actividades agrarias³⁰, cuando se observan las variaciones que se producen de una campaña a la otra, se comprueba que el clima continúa representando un considerable factor de riesgo que continúa produciendo efectos sobre los productores individuales y las economías regionales y que, probablemente, continuará haciendo funcionar los mercados climáticos. Un ejemplo de ellos son los impactos producidos por las fases cálidas (“El Niño”) o frías (“La Niña”) del fenómeno de “El Niño oscilación del Sur”³¹.

EL CLIMA COMO RECURSO.

En lo que hace al clima como recurso, la respuesta es más difícil porque el creciente uso de las herramientas brindadas por la climatología moderna tiende a disimular los efectos que se hubieran producido en ausencia de esta herramienta.

En primer lugar, surge que los avances en la genética aplicada y la amplia gama de recursos tecnológicos asociados a la misma, como la terapéutica vegetal, el manejo de suelos y la fertilización, etcétera, han permitido una creciente eficiencia en el uso de los recursos climáticos. No obstante, aunque estos recursos tecnológicos han logrado incrementar el nivel medio de aprovechamiento de los recursos climáticos, como se ha visto al evaluar al clima como factor de riesgo, no han podido reducir totalmente la variabilidad introducida por los procesos atmosféricos. En segundo lugar, el hecho de que, en el nivel zonal y local, aún subsistan elevados valores de variabilidad espacial y temporal, indica que la estabilización de los índices productivos agrícolas en los niveles de mayor extensión geográfica (global, continental, nacional y regional) se debió, ante todo, a que el incremento del área productiva y la dispersión geográfica de la misma en áreas correlacionadas nega-

tivamente entre sí, actuó compensando estadísticamente los desvíos locales de signos opuestos. El efecto compensatorio de las correlaciones negativas entre distintas zonas de cultivo está siendo empleado con creciente éxito para determinar el nivel óptimo de dispersión del riesgo de siembra mediante modelos del tipo Markovitz, Nash y Stackelberg³². Este recurso resulta de gran utilidad para organizaciones que necesitan asegurarse una disponibilidad de producto lo más regular posible, evitando picos de falta o de exceso así como por grandes productores que dispersan sus lotes de cultivo para compensar riesgos. Esta tendencia pone en evidencia las ventajas de la asociatividad, señalando la posibilidad de promover este tipo de enfoques entre pequeños productores, siguiendo el ejemplo de otros países que, como Chile, han podido hacerlo en forma exitosa ^{33 y 34}.

Además, durante las dos últimas décadas se integraron a la agricultura una serie de herramientas agroclimáticas derivadas de la revolución informática:

- A. La disponibilidad en tiempo real de datos provenientes de sistemas de monitoreo remoto, como redes de estaciones automáticas, satélites, radares, etcétera.
 - B. El desarrollo de modelos atmosféricos y biológicos basados en el uso de elementos computacionales.
 - C. La posibilidad de difundir en tiempo la información producida por los modelos a través de un sistema mundial de comunicaciones de alta eficacia dentro del cual Internet constituye un componente de máxima eficacia.
- La disponibilidad de información y el avance de la educación en el campo de la producción agrícola han hecho que los productores agrícolas se encuentren en el proceso de convertirse en empresarios capaces de hacer cálculos de oportunidad y elegir las estrategias de máxima productividad, con el mínimo riesgo para una perspectiva climática dada. Esto ha hecho que la información climática haya comenzado a pesar en la determinación de la intención de siembra de cada cultivo, interactuando con las consideraciones de tipo económico previstas por la teoría clásica. Un recurso cada vez más utilizado consiste en optar por las espe-

cies de mayor adaptación al ambiente esperado.

BREVE RESEÑA DE LOS PRINCIPALES PROCESOS DE CAMBIO Y VARIABILIDAD DEL CLIMA.

CLIMA MEDIO, CAMBIO CLIMÁTICO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA.

El clima medio es el estado típico de la atmósfera en un lugar y época del año determinados. Se obtiene como promedio de por lo menos diez años de observaciones, y sirve para caracterizar los rasgos generales de una determinada unidad geográfica.

El cambio y la variabilidad del clima son dos tipos de procesos que a menudo se confunden, ya que tienen rasgos comunes, pero puede establecerse la siguiente tipificación:

1. Variabilidad Climática. Produce perturbaciones que oscilan alrededor de un valor medio, de manera que el promedio de las mismas es aproximadamente nulo. Estas perturbaciones deben ser aleatorias, o en caso de ser periódicas o casi periódicas, su período debe ser menor del orden de los 10 años. Cuando este valor se excede ya puede hablarse de cambio climático porque la perturbación dura lo suficiente como para que se requiera un ajuste tecnológico del sistema productivo.

2. Cambio Climático. Produce una perturbación que se mantiene en el tiempo, de manera que lleva a un ajuste tecnológico. Puede ser lineal, es decir conservar la misma tendencia durante un lapso mayor a 10 años. También puede ser parte de un ciclo periódico de larga duración que va pasando alternativamente por distintas fases.

Puede observarse que la diferencia entre “cambio” y “variabilidad” del clima reside en la duración y en la tendencia o periodicidad:

A. Los procesos cortos, de un año o menos y sin periodicidad conocida, constituyen la expresión más clara de “variabilidad” del clima.

B. Cuando un proceso se mantiene en el tiempo en forma persistente, entonces se está frente a una situación del “cambio” del clima.

C. Los procesos largos que se repiten periódicamente, constituyen una forma intermedia entre la variabilidad y el cambio. Cuando su duración excede los diez años, pueden clasificarse como de cambio, mientras que, cuando son más cortos, tienden a clasificarse como variabilidad.

Además, para que un proceso pueda denominarse como cambio, su magnitud tiene que exceder los límites de la variabilidad, lo cual debe validarse mediante un test estadístico adecuado.

En este sentido, debe mencionarse que, en los últimos años, se ha hecho un considerable abuso de la metodología estadística de tendencia lineal.

Aunque a menudo estas pruebas estadísticas arrojan resultados significativos, su uso tiene el problema de que supone que hay una tendencia que se mantiene constante en el tiempo, lo cual raramente se da en la Naturaleza.

En muchos casos se ha comprobado que un proceso que, en sus inicios, parecía mostrar una tendencia constante, al cabo de cierto tiempo arriba a cierto nivel, inferior o superior al anterior, en el que vuelve a estabilizarse.

En ese supuesto, se está ante un “escalón” climático, en el que cierta variable pasa de un estado de equilibrio a otro, a través de una transición que puede ser más o menos larga.

Cuando el escalón climático es muy grande, y el proceso de transición, es muy corto, se dice que se trata de una “catástrofe”.

Cabe recordar que, según se explicó al definir los procesos de variabilidad y cambio del clima, la “catástrofe” es un proceso natural, que no es ni bueno ni malo en sí mismo dado que sólo representa un proceso en la Naturaleza.

Lo que puede ser positivo o negativo es el “impacto” producido por la “catástrofe” sobre la actividad humana.

Es fácil percibir que el límite que separa al cambio de la variabilidad es difícil de trazar. Ambos procesos tienen puntos comunes que hacen que, a menudo, de los confunda.

Para poder efectuar una diferenciación es necesario

contar con series cronológicas de observaciones meteorológicas de larga duración y alta confiabilidad, lo cual a menudo, es imposible de lograr.

Por estas causas, es frecuente que se califique de cambio, a procesos que caen dentro de los límites de la variabilidad. Otras veces, no se percibe que está ocurriendo un cambio, y se interpreta el proceso como parte de la variabilidad.

Por lo tanto, no es aconsejable dar por válidas hipótesis de cambio o variabilidad que no están adecuadamente validadas por un riguroso trabajo de investigación.

LOS PRINCIPALES PROCESOS DE CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS QUE AFECTAN AL PLANETA Y LA ARGENTINA.

El cambio climático global, tal como lo define la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, es un proceso de origen antrópico, es decir causado por la actividad humana, cuyo accionar está cambiando aspectos importantes del ambiente.

En la actualidad, varios procesos de cambio y variabilidad climáticos inciden sobre el clima del Mundo, generando diversos fenómenos. Entre los principales pueden citarse los siguientes:

- Las glaciaciones
- Calentamiento Global
- Cambio en el Microclima Urbano
- Agujero de Ozono
- Oscilación Decadal del Pacífico
- Fenómeno de “El Niño Oscilación del Sur”

LAS GLACIACIONES.

Las glaciaciones fueron el primer proceso de cambio climático descubierto, por lo que tienen el interés de haber constituido el inicio de este tipo de estudios y por ser, probablemente, el proceso más catastrófico de los descubiertos hasta el presente.

Hacia 1840, el científico suizo Louis Agassiz (1807-1873) publicó su obra “Estudio sobre los Glaciares”³⁶ en la que daba cuenta de que, en algún momento,

gran parte del Continente Eurasiático y gran parte del Continente Norteamericano habían estado cubiertos de hielos.

Estos descubrimientos desataron una considerable ola de catastrofismo y, muy pronto, se comenzó a especular con la posibilidad de que los hielos volvieran a cubrir gran parte del planeta, haciendo colapsar el sistema económico mundial, y precipitando a la humanidad en una nueva prehistoria.

El descubrimiento, en 1920, por parte del científico yugoslavo Milutin Milankovich³⁷, de que los ciclos de glaciares se encuentran controlados por las variaciones de la radiación solar inducidas por los cambios en la órbita de la Tierra alrededor del Sol hizo muy poco por calmar los ánimos (*Figura 5*).

El descenso de la temperatura global observado entre 1965 y 1975 (*Figura 6*) desató una ola de temores acerca de la inminencia del inicio de un nuevo período glacial.

En 1972 el Nacional Science Board de los EE.UU. publicó un informe en que se señalaba: “Juzgando por los registros de las pasadas eras glaciales, el presente período de altas temperaturas podría estar llegando a su fin... conduciendo a una nueva edad glacial”³⁸.

En Abril de 1975, la influyente revista Newsweek³⁹ publicó un artículo advirtiendo sobre el proceso de enfriamiento global que estaba experimentando el planeta, opinión que fue reproducida en el número de Noviembre de 1976, por la no menos influyente Nacional Geographic (*opus cit* 38), en un extenso artículo dedicado al tema.

EL CALENTAMIENTO GLOBAL: EL CLIMA CAMBIA BRUSCAMENTE DE TENDENCIA.

Hacia finales de la década de 1970, cuando parecía inminente el comienzo de un nuevo período glacial, los registros meteorológicos comenzaron a indicar una clara tendencia creciente (*Figura 7*).

Al principio se pensó que era una fluctuación climática de corta duración pero, cuando se hizo evidente que la temperatura del planeta estaba aumentando, algunos memoriosos recordaron los trabajos del científico sueco Svante Arrhenius, premio Nobel de Química en 1903, quien había sido, en su

RECONSTRUCCIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA MUNDIAL DEL PLANETA DURANTE LOS ÚLTIMOS 300.000 AÑOS EN BASE AL CONTENIDO DE DEUTERIO DE LAS MUESTRAS DE HIELO OBTENIDAS EN LA ESTACIÓN ANTÁRTICA VOSTOK

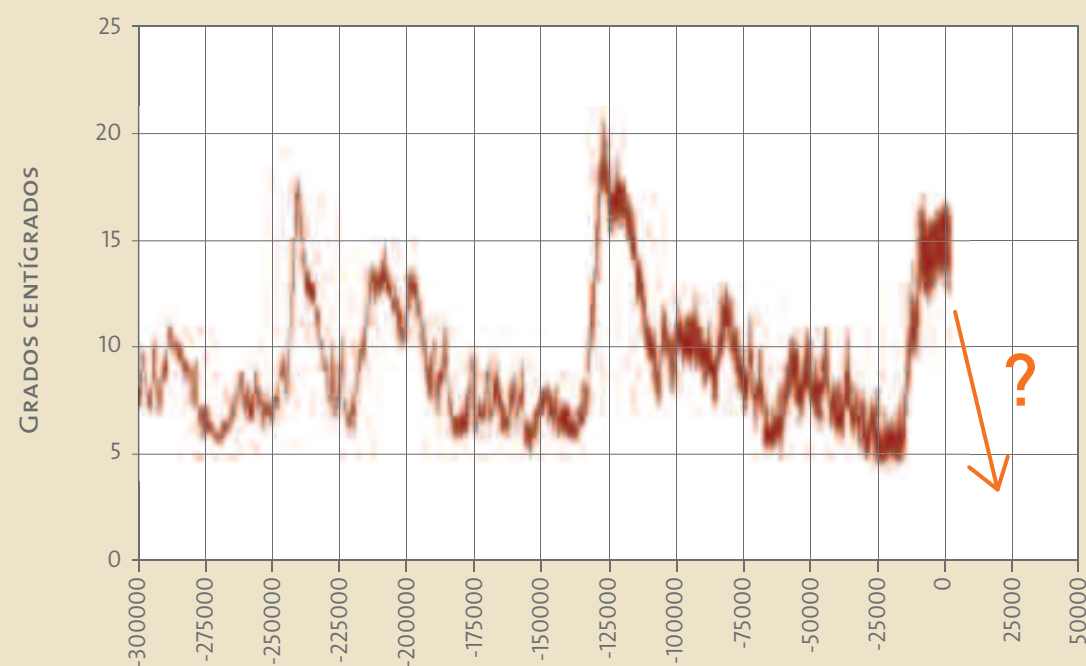


FIGURA 5

momento, uno de los principales críticos de la teoría de que se avecinaba una nueva glaciación.

En un trabajo publicado en 1896⁴⁰, Arrhenius había previsto que el incremento del contenido atmosférico de dióxido de carbono, provocado por el aumento del uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural), podía compensar el enfriamiento de origen glaciario, dando lugar a una etapa de calentamiento del planeta que, a su criterio, mejoraría las posibilidades de producción agropecuaria, contribuyendo a paliar el déficit alimentario.

El razonamiento de Arrhenius se basaba en el funcionamiento del mecanismo de equilibrio térmico del planeta.

La mayor parte de la radiación solar de onda corta que recibe la Tierra atraviesa la atmósfera y es absorbida por la superficie de los mares y continentes, que la transforman en calor y la reemiten hacia el espacio como radiación de onda larga.

No obstante, en la atmósfera existen gases, como el vapor de agua, dióxido de carbono, óxido nítrico, metano, ozono, etc., que tienen la capacidad de absorber la radiación de onda larga. De esta manera parte de la energía que la Tierra emite desde su superficie queda retenida en la atmósfera, y resulta en un calentamiento de la propia atmósfera y de la superficie terrestre.

Este mecanismo es el que se denomina efecto de invernadero natural, y debe hacerse notar que resulta sumamente beneficioso, ya que sin el mismo, la temperatura media del Planeta sería de -18°C , y la mayor parte de su superficie estaría cubierta por una gigantesca glaciación. Gracias al efecto de invernadero natural, la temperatura global se sitúa en el orden de los 15°C .

El rápido y constante incremento de la quema de combustibles fósiles, el aumento de la deforestación y la expansión de las áreas cultivadas han resultado en

ANOMALÍAS TÉRMICAS NEGATIVAS OBSERVADAS ENTRE 1965 Y 1975

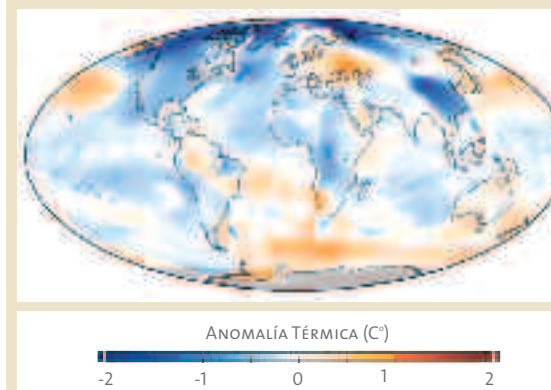


FIGURA 6 | FUENTE: NASA

cambios importantes en la composición de la atmósfera, aumentando la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero (GEI).

El más importante es el dióxido de carbono (CO_2) producido por la combustión de los hidrocarburos (nafta, gas oil, fuel oil, etc) y el carbón mineral que constituyen las principales fuentes de energía que emplea la actividad humana (Figuras 8, 9 y 10). Luego vienen otros gases, como el metano producido por la fermentación anaeróbica en los vaciaderos en los que se entierran desperdicios orgánicos, en los arrozales y, notablemente, en el rumen de los vacunos y ovinos, que lo eliminan a través de sus eructos y carminaciones. También son importantes los clorofluorocarbonos empleados en la industria de la refrigeración, el óxido nítrico producido por la combinación oxígeno y nitrógeno atmosféricos en la cámara de combustión de los motores nafteros y gasoleros, así como por la meteorización de los fertilizantes nitrogenados.

Los gases de efecto invernadero presentan una diferente capacidad de atrapar calor en la atmósfera. Por esta razón en 1994 el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) estableció el concepto

CALENTAMIENTO GLOBAL DESDE 1976 AL PRESENTE

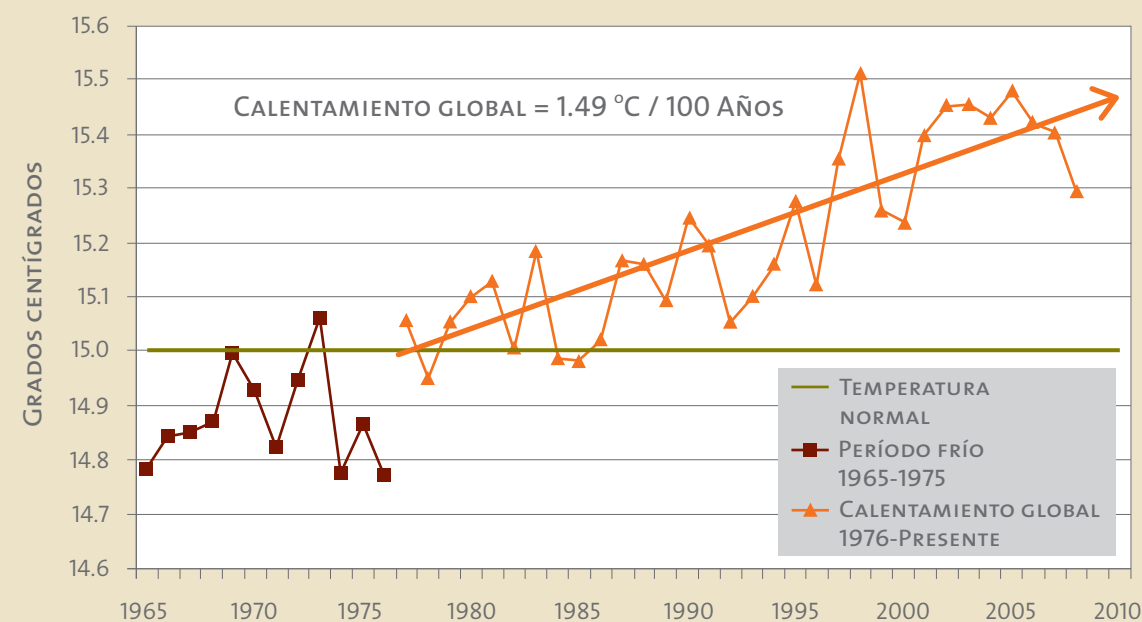
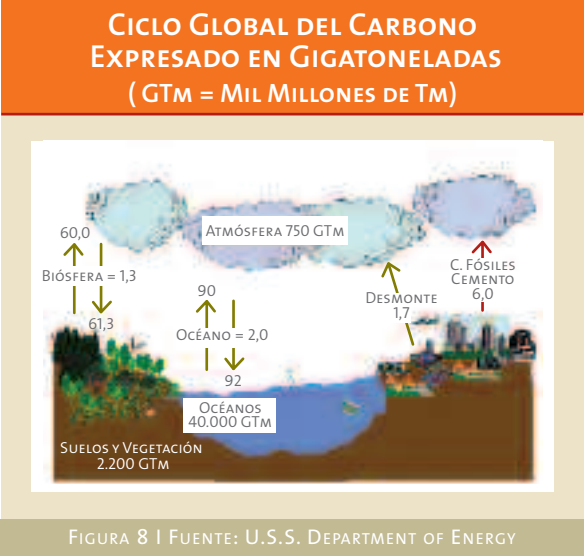
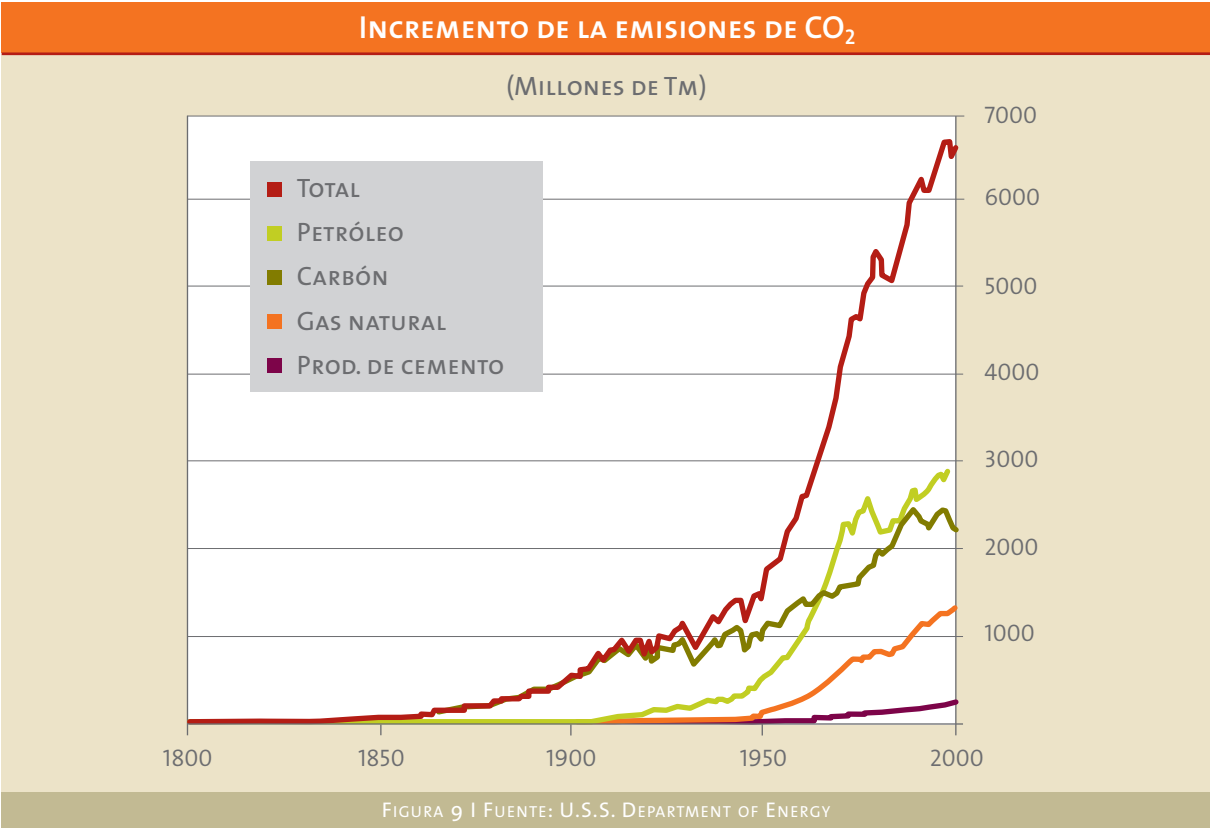


FIGURA 7 | FUENTE: UK METEOROLOGICAL OFFICE



de Potencial de Calentamiento Global (PCG) de diferentes gases, tomando como referencia al dióxido de carbono ⁴¹. Por ejemplo, la contribución del metano al efecto invernadero es 21 veces superior a la del dióxido de carbono, o sea su PCG es de 21. El valor de PCG estimado para el óxido nitroso es aún mayor, alcanzando un valor de 310, y los de los fluorados son elevadísimos. La utilización de los PCG permite que todos los gases sean expresados en su equivalente en carbono, haciendo posible evaluar actividades que liberan diferentes tipos de emisiones (*Cuadro 1*).

Este cambio en la composición de la atmósfera ha resultado en un efecto de invernadero intensificado, alterando el equilibrio natural que existía entre la energía solar entrante y la energía terrestre saliente, y resultando en el aumento de la temperatura global de la Tierra.

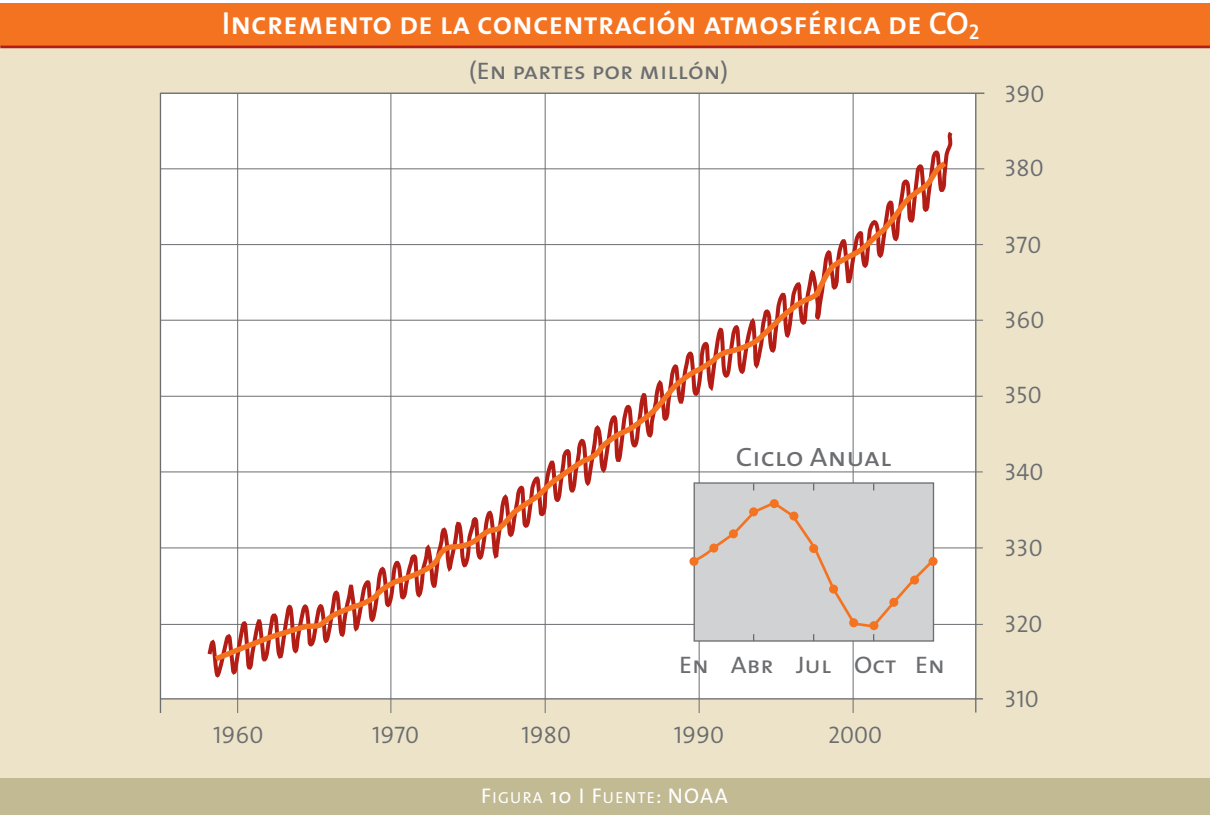


POTENCIALES DE INVERNADERO DE LOS PRINCIPALES GASES		
TIPO DE GAS	SÍMBOLO QUÍMICO	PCG
DIÓXIDO DE CARBONO	CO ₂	1
METANO	CH ₄	21
OXIDO NITROSO	N ₂ O	310
SULFURO HEXAFLUORADO	SF ₆	23900
HIDROFLURO CARBONO	HFCs	11700
FOSFATOFLURO CARBON	PFCs	9200

CUADRO 1 | FUENTE: EPA

La comunidad científica internacional ha venido dedicando muchos esfuerzos al estudio de estos cambios, y a especular sobre los impactos que los mismos pueden tener sobre el planeta. El reciente informe del grupo de expertos intergubernamental sobre la evolución del clima (IPCC, 2007) prevé que, a falta de nuevas medidas para limitar la emisión de gases de efecto invernadero, la temperatura del planeta se

elevará muy probablemente de 1,8 a 4 °C suplementarios en el curso de este siglo, luego de haber aumentado en más de 0,7°C en el curso del siglo pasado⁴². La visión de Arrhenius acerca del efecto del incremento del contenido atmosférico de los gases de invernadero era optimista⁴³, ya que pensaba que se trataba de un proceso que podía retardar el inicio de un nuevo período glacial. Contrariamente, la visión que fue desarrollándose en la opinión pública mundial, responde mucho más al panorama, descrito a principios de la década de 1950, por la Dra. Rachel Carson⁴⁴, a quien se considera la madre del movimiento ambientalista mundial, es fuertemente catastrófica, incluyendo fuertes impactos en la producción agraria, el ascenso del nivel del mar, el incremento de las sequías e inundaciones, el derretimiento de los casquetes polares, etc. Las palabras, pronunciadas el 3 de Febrero de 2007, por el entonces Presidente de la República Francesa,



Jacques Chirac, al cerrar la Conferencia "Ciudadanos de la Tierra" haciendo el "Llamamiento de París" para una Gobernanza Medioambiental Mundial, expresan elocuentemente la impresión que se ha instalado en la opinión pública mundial: "Todos sabemos que la actividad humana sin control está provocando una especie de suicidio colectivo lento. Sólo la reunión de las naciones entorno a compromisos acordados conjuntamente permitirá prevenir un desastre". Aca si lo pones en un recuadro ponele entre paréntesis Jacques Chirac

Estas declaraciones, a las que se suman otras que sería demasiado largo enumerar, no dejaron duda acerca de que el calentamiento global se ha incorporado a las agendas de los principales gobernantes del Mundo como un tema de la mayor repercusión.

Es interesante destacar que, 30 años después que se llegara a pensar que la Civilización iba a ser arrasada por una nueva glaciación (*opus cit* 38 y 39), se ha pasado a temer que lo sea por el proceso contrario: un calentamiento general del globo.

No cabe duda que la teoría del catastrofismo concuerda con los sentimientos más profundos de los seres humanos, que parecen necesitar que alguna fuerza de grandes proporciones los amenace.

No obstante, antes de dar por cierta semejante amenaza, será conveniente avanzar en el análisis de los restantes procesos de cambio y variabilidad climáticos y, luego de obtener una adecuado panorama, evaluar hasta que punto se avecinan cataclismos o se perfilan o oportunidades de progreso.

CAMBIO EN EL MICROCLIMA URBANO.

De todos los fenómenos de cambio climático, el cambio en el microclima urbano es el más incontestablemente comprobado. Derivado del aumento urbano de consumo de energía y de la transformación de la superficie dentro de las ciudades. Esto determina un incremento del régimen térmico dentro de las "islas de calor" urbanas que se está haciendo sentir en todo el mundo. Socialmente está causando el éxodo de la población de mayores recursos que deja las ciudades y se traslada a las áreas de clubes de campo y barrios privados de los alrededores.

El principal proceso de cambio climático que afecta a

la población de muchos países que, como la Argentina, tienen a la mayoría de su población concentrada en grandes ciudades, es el cambio del microclima urbano.

Este proceso se parece al calentamiento global, por lo que a menudo se lo confunde con éste, pero se diferencia por su extensión mucho menor, que se restringe a los ámbitos urbanos, por sus causas, que obedecen a otros factores, y por su intensidad, que es mucho mayor⁴⁵.

Las causas del cambio del microclima urbano responden al reemplazo de la cobertura natural del suelo por materiales artificiales, como cemento, asfalto, ladrillo, etc, que se calientan mucho más que las superficies ocupadas por la vegetación⁴⁶.

Esto se ve agravado por el hecho de que la barrera formada por la edificación impide la circulación del viento, por lo que el calor, la humedad y los gases producidos por la actividad humana se concentran dentro de la ciudad (*Figura 11*), generando un ambiente cada vez más riguroso⁴⁷.

Para dar una idea de la diferencia de magnitudes entre el calentamiento global y el cambio de microclima urbano, bastará señalar que, desde mediados del siglo XIX a la fecha, la temperatura global del planeta habría aumentado desde 14,6°C, en 1850, hasta 15,4°C, en 2000, es decir un incremento de 0,8°C en 150 años.

En cambio, es común que, en una noche de verano en el conurbano bonaerense, el interior del área urbana registre una mínima de 24,8°C, mientras que el área rural de los alrededores observa valores infe-

riores a 20,0°C (valor del 4/1/2005 difundido por el Servicio Meteorológico Nacional) o sea una diferencia de casi 5°C.

Puede percibirse que ambos fenómenos son muy diferentes en su magnitud aunque, según se señaló a menudo se los confunde. Evitar esta confusión es importante, porque puede llevar a descuidar el problema urbano y exagera el problema global.

Un buen ejemplo de esto último surge de comparar el cambio de temperatura registrado entre las décadas de 1940 y 1980 en una ciudad con gran crecimiento urbano, como es el caso de Buenos Aires, con respecto a otra ciudad con un crecimiento urbano mucho menor, como Coronel Suárez, según puede hacerse comparando los datos que brindan las estadísticas publicadas por el Servicio Meteorológico Nacional Argentino⁴⁸.

La temperatura media anual de Buenos Aires aumentó desde 16,9°C, en la década de 1940, hasta 17,7 °C, en la década de 1980⁴⁸, exhibiendo un incremento de 0,8°C, que parece sustentar la hipótesis del calentamiento global.

Lo que faltaría explicar, para que la teoría pudiera darse por válida es por qué causas, en el mismo lapso, la temperatura media anual de Coronel Suárez bajó levemente, desde 13,5°C hasta 13,4°C, en la década de 1980.

Esta comparación hace que resulte mucho más razonable atribuir los cambios al diferente crecimiento urbano de ambas ciudades y no al calentamiento global.

Basándose en hechos similares, algunos científicos señalan que las evidencias del calentamiento global se basan, en buena medida, en observaciones en estaciones climatológicas ubicadas en ciudades, en las que se ha producido un proceso de crecimiento que ha determinado un lógico incremento de la temperatura, lo que invalida su uso para sacar conclusiones en escala global.

AGUJERO DE OZONO.

Este fenómeno consiste en la posible disminución de la capa de ozono (O3) que se encuentra en la Estratosfera, a unos 35 km de altura, y protege a la biosfera de la llegada de un exceso de radiación ultravioleta.

Este fenómeno, descubierto hace unos 20 años tiene una gran importancia biológica ya que los rayos ultravioletas pueden causar daños en la piel y la vista de los seres humanos, y son capaces de producir efectos ecológicos importantes.

No obstante, la radiación ultravioleta es sólo un 2 % del total del espectro solar por lo que sus efectos energéticos son poco importantes^{49 y 50}. Por eso no debe confundirse con el Calentamiento Global que implica cambios en el balance energético mucho mayores.

OSCILACIÓN DECADAL DEL PACÍFICO.

En el sistema climático global el océano juega un rol protagónico, participando en teleconexiones a escala estacional, interanual y decenal, porque su dinámica pone en juego activos acoplamientos entre la atmósfera, el ciclo hidrológico y las condiciones de superficie (oceánicas o continentales).

La distribución de temperaturas en el Océano Pacífico, que cubre más de un tercio de la superficie del planeta, afecta el recorrido de la corriente de chorro Jet Stream alteración que trae como consecuencia variaciones en las precipitaciones respecto a sus valores normales⁵¹.

A fines de la década de 1990, tres campañas agrícolas sucesivas (1998/1999, 1999/2000, 2000/2001) fueron afectadas por episodios de "La Niña", fenómeno que recientemente se repitió durante las campañas agrícolas 2007/2008 y 2008/2009.

Los científicos del Jet Propulsion Laboratory de la NASA creen que esa persistencia de "La Niña" fue parte de un ciclo climático de larga duración. Las imágenes obtenidas durante esos años por el satélite norteamericano-francés TOPEX Poseidón, operado por la NASA, mostraron el desarrollo de una gigantesca herradura de aguas con temperaturas muy por encima de lo normal en el Margen Occidental (Asiática) del Océano Pacífico.

La temperatura de esa gigantesca área en forma de herradura oscila entre valores por encima o por debajo de lo normal⁵². Este fenómeno, denominado científicamente Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), y bautizado como "La Madre" por su aparente similitud con los eventos "El Niño" y "La

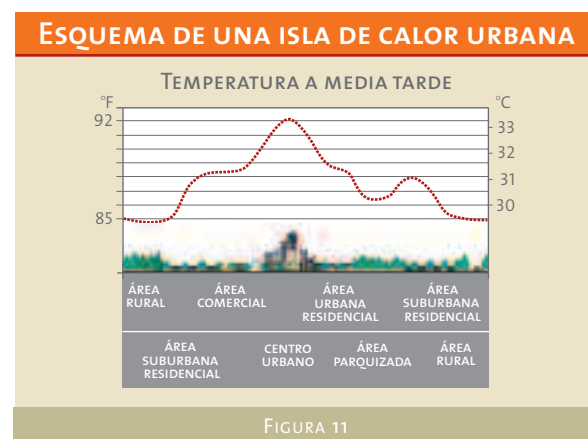
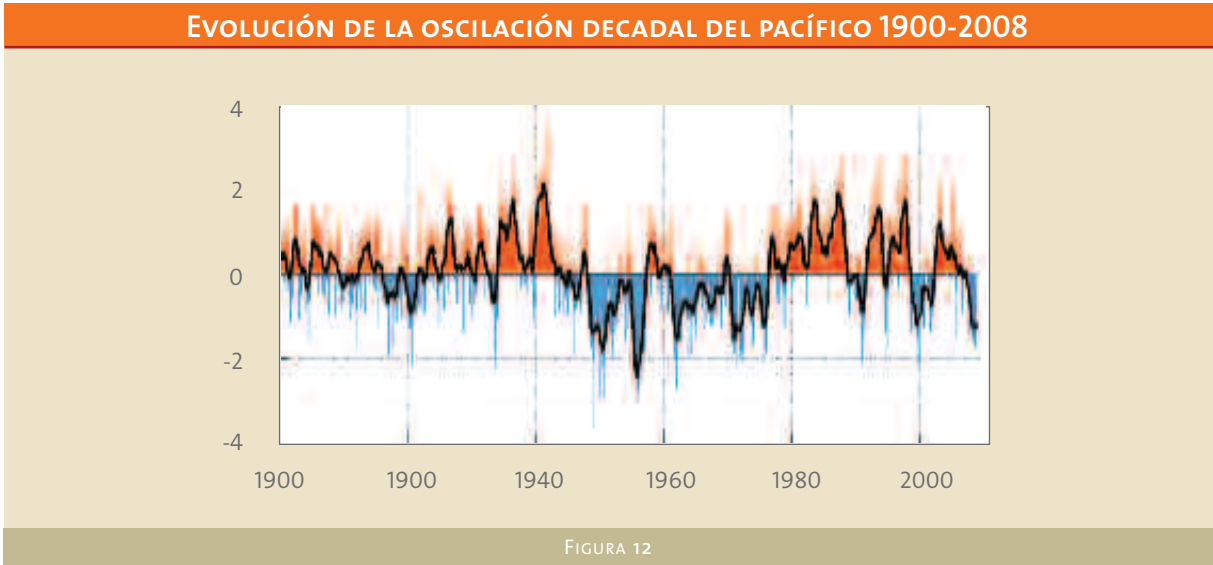


FIGURA 11

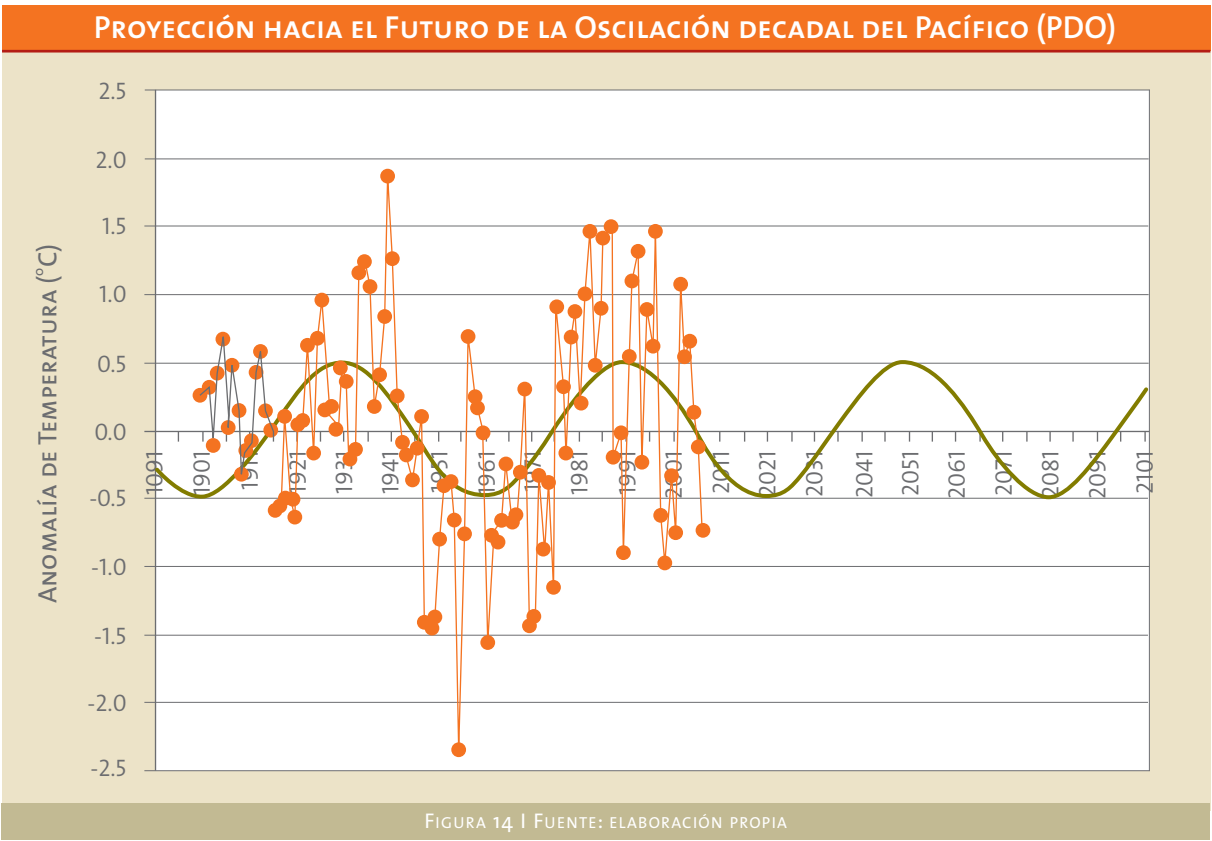
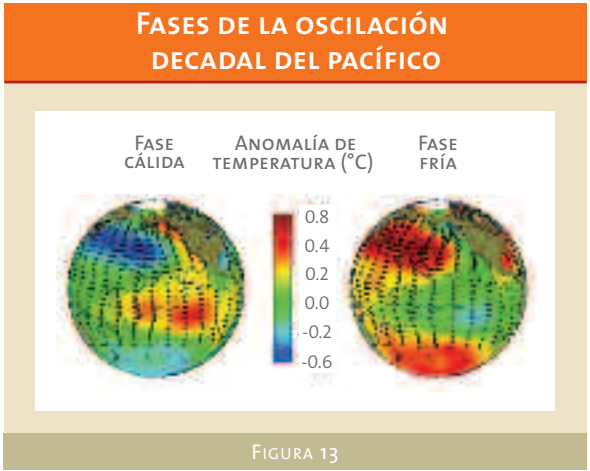


Niña”, constituye un proceso de larga duración. Su ciclo total sería de unos 80 a 100 años, a lo largo del cual va pasando por fases (negativas, neutras, positivas y neutras) de 20 /30 años cada una (Figura 12). Una fase negativa de la PDO se reconoce por una herradura de aguas oceánicas cálidas en el Pacífico Occidental y una cuña fría en el Pacífico Oriental (Figura 13). Esto último favorece la aparición de episodios de “La Niña”, provocando un ciclo de lluvias por encima de lo normal en el Noroeste e inferiores a la media en la Región Pampeana y Noreste. En el caso de una fase positiva de la PDO,

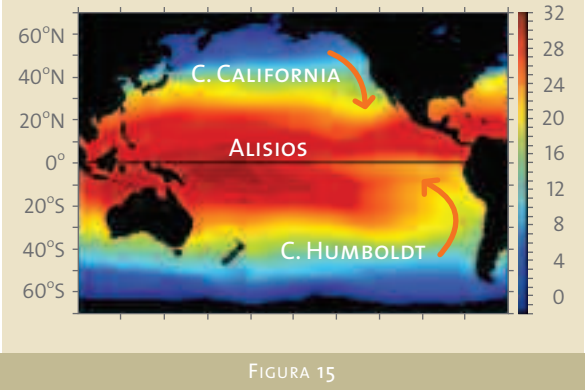
una herradura de aguas oceánicas frías se ubica en el Pacífico Occidental, y una cuña cálida en el Pacífico Oriental. Esta situación promueve la formación de eventos de “El Niño”, trayendo un ciclo de buenas lluvias a la Región Pampeana y Noreste, y causando sequía sobre el Noroeste. De acuerdo con esta teoría sería probable que, después de la fase positiva que se extendió desde mediados de los 70 hasta mediados de los 90, haya comenzado una fase neutra, que se prolongaría unos 20/30 años (Figura 14). Posteriormente, se ingresaría en una fase negativa, que significaría un período de 20 a 30 años. Para la Región Pampeana ello significaría un largo período con posibilidad de déficits hídricos, especialmente cuando se produzcan eventos de “La Niña”, que serían intensificados por la PDO.

EL NIÑO OSCILACIÓN DEL SUR I ENOS.

El Fenómeno “El Niño Oscilación Del Sur (ENOS) es la consecuencia de un ciclo alternativo de calentamiento y enfriamiento que tiene lugar en el Océano Pacífico Ecuatorial (opus cit 25). Las corrientes marinas frías de California y de Humboldt convergen sobre las costas de Perú y Ecuador, y ascienden levantando sedimentos del fondo oceánico que fertilizan las aguas, generando una de



CONDICIONES NORMALES O NEUTRAS: LOS VIENTOS ALISIOS OBSERVAN INTENSIDAD NORMAL, EMPUJANDO AL AGUA SUPERFICIAL CALIENTE HACIA EL LADO ASIÁTICO DEL OCÉANO, Y REEMPLAZÁNDOLA POR AGUA FRÍA APORTADA POR LAS CORRIENTES DE CALIFORNIA Y HUMBOLDT (NOAA)



las áreas pesqueras más productivas del mundo, mientras que sobre el continente se generan climas costeros secos y relativamente fríos (Figura 15). Las aguas superficiales cálidas son impulsadas por los Vientos Alisios en dirección al Asia, creando una fuerte diferencia de temperatura⁵³. Darwin, en el norte de Australia, tiene una temperatura media de 27,5°C, muy superior a la de Lima, que se encuentra a la misma latitud (12° Sur) y registra un promedio de sólo 18,4°C. Cabe consignar que la temperatura media anual de la ciudad Buenos Aires, situada 2500 Km. más al sur (35° Sur), es de 17,0°C, lo cual da una clara idea de lo frío que es el clima costero del Perú con relación a su ubicación geográfica. Cuando ambas corrientes frías disminuyen su intensidad, la temperatura del lado americano del océano aumenta rápidamente y comienza un episodio de “El Niño”, nombre debido a que suele alcanzar su máxima intensidad coincidentemente con el Nacimiento de “El Niño” Jesús (Figura 16).

EL NIÑO: LOS VIENTOS ALISIOS SE FRENAN Y DEJAN DE EMPUJAR EL AGUA SUPERFICIAL CALIENTE HACIA EL LADO ASIÁTICO DEL OCEANO. CESA EL APORTE DE AGUA FRÍA PROVENIENTE DE LAS CORRIENTES DE CALIFORNIA Y HUMBOLDT (NOAA)

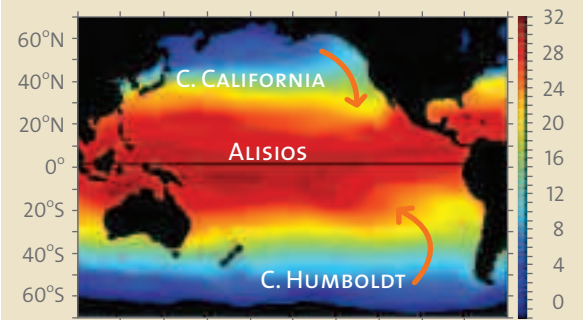


FIGURA 16

Este proceso produce fuertes perturbaciones climáticas globales, que incluyen fuertes lluvias sobre Perú y Ecuador y sequías en Australia, India, Malasia e Indochina⁵⁴. En Argentina, sus efectos se traducen en sequía y calor en el Noroeste, y lluvias por encima de lo normal, alta nubosidad y temperaturas por debajo

de la media en la Región Pampeana y el Nordeste (Figura 17). Paralelamente, la temperatura también experimenta fuertes perturbaciones, entre las que predominan extensas superficies con valores superiores a lo normal (Figura 18).

Contrariamente, cuando las corrientes marinas frías se intensifican, la diferencia de temperatura entre ambas márgenes del océano se incrementa aún más, iniciándose un episodio de “La Niña” (Figura 19).

Este proceso invierte el signo de las anomalías. Causa sequías en Sudamérica, fuertes lluvias en Australia oriental, etc (Figura 20). En Argentina, el Noroeste observa lluvias por encima de lo normal, alta nubosidad y temperaturas por debajo de la media, mientras que en la Región Pampeana y Noreste sus efectos son sequía primaveral y prolongadas olas de calor⁵⁵. El patrón de anomalías térmicas también se invierte, observándose extensas superficies con temperaturas bajo lo normal (Figura 21).

El Niño no tiene una periodicidad conocida, aunque término medio se produce a intervalos de entre tres a ocho años, pudiendo prolongarse hasta tres años consecutivos (Cuadro 2). Por esta causa es un fenómeno que forma parte de la variabilidad del clima, ya que oscila alternativamente entre un extremo y otro,

EFECTOS DE EL NIÑO SOBRE LAS PRECIPITACIONES

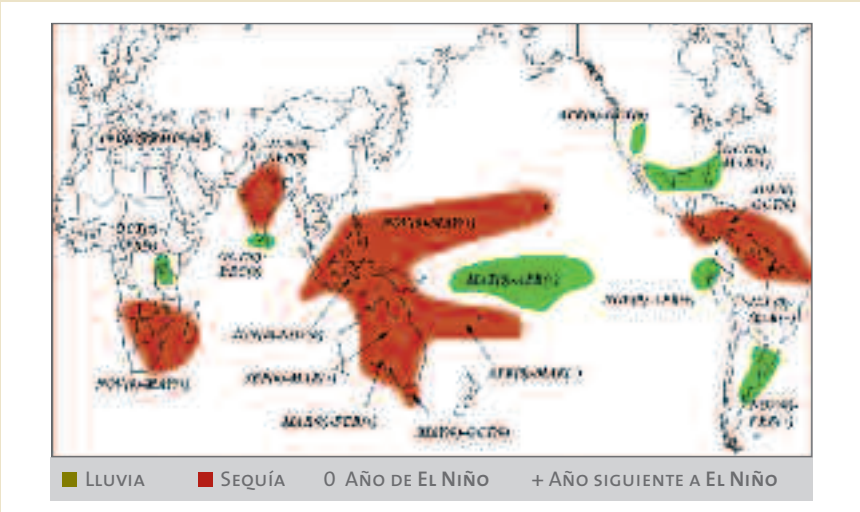


FIGURA 17 | FUENTE: ROPELEWSKI Y HALPERT | 1986

EFECTOS DE EL NIÑO SOBRE LAS TEMPERATURAS

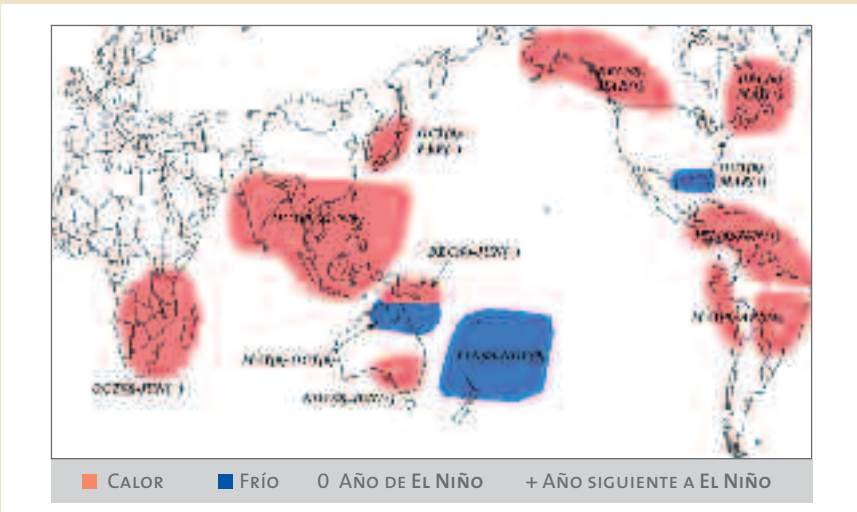


FIGURA 18 | FUENTE: ROPELEWSKI Y HALPERT | 1986

pero siempre alrededor del mismo nivel de referencia. Su notable característica de poder detectarse con varios meses de anticipación ha dado impulso al desarrollo de métodos de pronóstico climático a mediano y largo

plazo, produciendo un gran interés por parte de la comunidad científica internacional, lo cual ha contribuido sin duda a la enorme repercusión que recientemente ha alcanzado en los medios de comunicación.

EPISODIOS DE EL NIÑO Y LA NIÑA

DÉCADA	EL NIÑO	LA NIÑA
1901-10	1905/06	1904/05
1911-20	1911/12, 1914/15, 1918/19	1916/17
1921-30	1923/24, 1925/26	1928/29
1931-40	1930/31, 1932/33, 1939/40	1938/39
1941-50	1941/42	
1951-60	1951/52, 1953/54, 1957/58	1950/51, 1954/55
1961-70	1965/66, 1969/70	1964/65
1971-80	1972/73, 1976/77	1970/71, 1973/74
1981-90	1982/83, 1986/87	1988/89
1991-00	1991/92, 1994/95, 1997/98	1998/99, 1999/00
2001-10	2002/03, 2006/07	2000/01, 2005/06, 2007/08, 2008/09
TOTALES	24	16

CUADRO 2

LA NIÑA: LOS VIENTOS ALISIOS SE ACELERAN Y EMPUJAN CON GRAN VELOCIDAD AL AGUA SUPERFICIAL CALIENTE HACIA EL LADO ASIÁTICO DEL OCEANO. SE INTENSIFICA EL APORTE DE AGUA FRÍA DE LAS CORRIENTES DE CALIFORNIA Y HUMBOLDT (NOAA)

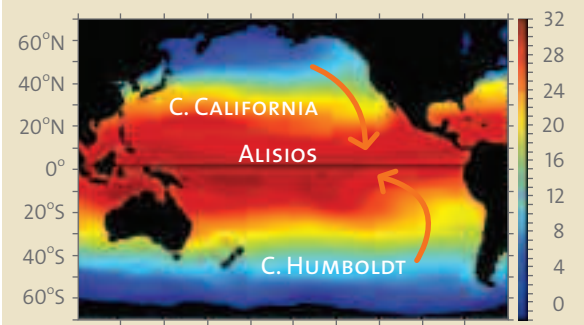


FIGURA 19 | FUENTE: ROPELEWSKI Y HALPERT | 1986

EL CAMBIO Y LA VARIABILIDAD DEL CLIMA EN LA HISTORIA DEL AGRO ARGENTINO.

EL CLIMA Y LA POSICIÓN DE LA ARGENTINA COMO PAÍS AGROEXPORTADOR.

La idea de que La Argentina es, por esencia, un país

agroexportador, cuyo destino natural es abastecer de alimentos a los países industriales, está tan instalada en la mentalidad nacional, que pocas veces surge la pregunta acerca de qué factores son los que determinan esta situación. Menos frecuente, aún, es preguntarse si el clima puede tener algo que ver con ello. Sin embargo, cuando se repasa el proceso evolutivo que determinó la aparición de lo que hoy en día se conoce como sociedades industriales, surgen algunos hechos interesantes (*opus cit* 11 y 12). Hacia mediados de la Edad Media, cuando Europa comenzó su retorno hacia una vida civilizada, su población se encontraba muy reducida. Su economía era esencialmente agrícola, mientras que el comercio era escaso y esencialmente local debido a la falta de medios de comunicación y a la falta de seguridad impuesta por el fraccionamiento feudal del territorio. Se calcula que, hacia el año 1000, unos 38 millones de personas habitaban Europa, o sea algo menos de un tercio de los 130 millones que habían formado parte del Imperio Romano hacia el año 130, a mediados del reinado del Emperador Adriano. A medida que la sociedad se fue reorganizando y la economía pudo retomar su crecimiento, la población comenzó a crecer lentamente. Entre el año 1000 y el

EFFECTOS DE LA NIÑA SOBRE LAS PRECIPITACIONES

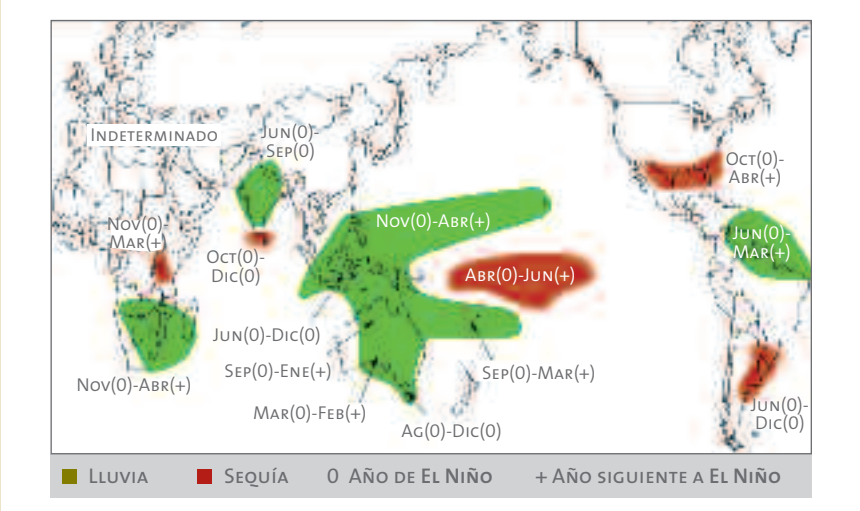


FIGURA 20 | FUENTE: ROPELEWSKI Y HALPERT | 1986

EFFECTOS DE LA NIÑA SOBRE LA TEMPERATURA

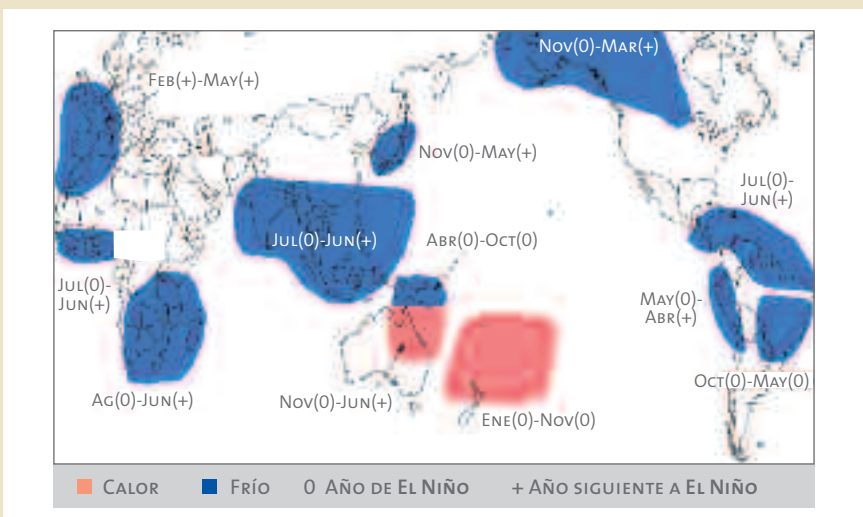


FIGURA 21 | FUENTE: ROPELEWSKI Y HALPERT | 1986

EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DURANTE EL ÚLTIMO MILENIO

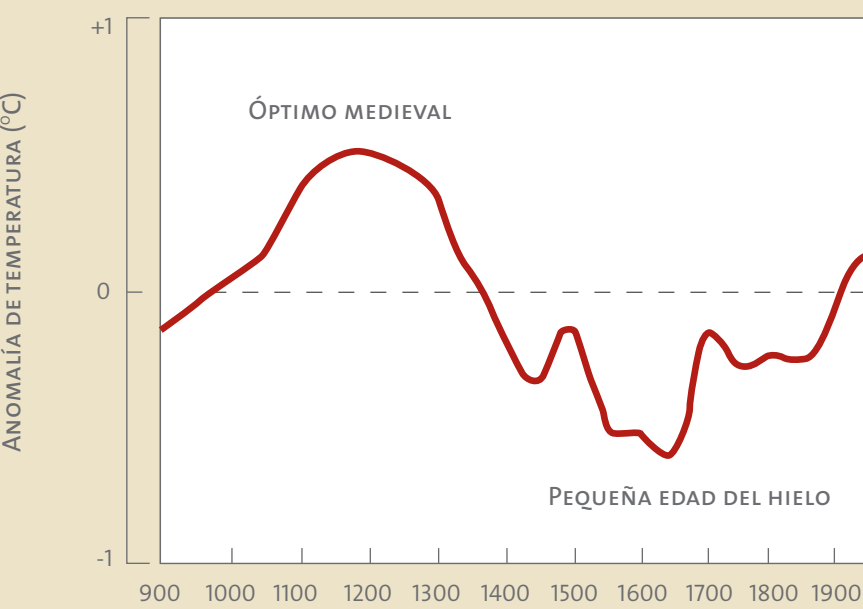
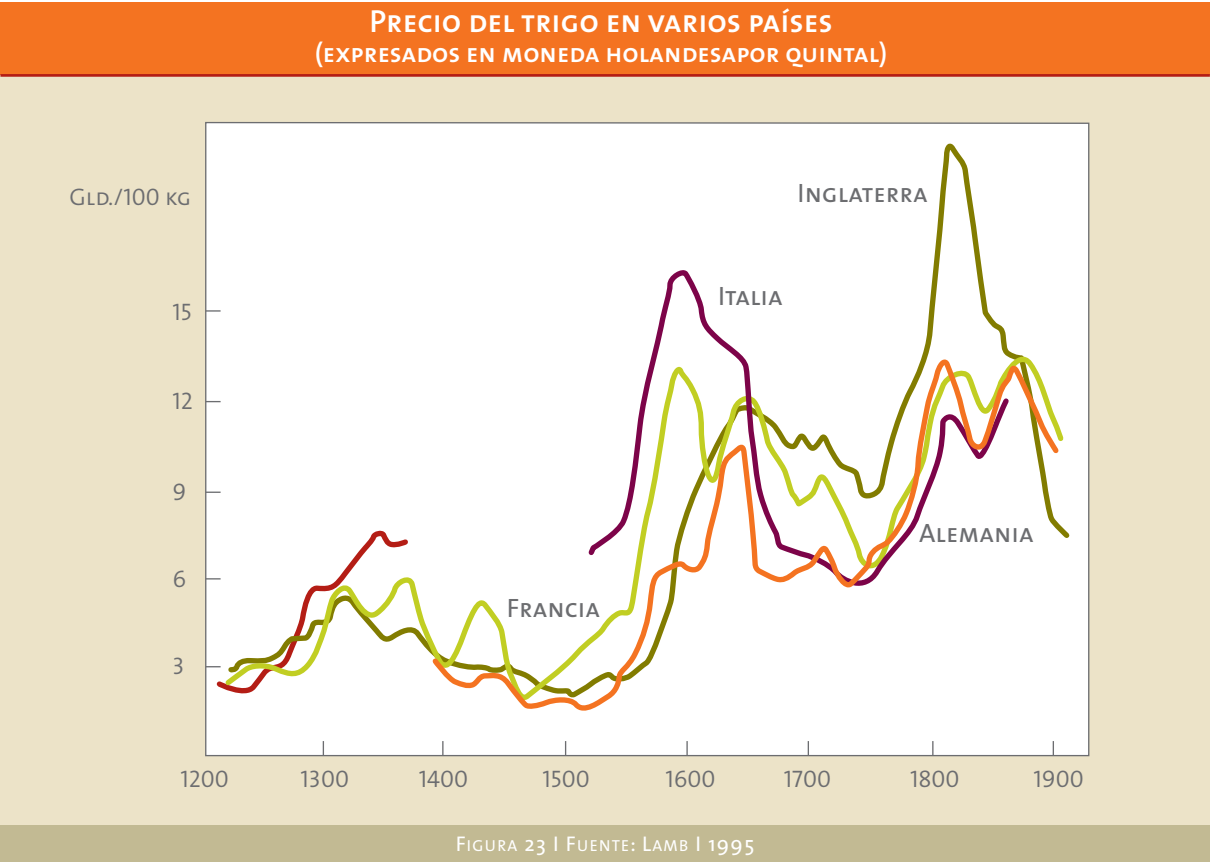
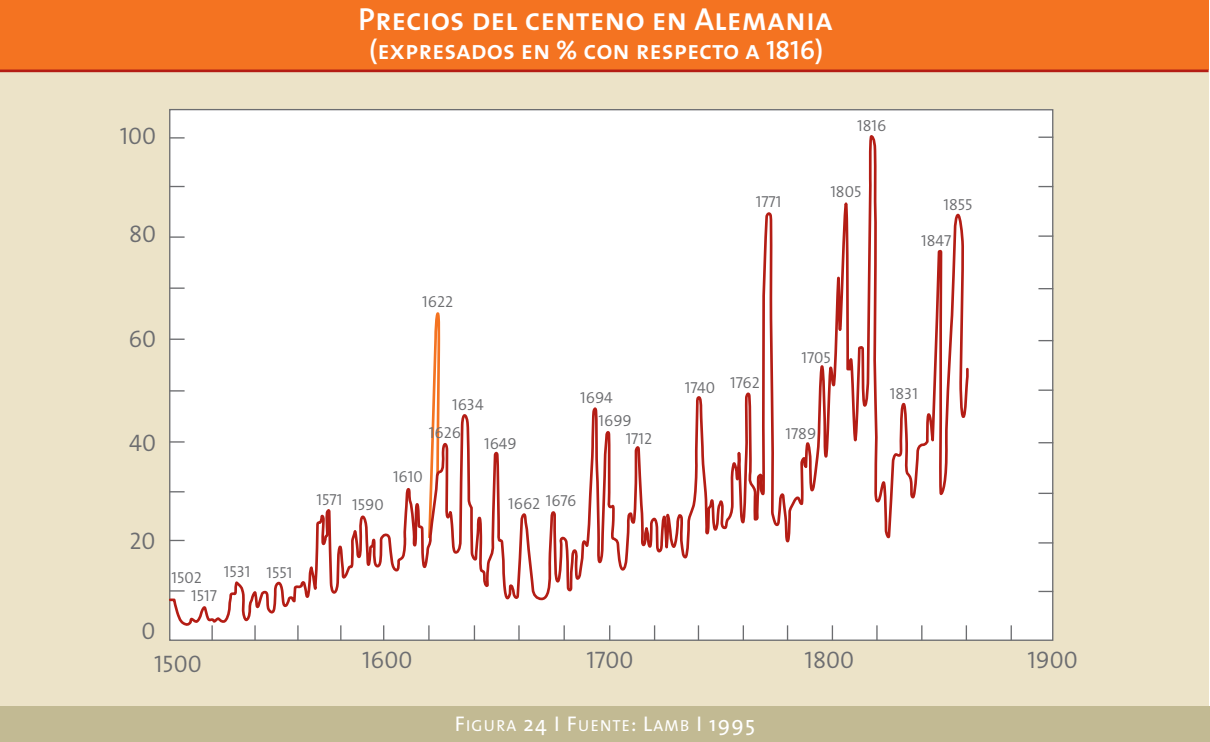


FIGURA 22 | FUENTE: LAMB | 1995



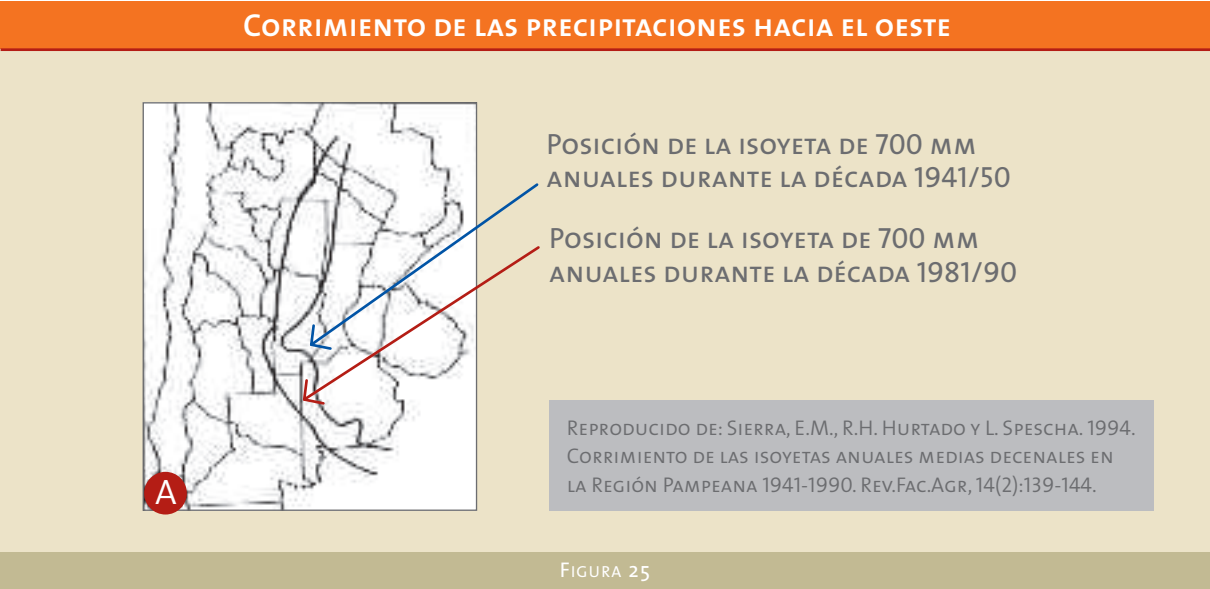
año 1300, su número pasó de 38 a 70 millones de personas. Este proceso fue facilitado en una considerable medida por la ocurrencia de un prolongado período con temperatura por encima de lo normal, que se conoce con el nombre de “óptimo medieval” (Figura 22). Mientras tanto, la base de la economía se había ampliado hacia una amplia gama de industrias basadas en el aprovechamiento de las materias primas que proveía la producción agrícola básica. Este progreso fue hecho posible por la aparición de una variedad de máquinas, movidas en muchos casos por la energía aportada por el viento y las corrientes de agua, que permitían acelerar la producción y ahorrar mano de obra, un insumo que ya comenzaba a ser escaso. Esta temprana fase de innovación tecnológica fue convocada por la necesidad de expandir lo que ahora llamaríamos la agroindustria. Lejos de estar opuesta a

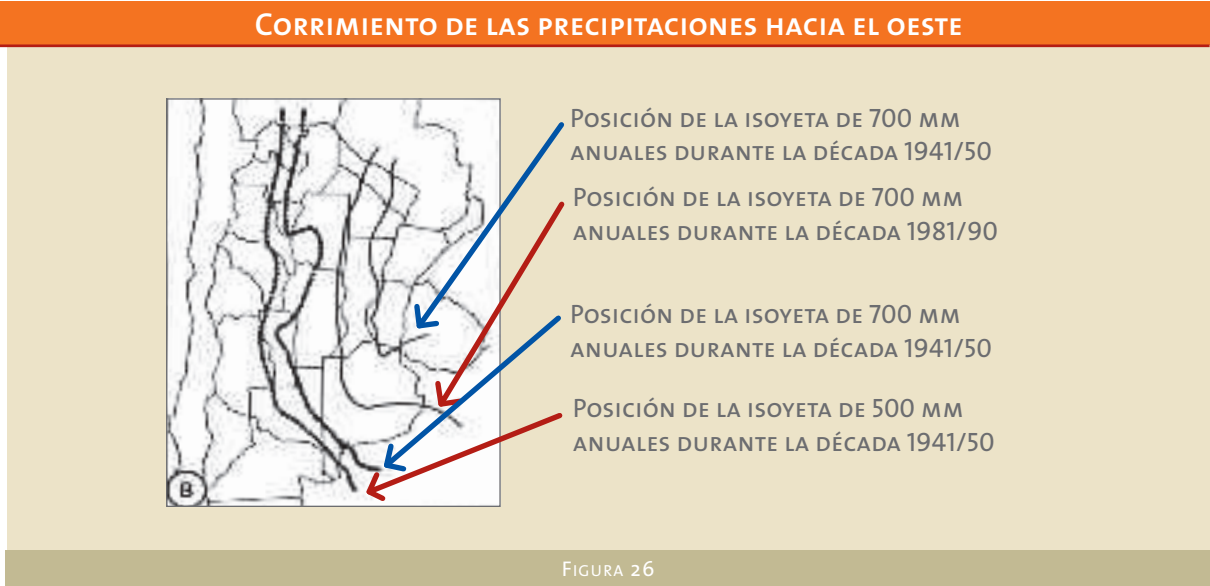
la agricultura, la industria comenzó su desarrollo desde una base claramente ligada a la misma. Gracias a las mejores condiciones de vida, para 1347 la población europea había alcanzado la cifra de 75 millones de personas. Entonces ocurrió algo que tuvo la virtud de acelerar el proceso de innovación en forma abrupta. A mediados del siglo XIII, comenzó un largo período con temperaturas inferiores a lo normal, que afectó de la temperatura del Hemisferio Norte, que se conoce como la “Pequeña Edad del Hielo” (Figura 22). Entre 1150 y 1460, Europa Occidental experimentó un proceso general de descenso de la temperatura y, entre 1560 y 1850 se observó un prolongado lapso frío. El clima frío impactó negativamente en la agricultura, la salud, la economía, impulsó un nuevo avance de los glaciares, etc. Como consecuencia del deterioro general de las condi-



ciones de vida, “La Plaga”, o sea la peor epidemia de peste bubónica que recuerda la historia atacó a Europa. Este brote de la enfermedad se había origi-

nado en China hacia 1330 y se fue expandiendo hasta llegar a Italia en la primavera de 1348. Para 1350, la “Pestilencia”, como también se la conoció, había reco-





rrido todo el Continente y había matado 25 millones de personas, reduciendo la población total a 50 millones (*opus cit* 11 y 12). Esta drástica disminución de la oferta de mano de obra alentó el desarrollo de la “maquinización”, cuyo avance fue alcanzando poco a poco a todas las actividades. El avance de la industria exigió mejores métodos de organización y una más precisa medida del tiempo e impulsó el comercio. Europa entró en el Renacimiento, y luego vinieron las Edades Moderna y Contemporánea. El progreso en lo referente a arquitectura, salubridad, organización, seguridad, vestimenta, etc, hizo que la población europea volviera a crecer y, para mediados del siglo XVI, su número había comenzado a superar al alcanzado durante el apogeo del Imperio Romano. Pero aunque el progreso de Europa superaba al resto del Mundo en lo referente a producción industrial, arquitectura, ciencia, etc, la persistencia de bajas temperaturas que se extendió a lo largo de los siglos XV, XVI, XVII y XIX, determinó déficits en la producción de alimentos que obligaron a buscarlos en otros lugares, a fin de paliar los incrementos de precio (*Figuras 23 y 24*) de los productos agrarios causados por los impactos negativos del clima. Como consecuencia, se produjo un proceso de expansión, que llevó a las potencias europeas a conquistar y colonizar gran parte del resto del Mundo, buscando

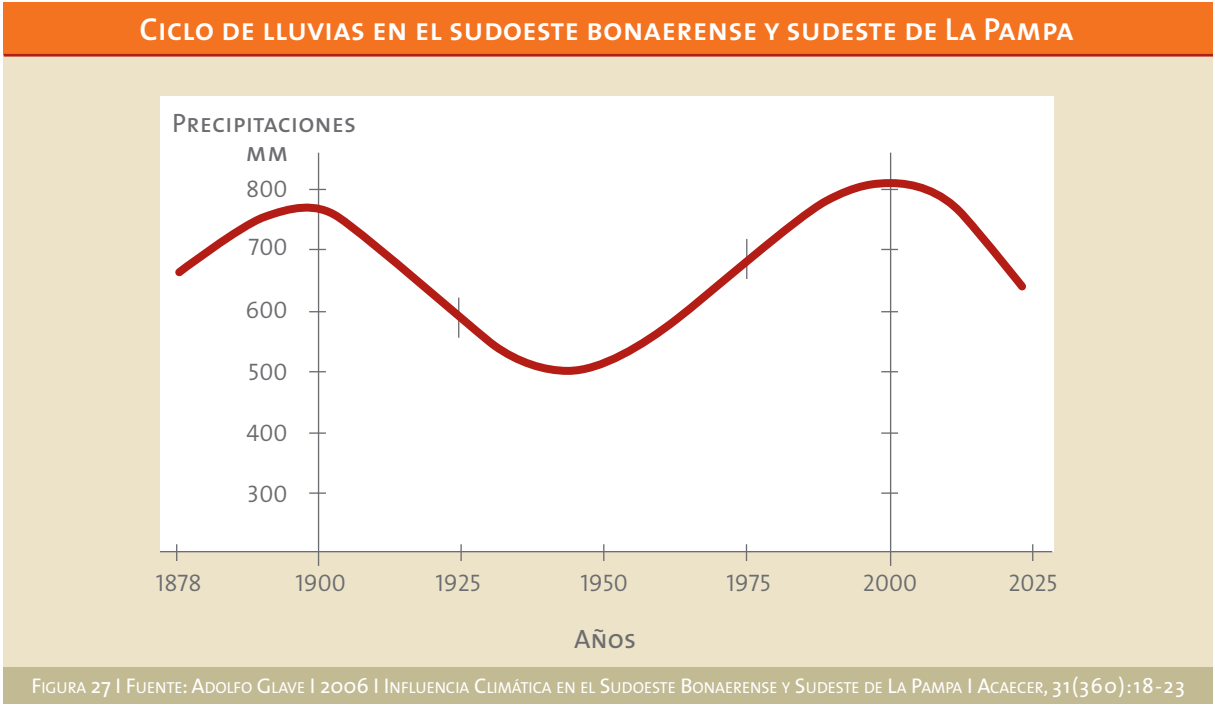
proveedores de alimentos y materias primas y compradores de manufacturas. En todo este proceso, el temor de no contar con adecuadas fuentes de provisión de alimentos para la creciente población europea, se mantuvo como una forzante de primer orden, tal como lo expresó Malthus en su célebre obra ⁵⁶. En 1798, Malthus publicó de forma anónima su célebre “Ensayo sobre el principio de población” y, en 1804 apareció una edición ampliada y corregida, con la firma del autor. En ella incorporó, como confirmación de sus teorías demográficas, los datos y observaciones obtenidos durante sus viajes por Rusia, los países nórdicos, Francia y Suiza. Expresado en forma sencilla, el postulado de Malthus establecía: “*Cuando se produce un aumento de la producción de alimentos superior al crecimiento de la población, se estimula la tasa de crecimiento; por otro lado, si la población aumenta demasiado en relación a la producción de alimentos, el crecimiento se frena debido a las hambrunas, las enfermedades y las guerras*”. Resulta evidente que, para Malthus, las posibilidades de Europa en el sentido de incrementar su producción de alimentos eran muy limitadas, lo cual no podría darse tan fácilmente por sentado de no existir una fuerte limitante como la impuesta por el clima frío que venía predominando desde hacía varios siglos.

Fue así, impulsada por el clima, que Europa consolidó su posición como exportadora industrial e importadora de productos agrarios, a la par que La Argentina encontraba la suya como uno de los principales agroexportadores mundiales.

EL CLIMA Y LA EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGRARIA NACIONAL.

Durante los últimos años se ha evidenciado una fuerte tendencia a pensar que el Calentamiento Global es la causa de todos los procesos climáticos que se observan. Sin embargo, esto podría ser una exageración, ya que existen procesos que son anteriores al Calentamiento Global, y otros que exhiben una naturaleza cíclica que los hace incompatibles con el incremento irreversible de la temperatura que propone el Calentamiento Global. A partir de la década de 1970 en adelante, el aumento de las precipitaciones en la Región Pampeana permitió el avance hacia el oeste de la frontera de la

agricultura, beneficiando a una importante área que previamente no poseía aptitud agrícola (*Figuras 25 y 26*). El entusiasmo que provocan usualmente las novedades científicas ha hecho que cierta cantidad de investigadores atribuyan este cambio al calentamiento global, lo cual equivale a asignarle una naturaleza permanente e irreversible, pero no es seguro que ello sea así. En primer lugar, no existen evidencias claras acerca de la forma en que el calentamiento global actúa sobre el régimen de lluvias. En algunos lugares parece estar causando sequías y en otros, inundaciones, por lo que habría que estudiar el tema en profundidad en lo que hace a nuestro país, antes de sacar conclusiones valederas. En segundo lugar, desde que Ameghino⁵⁷ publicó, en 1886, su famosa obra acerca de “Las Inundaciones y las Secas en la Provincia de Buenos Aires”, se vienen descubriendo evidencias que señalan que el área agrícola nacional tiene un ciclo de lluvias de larga duración, en el que se alternan fases de sequía con



RECONSTRUCCIÓN HIPOTÉTICA DE LA EVOLUCIÓN DE LAS LLUVIAS EN EL ESTE DE LA PAMPA A PARTIR DE REGISTROS ESTADÍSTICOS Y CRÓNICAS HISTÓRICAS

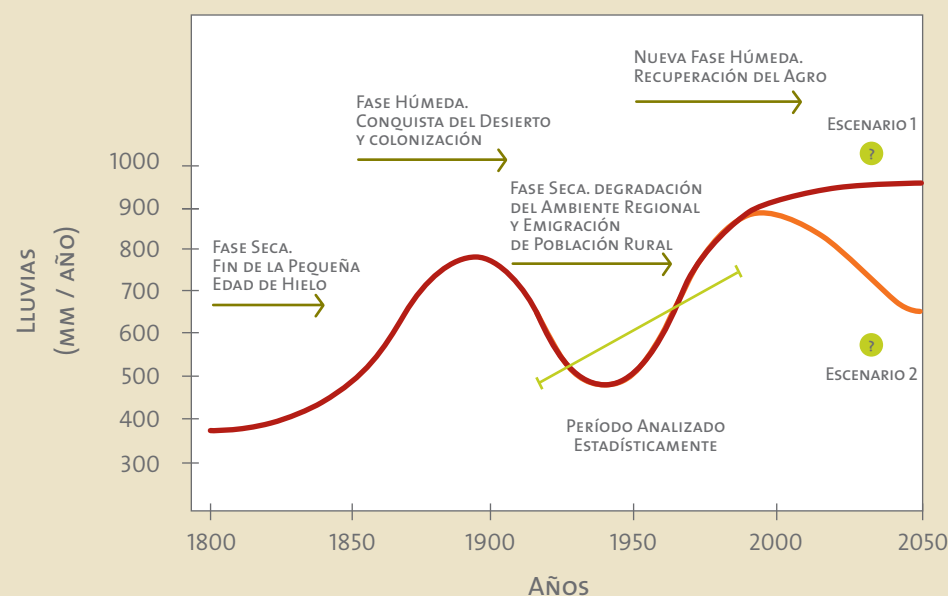


FIGURA 28 | FUENTE: ROBERTO Z; G CASAGRANDE Y E VIGLIZZO | 1994 | LLUVIAS EN LA PAMPA CENTRAL PUBLICACIÓN N° 2 | INTA

fases de inundaciones, separadas entre sí por fases de transición.

Analizando series de precipitaciones del oeste de la Región Pampeana, el Ing Agr. don Adolfo Glave⁵⁸, quien fue durante muchos años director de la EEAO Bordenave del INTA, llegó a la conclusión de que, efectivamente existiría un ciclo que, según su enfoque abarcaría una fase húmeda, con precipitaciones superiores a la media, de unos 50 años, y una fase seca, con precipitaciones inferiores a la media, que también duraría unos 50 años, dando una duración total de aproximadamente un siglo (Figura 27).

Posteriormente, dicha hipótesis validada y ampliada en INTA Anguil por el equipo del Dr. Ernesto Viglizzo^{59 y 60}, que trazó la evolución hídrica de la Provincia de La Pampa desde comienzos del Siglo XIX hasta mediados de la década de 1990 (Figura 28).

Asimismo, estudios realizados por el autor de este capítulo^{61,62 y 63} coinciden en señalar que el área agrícola nacional presenta un ciclo de precipitaciones de larga duración, que presenta fases húmedas y secas, separadas por fases de transición.

Si se toma como ejemplo la Región Pampeana de la Argentina, existen evidencias historiográficas y registros pluviométricos que permiten trazar la siguiente sucesión temporal:

1. Entre 1875 y 1900 tuvo lugar una fase húmeda: Las inundaciones ocurridas en este período fueron descriptas por Florentino Ameghino en su obra “Las Inundaciones y las secas en la Provincia de Buenos Aires” publicada en 1886.
2. De 1901 a 1925 se observó una fase de transición durante la cual las lluvias fueron disminuyendo gradualmente.
3. El período 1926/1950 registró una fase seca, que incluyó las fuertes sequías acompañadas por voladuras de campos ocurridas desde fines de la década de 1920 hasta bien entrada la década de 1940.
4. Entre 1951 y 1975 se produjo una fase de transición, durante la cual las lluvias fueron en aumento,

mejorando paulatinamente las condiciones para la agricultura.

5. A partir de 1976 se instaló una fase húmeda. La frontera de la agricultura se corrió hacia el Oeste y volvieron a registrarse inundaciones en los terrenos bajos de la región.

6. Es probable que en estos momentos esté comenzando una fase de transición durante la cual las precipitaciones irán en disminución, hasta dar comienzo a una fase seca que se extendería aproximadamente entre 2026 y 2050.

Existen testimonios documentales de que el comienzo de la difusión de la agricultura en la Región, en la década de los 1880, coincidió con un pico positivo de este ciclo, según lo cual fue registrado por Florentino Ameghino.

Esto originó la idea de construir los canales que

correspondió a un proceso global que también afectó a los EE.UU. (*opus cit* 15), iniciando el “Dust Bowl” y fue uno de los detonantes y agravantes de la crisis económica de los años 30. Esto pone en evidencia que las inundaciones no son el único factor que debe tenerse en cuenta en el manejo sustentable de la Región, siendo necesario llevar a cabo un análisis integral de los condicionantes que la regulan.

La Fase Seca se inició con una secuencia de tres campañas secas (1927-29) que, aunque no tuvieron una excesiva intensidad, produjeron un efecto acumulativo importante, y tomaron al suelo en su momento de mayor vulnerabilidad. Esto dio origen a un período de voladuras que duró mucho tiempo, porque una vez deteriorada la capa superficial del suelo y con el manejo de alto impacto propio de la tecnología de la época el proceso siguió y se extendió hasta bien entrados los sesenta.

La disminución de las lluvias y la escasa capacidad de retención de agua de los suelos deteriorados dieron

El clima del continente se encuentra controlado principalmente por dos sistemas meteorológicos que se alejan y se acercan entre sí a lo largo de un ciclo que dura aproximadamente un siglo y atraviesa diferentes fases.

actualmente atraviesan la Provincia de Buenos Aires de Oeste a Este. Ameghino que fue uno de los precursores del manejo sustentable, se opuso a un enfoque simplista del problema, porque se daba cuenta de que con el agua se iban grandes cantidades de sedimentos, es decir se iba la fertilidad de la Provincia. Además, se daba cuenta que las inundaciones aportaban una cantidad de agua que, debidamente almacenada, podía usarse durante las secas. Su propuesta consistió en complementar los canales con forestaciones, embalses, etc., y delineó el primer esquema de manejo conservacionista del suelo.

Sus ideas no fueron comprendidas y se inició la construcción de los canales. Sin embargo, para cuando dichos canales se terminaron, aunque sin llegar a cumplir el plan completo, se entró en una etapa de moderación de las lluvias, y entre mediados de la década de 1920 y mediados de la de 1950 se desarrolló una Fase Seca, que les restó utilidad. El análisis de este período seco es muy interesante, porque

lugar a una intensificación del régimen térmico. Durante los años cuarenta y comienzos de los cincuenta se dieron los veranos más calurosos y los inviernos más fríos. Además aumentó la variabilidad, y se registraron heladas estivales el 18 de enero de 1938 y el 17 de diciembre de 1954⁶⁴.

A comienzos de los sesenta se entró en una Transición Seca/Húmeda, pero recién cuando se empezaron a emplear técnicas de recuperación de suelos, se pudo aprovechar la mejora climática. Este proceso de aumento de las lluvias continuó en aumento y a mediados de los setenta se entró en una Fase Húmeda que se extendió hasta fines de la década del 90. El aumento de las lluvias fue acompañado por una moderación, o sea una oceanificación, del régimen térmico. Los veranos se hicieron menos rigurosos, los inviernos más templados y el régimen de heladas mejoró considerablemente. Dentro de este lapso se produjeron gran parte de los cambios productivos en la Región Pampeana, de manera que puede decirse

que los mismos fueron acompañados por una evolución favorable del clima. Esta Fase Húmeda determinó un avance hacia el Oeste del límite de la agricultura, haciendo que el Este de San Luis y La Pampa, y Oeste de Córdoba y Buenos Aires, pasaran de un clima semiárido a otro subhúmedo. De esta manera el clima se unió al avance tecnológico favoreciendo el corrimiento hacia el Oeste de la Frontera de la Agricultura. Este proceso tuvo su reverso en el margen oriental de la Región, cuyo régimen de lluvias se incrementó hasta valores que, en Entre Ríos determinaron una disminución de la superficie cultivada. En los últimos años esto comenzó a ser subsanado mediante la introducción de cultivos tolerantes a los excesos hídricos, como la soja y el arroz, pero el impacto inicial fue alto. En las cuencas de los ríos Salado del Norte (Santa Fe) y Salado del Sur (Buenos Aires) se produjo un proceso de anegamiento de los terrenos bajos que puso en peligro a varios cascos urbanos y redujo la superficie disponible para cultivos y pasturas. Según la teoría del ciclo de lluvias, ha finalizado la fase húmeda que se extendió aproximadamente entre 1976 y 2000, durante la cual la frontera de la agricultura se corrió hacia el Oeste y se produjeron inundaciones en los terrenos bajos de la región. La sucesión de sequías que afectaron al margen occidental del área agrícola durante las campañas 2003/2004, 2005/2006, 2007/2008 y 2008/2009 parecen confirmar la posibilidad de que esté comenzando una fase de transición, que se extenderá entre 2001 y 2025, durante la cual las precipitaciones irán en disminución, hasta dar inicio a una fase seca que se extendería aproximadamente entre 2026 y 2050. La dinámica del clima sudamericano es compleja, de manera que cada fase del ciclo implica una redistribución de las intensidades zonales de las lluvias, pero por una cuestión de equilibrio, la cantidad total de las mismas permanece aproximadamente constante. El clima del continente se encuentra controlado principalmente por dos sistemas meteorológicos que se alejan y se acercan entre sí a lo largo de un ciclo que dura aproximadamente un siglo y atraviesa diferentes fases. Uno es el sistema meteorológico de los vientos del oeste, que tiene su foco de acción sobre el extremo sur de La Patagonia, y es el generador de los frentes de Pampero que atraviesan el país de Sudoeste a Nor-

deste, causando precipitaciones y descensos térmicos a su paso. El otro es el sistema meteorológico subtropical, que tiene sus focos de acción sobre la Amazonia Brasileña y el anticiclón de las costas del Brasil. Este sistema es el responsable de aportar humedad y calor por medio de los vientos del Norte y del Nordeste, generando los frentes cálidos que producen olas de calor sobre la Región. Durante el último cuarto del siglo pasado (aproximadamente entre 1975 y 2000), ambos sistemas atravesaron una fase de acercamiento, durante la cual se dio un panorama general que incluyó:

- > Lluvias por debajo de la media en el Nordeste Brasileño.
- > Lluvias moderadamente por encima de la media en la Amazonia Brasileña, el Sur de Brasil y el litoral fluvial y atlántico argentino.
- > Lluvias por encima de la media en el Noroeste Argentino y el Oeste de las Regiones Chaqueña y Pampeana, permitiendo el avance de la frontera de la agricultura.
- > Lluvias moderadamente por encima de la media en el Norte de la Patagonia Argentina y Chilena.
- > Lluvias por debajo de la media en el Centro de la Patagonia Chilena y Argentina.

De acuerdo con esta teoría, en estos momentos se está produciendo una fase de transición, que se extenderá aproximadamente entre 2001 y 2025 durante la cual ambos sistemas meteorológicos se alejarán gradualmente. Entre 2026 y 2050 (aproximadamente) experimentará una fase de máximo alejamiento, similar a la que ya registraron entre 1925 y 1950, durante la cual se verificará lo siguiente:

- > Lluvias por encima de la media en el Nordeste Brasileño
- > Lluvias moderadamente por debajo de la media en la Amazonia Brasileña, el Sur de Brasil y el litoral

fluvial y atlántico argentino.

- > Lluvias por debajo de la media en el Noroeste Argentino y el Oeste de las Regiones Chaqueña y Pampeana, produciendo un retroceso de la frontera de la agricultura.
- > Lluvias moderadamente por debajo de la media en el Norte de la Patagonia Argentina y Chilena.
- > Lluvias por encima de la media en el Centro de la Patagonia Chilena y Argentina.

Al atravesar una fase de transición que se extenderá a lo largo de un cuarto de siglo, el aumento de los episodios de sequía convivirá con cierta cantidad de episodios de inundaciones que, aunque irán en disminución, todavía podrían generar daños considerables.

LOS ESCENARIOS DE CAMBIO Y VARIABILIDAD DEL CLIMA QUE SE PROYECTAN HACIA EL FUTURO A NIVEL GLOBAL Y REGIONAL.

Con respecto a los escenarios de cambio y variabilidad climáticos que se proyectan hacia el futuro es importante hacer notar que no existe una versión única, sino un amplio espectro de versiones. La mayoría de las versiones coinciden en reconocer que el clima está cambiando, pero varían enormemente en la posible magnitud de los mismos, yendo desde los escenarios decididamente catastróficos, que harían imposible una adaptación exitosa, causando graves daños, hasta los que prevén un cambio gradual y lento, que permitiría tomar medidas adaptativas necesarias con éxito. Dado que la variedad de enfoques es demasiado amplia como para poder describirse en forma comprensiva en este capítulo, se presentarán los casos más representativos de cada uno:

- > El enfoque catastrófico de Al Gore en su filme “La verdad inconveniente”.
- > El enfoque moderado del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC).
- > La posibilidad de comienzo de un nuevo período



glacial propuesta por el astrónomo ruso Gregory F. Fegel y la perspectiva de un largo período interglacial planteada por el astrónomo francés A. Berger.

EL ENFOQUE CATASTRÓFICO DE AL GORE.

Tal como lo sugiere el título de su famosa película, “La verdad Inconveniente”⁶⁵, la visión de Al Gore acerca del calentamiento global es decididamente catastrófica, dado que pronostica un rápido calentamiento del Planeta que, de no tomarse rápidas medidas de mitigación, daría lugar a un escenario de desastre generalizado. En primer lugar, se insiste en que los síntomas del proceso ya se estarían haciendo sentir con fuerza:

- > El número de Huracanes de Categoría 4 y 5 se ha duplicado en los últimos 30 años
- > La malaria se ha difundido a mayores altitudes llegando a lugares como los Andes Colombianos a 2000 metros sobre el nivel del mar
- > El flujo de hielo de los glaciares de Groenlandia se duplicó en exceso en la última década
- > Por lo menos 279 especies de plantas y animales

están respondiendo al calentamiento global moviéndose más cerca de los Polos

Debido a ello, en un futuro se observarían una serie de impactos de extrema gravedad:

- > La cantidad de muertes por calentamiento global se duplicarán en los próximos 25 años, llegando a 300.000 personas por año.
- > El nivel del mar podría subir más de 6 metros debido al derretimiento de los glaciares continentales y hielos flotantes (*Figuras 29 y 30*) devastando las áreas costeras
- > Las olas de calor serán más frecuentes e intensas.
- > Sequías e incendios ocurrirán más seguido.
- > El Océano Ártico podría quedar libre de hielo para el verano de 2050.
- > Más de un millón de especies de animales y vegetales podrían extinguirse para 2050.

Según la visión de Al Gore, la única manera de evitar un desastre planetario generalizado consistiría en poner en marcha en forma inmediata un programa mundial de mitigación consistente en un reemplazo masivo de los combustibles fósiles por biocombustibles. Dado las fuertes resistencias que este enfoque está encontrando entre vastos sectores de opinión que cuestionan el posible encarecimiento de los alimentos, y el impacto ambiental que determinaría el incorporar a la producción de biocombustibles las extensas superficies necesarias para generar la materia prima, plantea fuertes dudas sobre la viabilidad de esta propuesta. Por lo tanto, la visión de Al Gore parece presagiar un desastre planetario muy difícil de evitar. No obstante, las afirmaciones de Al Gore contrastan muy notablemente con la versión, mucho más moderada, difundida por el órgano oficial de las Naciones Unidas, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), por lo que deben ser tomadas con precaución, siendo aconsejable no considerarla definitiva hasta que los hechos confirmen o corrijan sus

aseveraciones.

EL ENFOQUE DEL PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO I IPCC.

Los escenarios elaborados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)^{66 y 67} se destacan por su carácter moderado, por lo que contrastan fuertemente con las versiones de inminentes desastres planetarios difundidas por muchos medios.

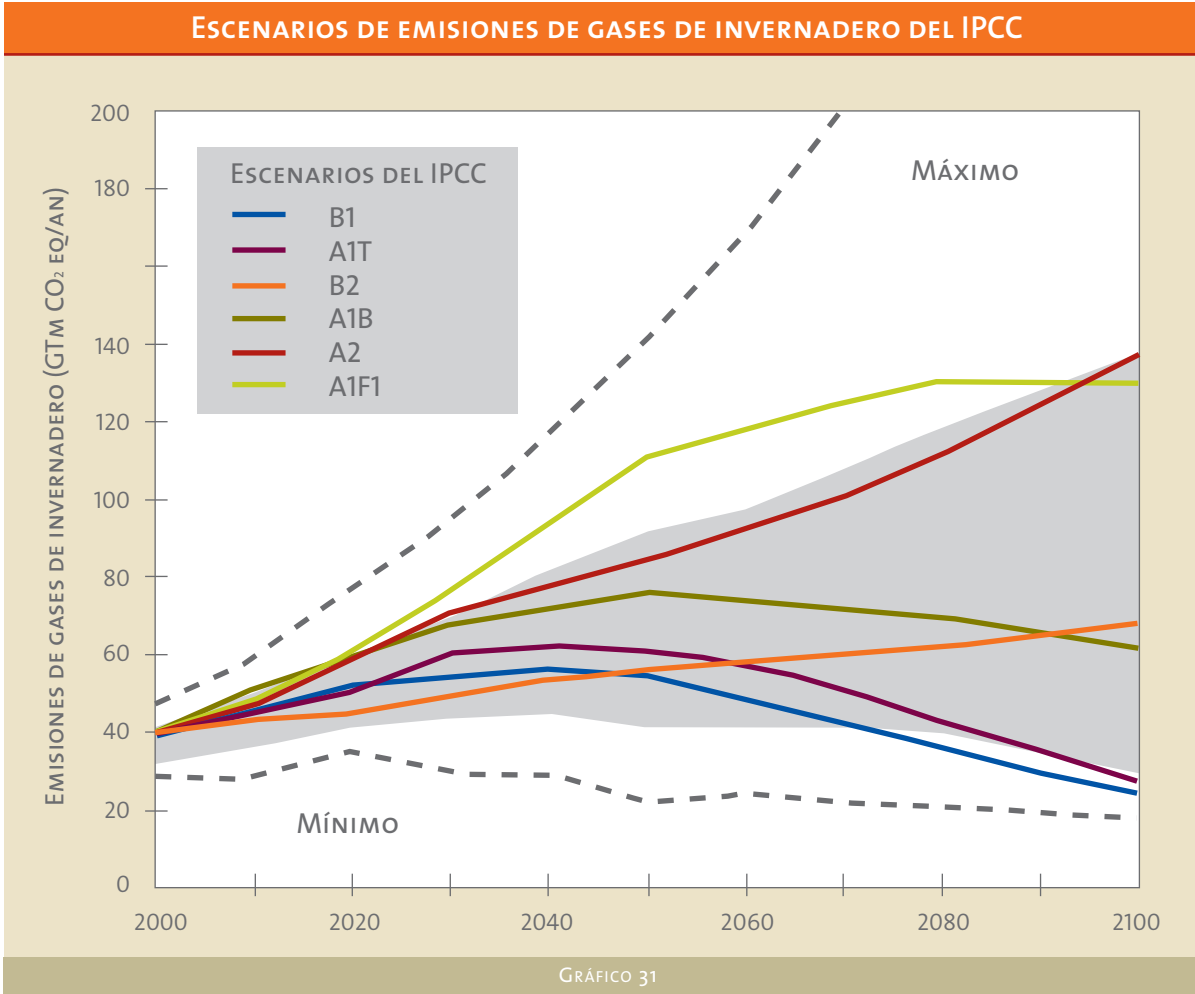
Respecto al diagnóstico de los cambios ya ocurridos, los puntos principales planteados por el IPCC son los siguientes:

→ El incremento total de temperatura global desde 1850 hasta 2005 se ajustó en un valor de 0,76°C.

→ Se comprobó una disminución significativa de la cobertura de hielos del Polo Norte y Groenlandia, así como una reducción de los glaciares de montaña y la cobertura nival.

→ Sin embargo, contrariamente a lo que aseguran muchos medios, no se observó una disminución significativa de la cobertura de hielo de la Antártida.

→ Por efecto del incremento de volumen producido por la temperatura y el aporte de agua generado por el derretimiento de campos de hielo y nieve, durante



ÁREA INUNDABLE EN LA ARGENTINA ANTE DIVERSOS NIVELES DE ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR

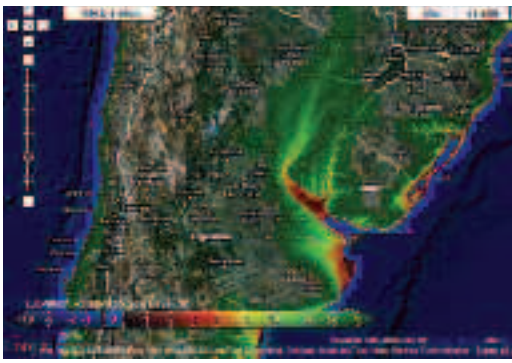


FIGURA 30 | FUENTE: GOOGLE EARTH | NASA

el Siglo XX, el nivel del mar creció 17 cm, con un promedio de 1,7 mm por año.

→ Se observaron incrementos significativos de precipitación en el este de los Continentes Norteamericano y Sudamericano, el norte de Europa y el norte y centro del Asia. Se observaron disminuciones de la precipitación en el Sahel, el Mediterráneo, el sur de África y el sur del Asia.

→ Los vientos del oeste de latitudes medias (El Pampero en Sudamérica) incrementaron su intensidad.

→ La frecuencia de precipitaciones intensas se incrementó sobre las áreas continentales.

→ Se incrementó la frecuencia de olas de calor.

ESCENARIOS DE INCREMENTO GLOBAL DE LA TEMPERATURA DEL IPCC

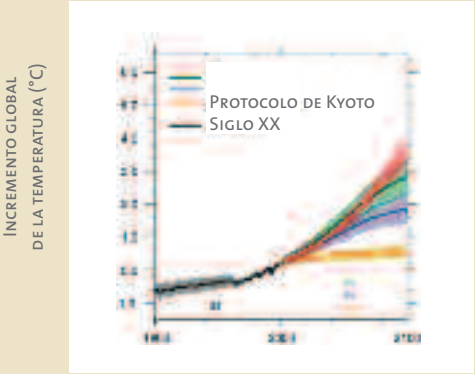


FIGURA 32

ESCENARIOS REGIONALES DE INCREMENTO DE LA TEMPERATURA DEL IPCC

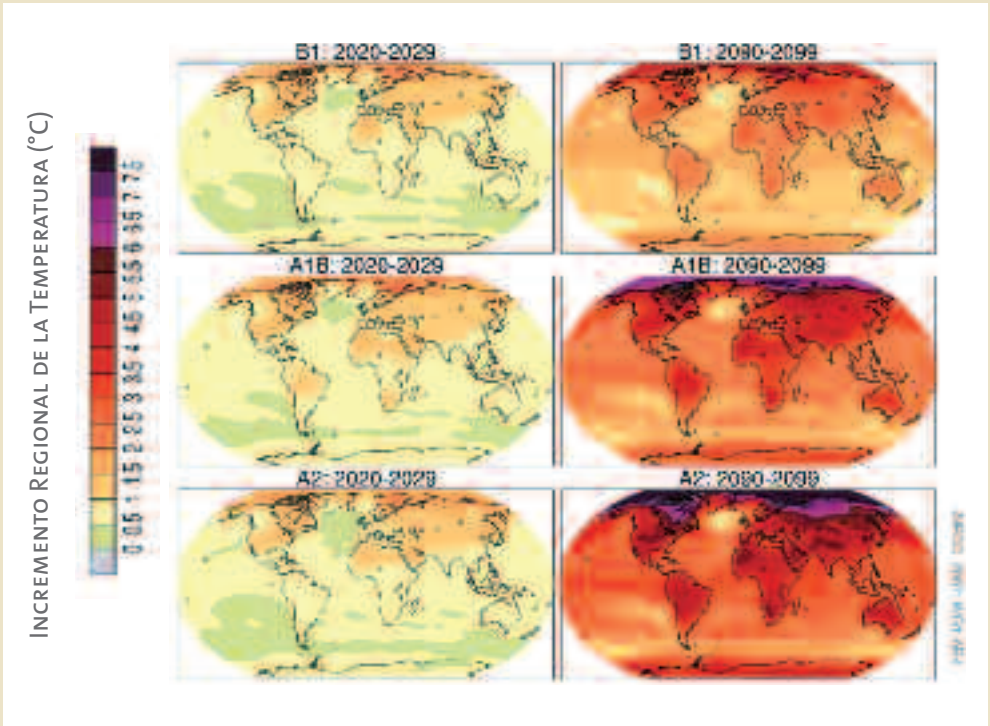


FIGURA 33

LOS IMPACTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DE LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS SOBRE EL AGRO ARGENTINO EN EL PASADO Y EN EL PRESENTE, Y LOS DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES QUE PLANTEAN LAS PROYECCIONES QUE PUEDEN HACERSE A FUTURO

→ Se incrementó la frecuencia de tifones y huracanes.

En lo referente a los pronósticos para el futuro, debe observarse que el IPCC no hace pronósticos, sino que define escenarios alternativos.

Esto se debe a que, la situación a que se arribará hacia 2100, que es el horizonte temporal utilizado por el IPCC, dependerá de lo que se haga desde el presente hasta ese entonces en lo que hace a la reducción de las emisiones de gases de invernadero (Figura 31).

De acuerdo a la eficacia de los procesos de mitigación que se pongan en marcha, el calentamiento global generará impactos de menor o mayor magnitud, cuya incidencia deberá ser controlada por medio de medidas adaptativas.

Con este criterio, el IPCC considera cuatro familias de escenarios:

→ **Escenarios A1.** La familia de escenarios A1 contemplan la posibilidad de un Mundo con un crecimiento económico muy rápido, gracias a la introducción de nuevas y eficientes tecnologías, en el cual la población alcanza su máximo hacia mediados del siglo y luego decae. Se produce una amplia integración regional, aumenta la capacidad de establecer e incrementar interacciones sociales y culturales y se reducen las diferencias de ingreso per capita entre las distintas regiones del globo. La familia de escenarios A1 comprende 3 alternativas de cambio en los enfoques tecnológicos de los sistemas energéticos: La alternativa A1FI continúa recurriendo al uso intensivo de combustibles fósiles; la alternativa A1T prevé el uso de combustibles no fósiles; la alternativa A1B contempla un balance entre los combustibles fósiles y no fósiles.

→ **Escenarios A2.** La familia de escenarios A2 prevé la persistencia de un Mundo muy heterogéneo, en el que predominan el autoabastecimiento y el mantenimiento de las identidades locales. El crecimiento demográfico mantiene grandes diferencias regionales, que se moderan muy lentamente, por lo que la población continúa en aumento. El crecimiento económico se orienta a nivel regional, por lo que se mantienen grandes diferencias en el crecimiento de los ingresos per capita y el cambio tecnológico es más fragmen-

ESCENARIO A1B DE CAMBIO DE LAS PRECIPITACIONES DEL IPCC

DICIEMBRE | ENERO | FEBRERO

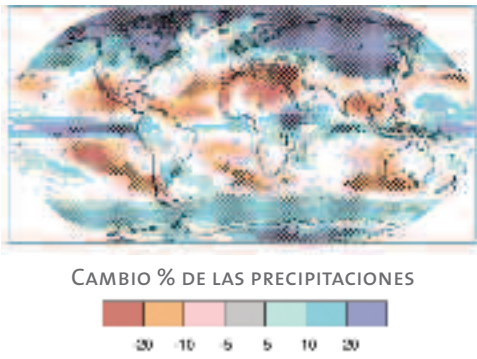


FIGURA 34

tario y más lento que en los otros escenarios.

→ **Escenarios B1.** La familia de escenarios B1 contempla la posibilidad de una rápida convergencia regional, con una evolución demográfica similar al A1, en la que la población alcanza un máximo hacia mediados de siglo y luego decae. No obstante, difiere en el hecho de que prevé un rápido cambio de las estructuras económicas hacia una economía de servi-

ESCENARIO A1B DE CAMBIO DE LAS PRECIPITACIONES DEL IPCC

JUNIO | JULIO | AGOSTO

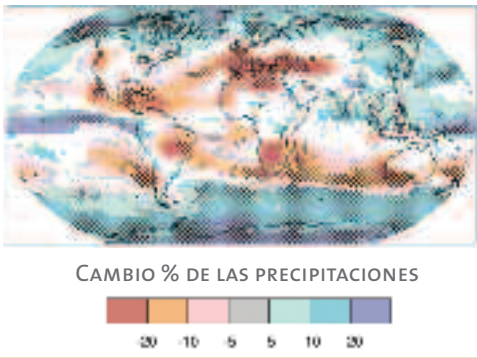


FIGURA 35

DISMINUCIÓN DEL ESPESOR Y VOLUMEN DE LOS HIELOS FLOTANTES EN EL ÁRTICO PREVISTOS POR EL IPCC

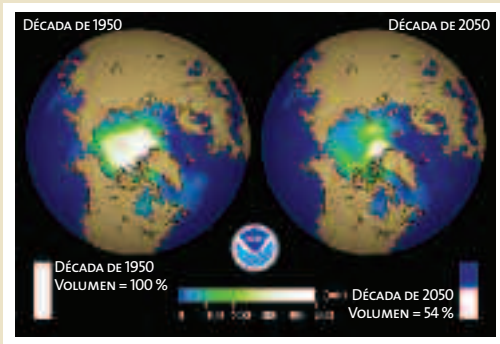
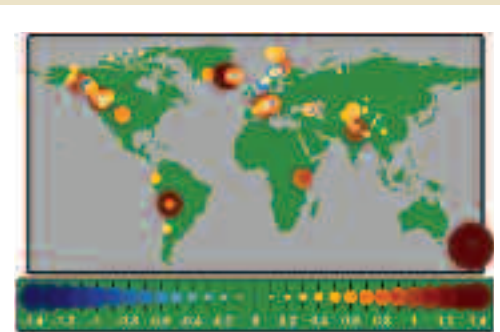


FIGURA 36 | FUENTE: NOAA

cios e información, con reducciones en la intensidad material y la introducción de tecnologías limpias y eficientes en el uso de los recursos. En estos escenarios el énfasis se pone en las soluciones globales a los temas económicos y sociales y a la sustentabilidad ambiental, incluyendo mejoras en la equidad, pero sin iniciativas de mitigación ambiental.

→ **Escenarios B2.** La familia de escenarios B2 contempla un Mundo en el que se pone énfasis en las soluciones locales a los temas económicos y sociales y a la

CAMBIO OBSERVADO DEL ESPESOR DE LOS GLACIARES 1970-2000



DISMINUCIÓN DEL ESPESOR (M/AÑO)

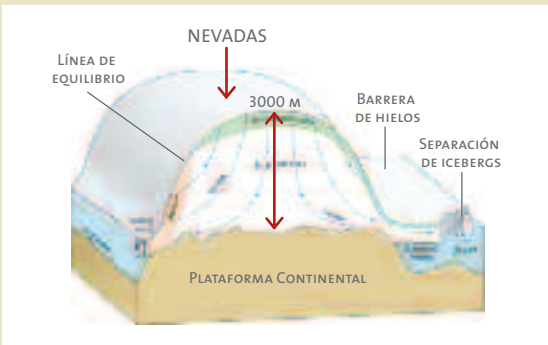
FIGURA 37 | FUENTE: NOAA

sustentabilidad ambiental. El crecimiento demográfico es continuado, pero a menor velocidad que en el escenario A2, y se alcanzan niveles intermedios de desarrollo económico, y un cambio tecnológico menos rápido y más heterogéneo que en los escenarios B1 y A1. Los escenarios B2 se orientan hacia la protección ambiental y la equidad social pero focalizándose en soluciones locales. Debido a que es imposible saber cuál es el escenario o la combinación de escenarios que se materializará en el futuro, las previsiones del IPCC abarcan rangos de cambio, que van desde un mínimo a un máximo, en función del éxito o el fracaso de las medidas de mitigación que se pongan en marcha en los próximos años para reducir las emisiones de gases de invernadero:

> En caso de que se logre controlar las emisiones de gases de invernadero, manteniéndolas en el nivel del año 2000, durante el Siglo XXI se producirá un incremento de la temperatura global del orden de 1°C que, sumado al incremento de 0.76°C ya observado, daría un incremento total de 1,76°C. Caso contrario, el incremento térmico medio del planeta podría elevarse a 3°C, produciendo un incremento total de 3,76°C, para el año 2100 (Figura 32).

> El incremento de la temperatura será mucho mayor

ESTRUCTURA DEL CASQUETE DE HIELO ANTÁRTICO



CONTINENTE ANTÁRTICO
 14 millones Km² | 2000 msnm de altura promedio | 98 % COBERTURA DE HIELO | 2200 m de COBERTURA PROMEDIO DE HIELO | 130 millones Km³ DE HIELO | 90 % DEL HIELO DEL MUNDO | 65 % DEL AGUA DULCE DEL MUNDO | 2 % DE TODA EL AGUA DEL MUNDO

FIGURA 38 | FUENTE: NOAA

ESCENARIOS DE ASCENSO GLOBAL DEL NIVEL DEL MAR DEL IPCC

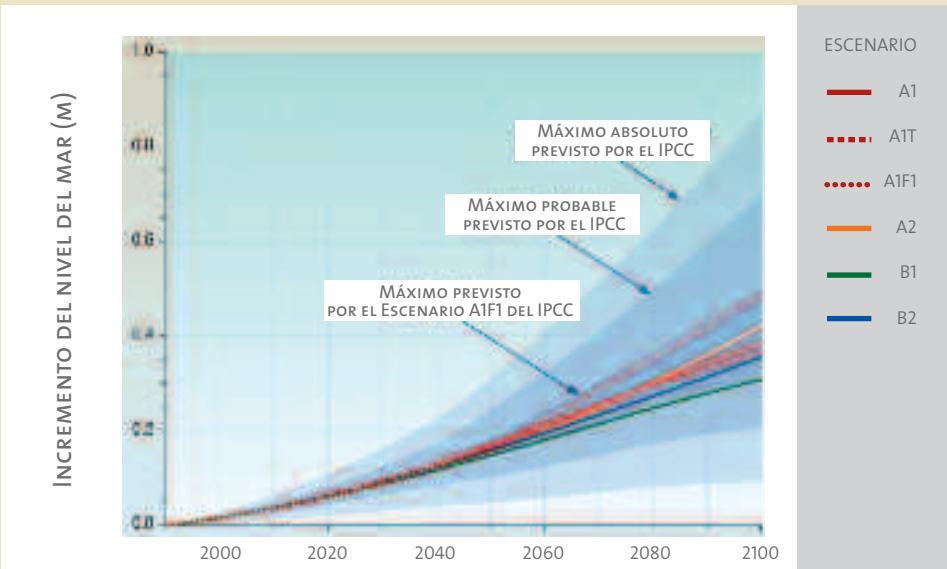


FIGURA 39

sobre las grandes masas continentales del Hemisferio Norte, donde podría alcanzar un máximo cercano a los 8°C. En cambio, sobre las grandes extensiones oceánicas del Hemisferio Sur, se espera un incremento de menos de 3°C (Figura 33).

> Se registrará un incremento de las precipitaciones en las altas latitudes y una disminución sobre las zonas tropicales y subtropicales (Figuras 34 y 35).

> Se producirá un fuerte incremento en la velocidad de los vientos del oeste, en ambos Hemisferios, que incrementará la frecuencia de las irrupciones de aire polar durante el otoño, el invierno y la primavera.

> Se producirá una disminución de la cobertura de hielos del Polo Norte y Groenlandia, de los glaciares de montaña y de la cobertura nival (Figuras 36 y 37).

> El casquete de hielo del Polo Sur continuará demasiado frío para derretirse en forma significativa, y podría incrementarse debido al aumento de las nevadas producido por el aumento de las precipitaciones

en las altas latitudes (Figura 38).

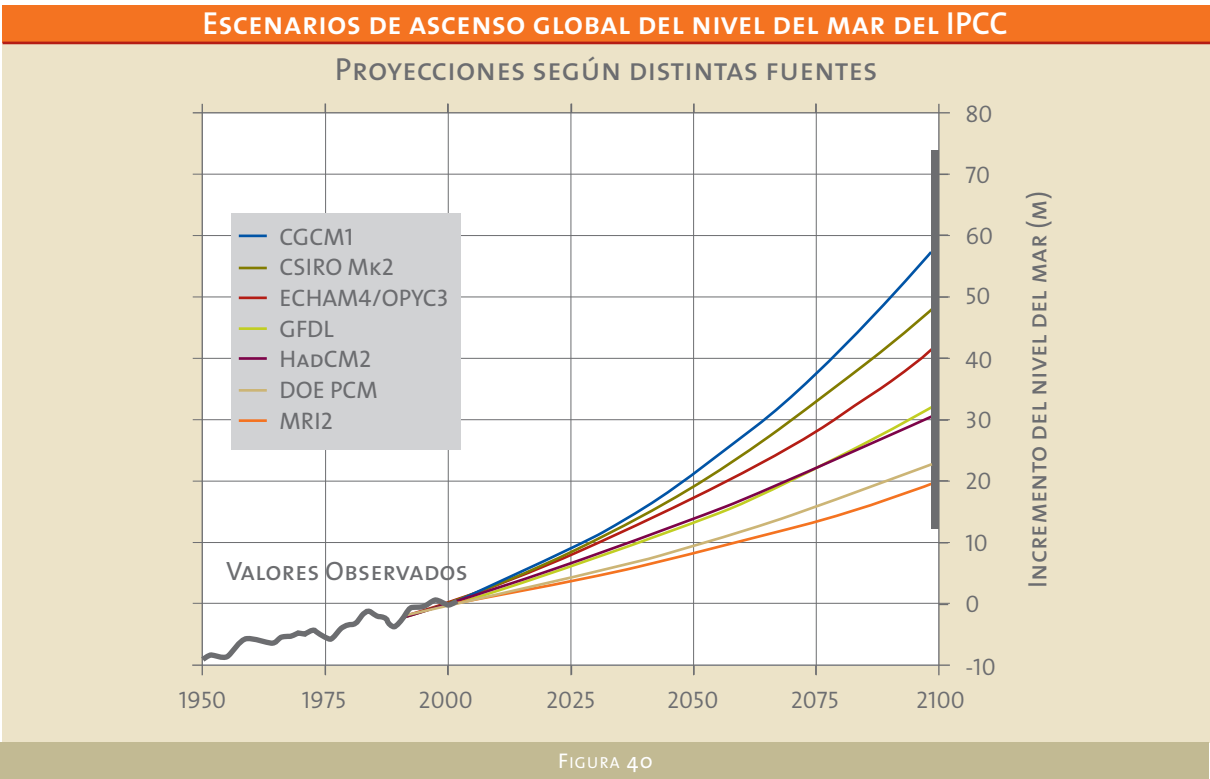
> Se observará un incremento de la intensidad y frecuencia de tifones y huracanes.

> Con respecto al incremento del nivel del mar, los va-

DISTRIBUCIÓN DE LOS HIELOS DEL PLANETA

TIPO	VOLUMEN (KM³)	% DEL TOTAL
CASQUETE DE HIELO DE LA ANTÁRTIDA	30.000.000	88,2
CASQUETE DE HIELO DE GROENLANDIA	3.000.000	8,8
GLACIARES CONTINENTALES	350.000	1,0
HIELOS FLOTANTES	650.000	1,9
TOTAL	34.000.000	100,0
CASQUETES DE HIELO	33.000.000	97,1
GLACIARES CONTINENTALES Y HIELOS FLOTANTES	1.000.000	2,9

CUADRO 3



lores estimados se sitúan en un rango entre 1, 5 y 4 mm por año. Para el año 2100, este proceso podría producir un aumento de nivel entre 15 y 40 cm que, sumados a los 17 cm incrementados durante el siglo XX, darían un total acumulado entre 32 y 55 cm (Figuras 39 y 40). El incremento máximo absoluto previsto por el IPCC es del orden de 90 cm, valor que contrasta ampliamente con los 6 m previstos

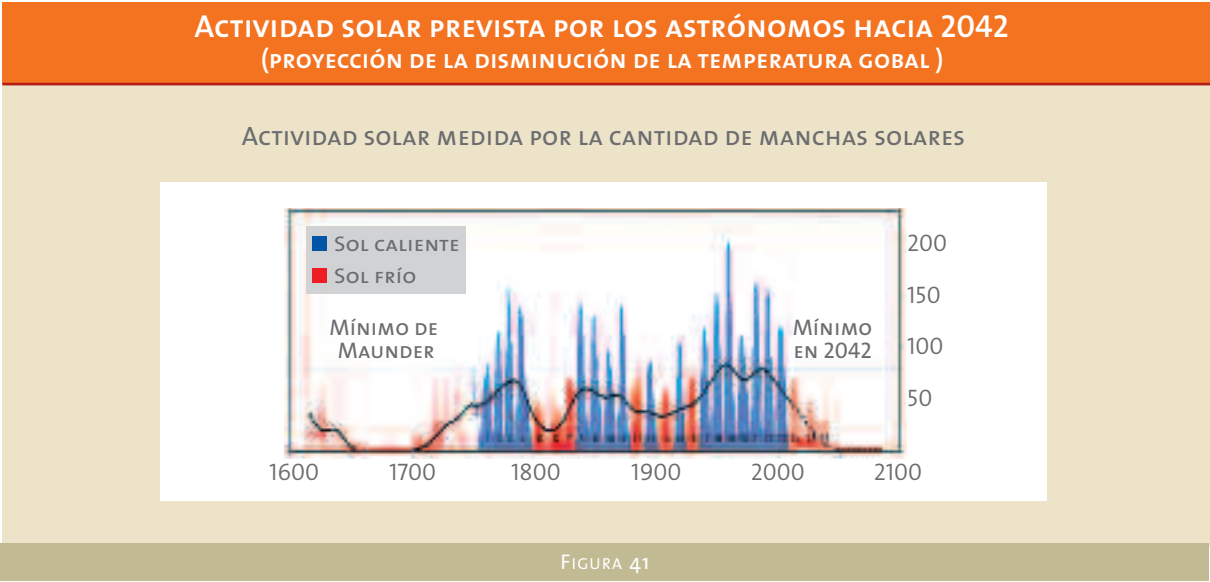
por Al Gore. Asimismo, cabe mencionar que los incrementos del nivel del mar previstos por otros estudios no pasan, en ningún caso, de un ascenso de 60 cm que se alcanzaría hacia 2100. Estos pronósticos de moderado a bajo ascenso del nivel del mar están directamente ligados a la hipótesis de estabilidad del casquete polar antártico.

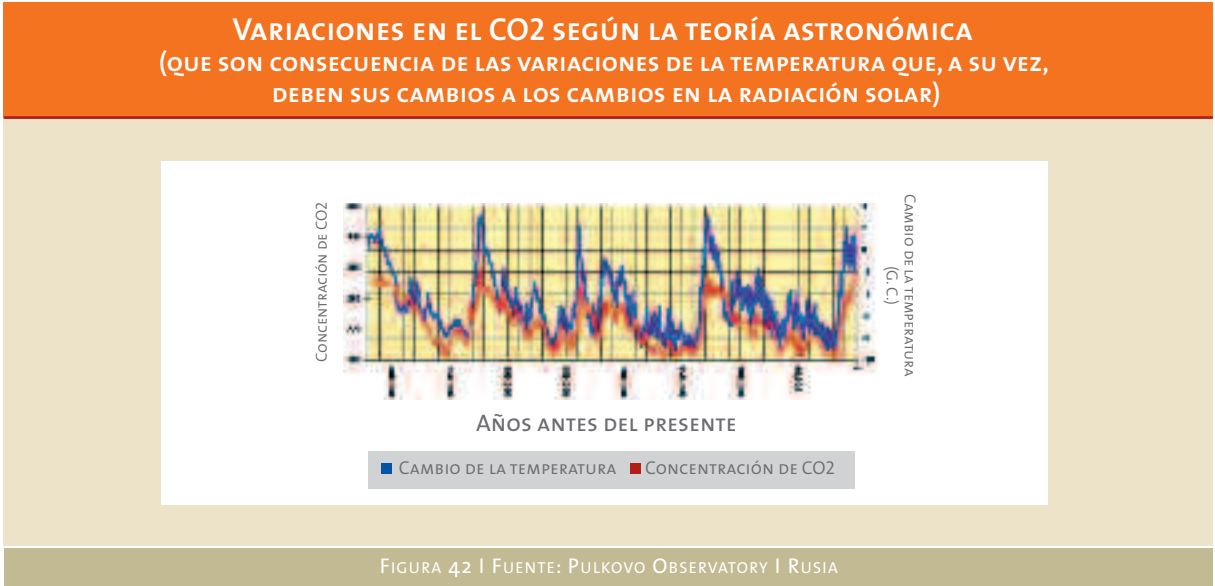
ESCENARIOS DE ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR				
SE DERRITE	NO SE DERRITE	VOLUMEN DE HIELOS	ASCENSO DEL	SUPERFICIE
		DERRETIDOS (KM³)	NIVEL DEL MAR (M)	ANEGADA (KM²)
TODOS LOS HIELOS DEL PLANETA	-	34.000.000	65,0	13.000.000
GROENLANDIA, GLACIARES Y HIELOS FLOTANTES	ANTÁRTIDA	4.000.000	7,6	1.500.000
GLACIARES Y HIELOS FLOTANTES	ANTÁRTIDA Y GROENLANDIA	1.000.000	1,9	400.000

CUADRO 4

En caso de que todos los hielos y campos de nieve del planeta se derritieran completamente, el nivel del mar subiría unos 65 metros, inundando una superficie del orden de los 13 millones de Km². No obstante debe tenerse en cuenta que la distribución del los hielos del Planeta es muy desuniforme (Cuadro 3). Puede observarse que el Continente Antártico concentra la mayor parte del hielo del Planeta. Esto se debe a que su superficie abarca 14 millones Km², poseyendo una cobertura de hielos del 98% con un espesor promedio de 2200 metros, por lo que su volumen alcanza 30 millones de Km³, que representa el 88 % del hielo del Mundo, el 65 % de toda el agua dulce del Mundo y el 2 % de toda el agua del Planeta. En segundo lugar, pero a mucha distancia, viene el casquete de hielo de Groenlandia, que reúne el 8,8 % de todo el hielo del Globo. En cambio, el Polo Norte es sólo un mar helado, cubierto por una capa de hielos con un espesor medio de unos pocos metros, que alcanza 16.000 m³, en verano, y 24.000 m³, en invierno, por lo que sólo representa, en promedio, el 0,01 % del hielo del planeta. Es fácil advertir que, los escenarios de ascenso del nivel están controlados por la estabilidad de los casquetes de hielo del Polo Sur y Groenlandia (Cuadro 4).

En tanto que ambos casquetes conserven su estabilidad, las posibilidades de ascenso del nivel del mar quedarán confinadas a valores modestos. El valor de ascenso del nivel del mar, del orden de 6 metros para 2100, anunciado por Al Gore, responde aproximadamente a una consecuencia de un posible derretimiento conjunto de gran parte del casquete de hielo de Groenlandia y de todos los glaciares y hielos flotantes, pero no considera un derretimiento significativo del casquete de hielo antártico. Por su parte, los escenarios de ascenso del nivel del mar, anunciados por el IPCC y otras instituciones, sólo consideran la posibilidad de un derretimiento de entre un 25% y un 50 % de los glaciares y hielos flotantes pero no prevén una disminución significativa de los casquetes de hielo de la Antártida y Groenlandia. En resumen, es fácil percibir que los cambios previstos por el IPCC son lo suficientemente moderados y graduales como proveer el tiempo necesario para tomar las medidas adaptativas conducentes a mantener e incrementar la producción agraria en forma sustentable. Por lo tanto, aunque todavía habrá que esperar que los hechos confirmen estas previsiones, las mismas pueden adoptarse convenientemente como una hipótesis de trabajo para plantear las estrategias productivas y llevar a cabo las innovaciones tecnológicas que se harán imprescindibles a medida que el





clima continúe su proceso de cambio.

La posibilidad de comienzo de un nuevo período glacial propuesta por el astrónomo ruso Gregory F. Fegel y la perspectiva de un largo período interglacial planteada por el astrónomo Francés A. Berger.

Es interesante hacer notar que, a pesar de que en los últimos años la hipótesis del calentamiento global fue aceptada por la mayoría de la comunidad científica, persiste un respetable número de estudiosos, sobre todo en el sector de la astronomía, que se mantiene apegado a la hipótesis de que las variaciones de la radiación solar continúan siendo el principal control climático. Este sector atribuye el calentamiento del Planeta observado a partir de mediados de la década de 1970 a la ocurrencia de un lapso de alta actividad solar, que proveyó la energía necesaria para que se produjera dicho fenómeno (Figura 41). Según esta hipótesis, el incremento del contenido de dióxido de carbono de la atmósfera no habría sido la causa sino un efecto del calentamiento del globo. Los mares contienen disuelta una enorme cantidad de dióxido de carbono. Debido al aumento de la tempe-

ratura, causada por el incremento de la radiación solar, la solubilidad del dióxido de carbono en el agua de los mares habría disminuido, haciendo que se emitieran grandes cantidades de este gas hacia la atmósfera (Figura 42).

Dado que en los últimos años la actividad solar ha comenzado a disminuir (Figura 41), cabría esperar que la temperatura del planeta también lo haga, con lo cual desaparecería el calentamiento global y el dióxido de carbono volvería a disolverse en los mares. No obstante, la magnitud de dicho enfriamiento varía mucho según quien la evalúe. Para el astrónomo ruso G. Fegel, la disminución de la actividad solar podría sumir al planeta en una nueva glaciación en un plazo de pocos años⁶⁸, en forma similar a lo que se preveía a mediados de la década de 1970 (opus cit 38 y 39), con lo cual, el calentamiento global habría sido tan sólo una especie de retardador temporario del proceso.

En cambio, para el astrónomo francés A. Berger⁶⁹ y ⁷⁰, si bien se observará una disminución de la actividad solar, el enfriamiento sería mínimo y, aunque la temperatura dejaría de crecer, continuaría registrándose un prolongado período interglacial, que brindaría buenas condiciones climáticas para el desarrollo de la Humanidad durante los próximos 50.000 años.

CONCLUSIÓN.

Puede observarse que el conocimiento sobre el cambio y la variabilidad climáticos de que se dispone en la actualidad permite trazar escenarios posibles pero, de ninguna manera, provee certezas. Por lo tanto, será necesario continuar vigilando el clima, a fin de detectar sus tendencias con suficiente antelación como para tomar las necesarias medidas de mitigación y adaptación. Desestimar la posibilidad de cambios climáticos significativos sería una imprudencia de gran magnitud, que determinaría no poder preparar a tiempo las medidas necesarias, con gran riesgo de que esta imprevisión determine gravísimas pérdidas. Creer que ya se sabe a ciencia cierta lo que se perfila en el futuro sería igualmente imprudente, ya que impediría prever medidas adecuadas para los distintos escenarios que podrían presentarse.

POSIBLES IMPACTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL AGRO MUNDIAL.

Los escenarios esbozados por el IPCC (opus cit 66) son los más confiables para evaluar los posibles impactos, positivos y negativos, sobre el agro mundial, ya que se apartan de las versiones extremas propuestas por la mayoría de las fuentes, siendo de naturaleza moderada, lo cual los hace creíbles. No obstante, aún así, prevén impactos importantes en muchas regiones del globo, sobre todo, en las que por su menor desarrollo económico, tienen menos capacidad de poner en marcha programas eficaces de mitigación y adaptación.

ÁFRICA.

Se considera que el África es extremadamente vulnerable al impacto del cambio climático, tanto porque los fenómenos esperados serán de mayor intensidad que otras áreas, como debido a su escasa capacidad de respuesta adaptativa. Hacia 2020, entre 75 y 250 millones de personas se encontrarán sometidas a una creciente falta de agua. La producción agrícola y el acceso a la alimentación se

verán severamente comprometidos por el cambio y la variabilidad del clima en muchos países africanos. El área apta para la agricultura, la duración de las estaciones de crecimiento y el rendimiento potencial se reducirán hasta en un 50%, especialmente en las áreas marginales de clima semiárido y árido. Asimismo, disminuirá la producción pesquera de los grandes lagos. Estos procesos afectarán la seguridad alimentaria y exacerbarán la desnutrición en el continente africano.

ASIA.

Se prevé que el derretimiento de los glaciares de los Himalayas incrementará los riesgos de inundaciones, avalanchas de rocas, la erosión de las laderas de las montañas y la provisión de agua. En el Oriente, Centro y Sur del Asia, la disminución de la disponibilidad de agua, debido a la disminución del caudal de los grandes ríos y a la mayor demanda determinada por el crecimiento de la población afectará a más de 1000 millones de personas hacia 2050. Las grandes aglomeraciones de población en los deltas de los grandes ríos del Sur, Este y Sudeste del Asia serán amenazadas por un incremento del riesgo de inundaciones. En lo que hace a la producción agrícola, se esperan respuestas diferenciales. Se prevé que el rendimiento de los cultivos se incremente en hasta un 20 % en el este y sudeste de Asia, donde el incremento de la temperatura será acompañado por un correlativo aumento de las precipitaciones. Contrariamente, en el centro y sur de Asia, donde el incremento de la temperatura no será acompañado por un aumento de las precipitaciones, se correrá el riesgo de que los rendimientos de los cultivos disminuyan hasta un 30 %. La incidencia de enfermedades diarreicas, como el cólera, se espera que se incremente en el este, centro y sur de Asia, con riesgo de que las epidemias se propaguen hacia otras regiones.

AUSTRALIA Y NUEVA ZELANDIA.

Por efecto de la disminución y el incremento de la evapotranspiración se prevén problemas de de falta de

agua en el sur y el este de Australia y el norte y algunos puntos del este de Nueva Zelandia. Se prevé que, hacia 2030, la producción agrícola y forestal del sur y el este de Australia y algunas zonas de Nueva Zelandia declinarán considerablemente, debido al incremento de la frecuencia de las sequías y los incendios. No obstante, se prevé un incremento de la productividad en el oeste y el sur de Nueva Zelandia debido al incremento de la estación de crecimiento, la disminución de la frecuencia e intensidad de las heladas y al aumento de las lluvias.

EUROPA.

Se prevé que, casi todas las regiones europeas serán

de las precipitaciones estivales, causando un elevado estrés hídrico a los cultivos y pasturas.

AMÉRICA LATINA.

Hacia mediados de siglo, el incremento de la temperatura provocará una disminución de la disponibilidad de agua edáfica que causará el retroceso de la selva tropical, que será reemplazada gradualmente por el avance de la sabana. Al mismo tiempo, el área con clima árido se expandirá a expensas del área semiárida, causando una desertificación y una salinización de los suelos. Se prevé la disminución de la productividad de muchos cultivos y la ganadería en las regiones de clima tropical y subtropical.

En las zonas de clima templado, como la Región Pampeana, el centro y sur de La Mesopotamia, Cuyo, el sur del Brasil y la República Oriental del Uruguay se prevé un incremento de la productividad, especialmente en lo que hace a la soja.

afectadas negativamente por el calentamiento global. Los impactos negativos incluirán el aumento del riesgo de inundaciones y un incremento de los procesos erosivos. Aunque el ascenso del nivel del mar previsto es muy pequeño en términos absolutos (30 a 90 cm) los Países Bajos, que poseen grandes extensiones de tierras ganadas al mar, que se encuentran por debajo del nivel del mismo, se verán en crecientes dificultades para evitar que se inunden. Las áreas montañosas enfrentarán el retroceso de los glaciares y una reducción de la cobertura nival. En el área agrícola, la reducción de la cobertura nival de invierno, unida a una disminución de las lluvias y a un aumento de la evaporación, causará graves problemas a los cultivos. En el sur de Europa, se verá reducida la capacidad agrícola debido al aumento de la temperatura y la frecuencia de sequías. Además, se reducirá la disponibilidad de agua para generación de energía, y se multiplicarán los daños por olas de calor e incendios. En el centro y el este de Europa se prevé la disminución

No obstante, en las zonas de clima templado, como la Región Pampeana, el centro y sur de La Mesopotamia, Cuyo, el sur del Brasil y la República Oriental del Uruguay se prevé un incremento de la productividad, especialmente en lo que hace a la soja. Se espera un incremento del riesgo de inundaciones en las zonas bajas. El retroceso de los glaciares afectará la provisión de agua para consumo humano, generación de energía y riego agrícola.

AMÉRICA DEL NORTE.

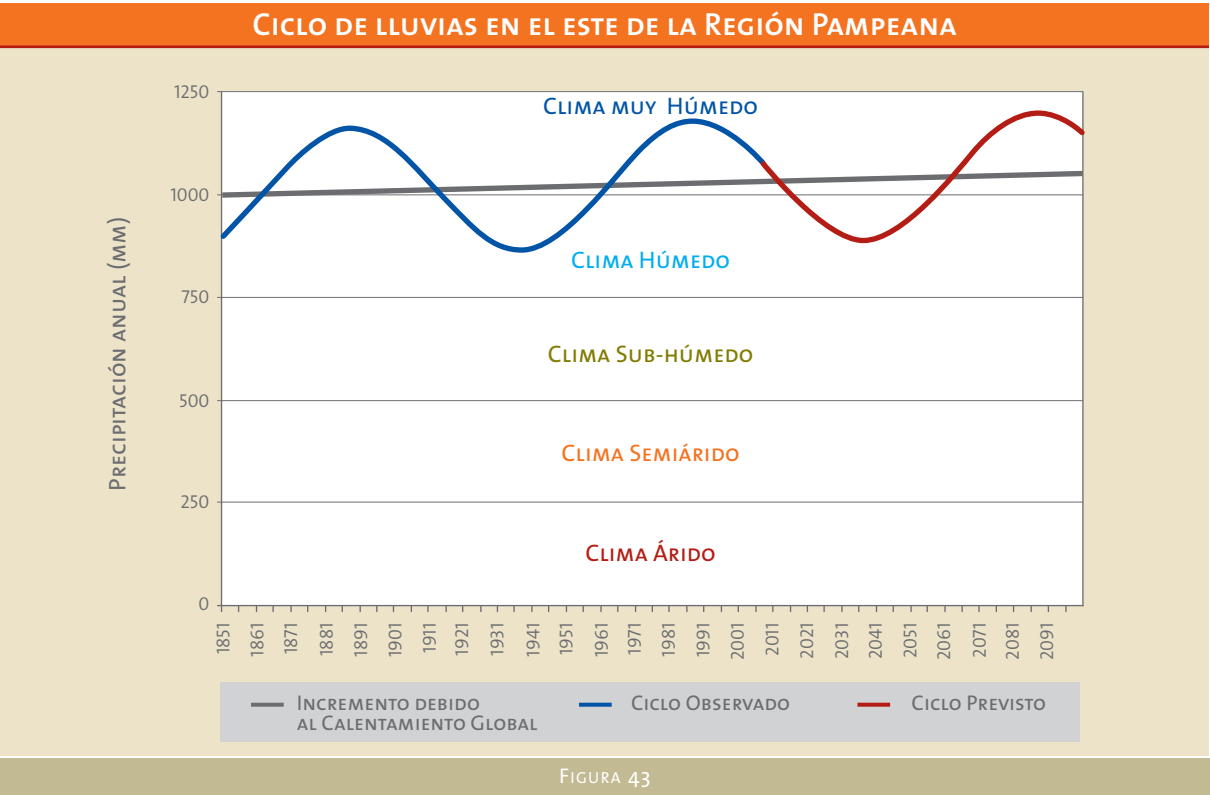
Durante las primeras décadas del siglo, se prevé que se producirá un incremento promedio de la producción agrícola de entre un 5 a un 20 %, aunque con una gran heterogeneidad regional. Al mismo tiempo, se prevé un incremento de la demanda de agua para riego, que causará problemas de distribución. El incremento de la temperatura en las regiones monta-

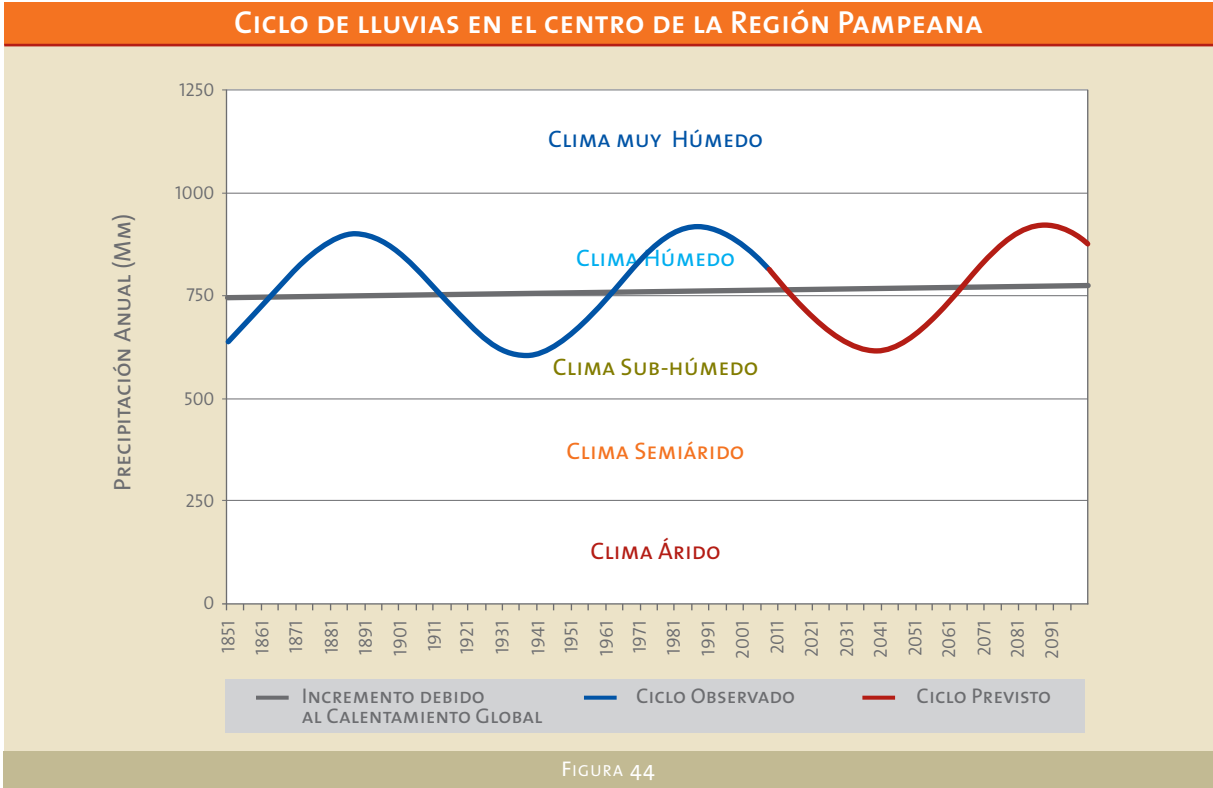
ñosas del oeste provocará una reducción de los campos de hielo, con un aumento de las inundaciones en invierno, una reducción de los caudales en verano, y una fuerte competencia en el uso de los recursos. El incremento de los ataques de enfermedades y plagas y el aumento del riesgo de incendios incidirá negativamente en la producción forestal. Las olas de calor afectarán crecientemente a las áreas rurales y urbanas. Se incrementará el riesgo de tormentas localizadas severas. El peligro de huracanes más fuertes y frecuentes amenazará a la Costa del Golfo y a la Costa Atlántica.

CONCLUSIÓN.

Aunque los riesgos derivados del incremento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos intensos, como tifones, huracanes, precipitaciones torrenciales, olas de calor, etc., aportarán riesgos

que habrá que aprender a enfrentar con éxito, el informe del IPCC desmitifica algunos temas, como el posible anegamiento de amplias extensiones costeras debido al incremento desmedido del nivel del mar, o el derretimiento del Polo Sur. Asimismo, el informe del IPCC pone en evidencia que el área agrícola principal argentina, al estar dentro de la franja de clima templado del Continente Sudamericano, resultará una de las áreas que mejor podría enfrentar el cambio climático global, si se tomaran las correspondientes medidas adaptativas a tiempo. No obstante, debe tenerse en cuenta que varios de los científicos, que forman parte del IPCC, han formulado declaraciones personales de franco tono alarmista que contradicen abiertamente el carácter aparentemente moderado de los informes emitidos por la Institución. Un numeroso grupo de científicos ha manifestado que los cambios en el clima crearán una nueva categoría de víctimas, los llamados “refugiados climáticos”, es decir, las personas que estarán obligadas a abandonar sus casas y territorios. Según proyectan los expertos, el





número de refugiados climáticos podría ser superior al de los refugiados que dejaron las recientes guerras. Se calcula que unos 200 millones de personas deberán cambiar sus puntos de residencia debido al aumento previsto de 40 centímetros en el nivel de los océanos, lo cual llama a preguntarse qué piensan que hubieran dicho si se previera que el mar subiera 30 metros. Estas declaraciones han sido tomadas por los medios de comunicaciones, que las han difundido ampliamente, generando una sensación de catástrofe que no se condice con el tono moderado de las publicaciones del IPCC. Por lo tanto, las declaraciones personales de dichos científicos deben ser tomadas con precaución, ya que no constituyen la versión oficial del tema.

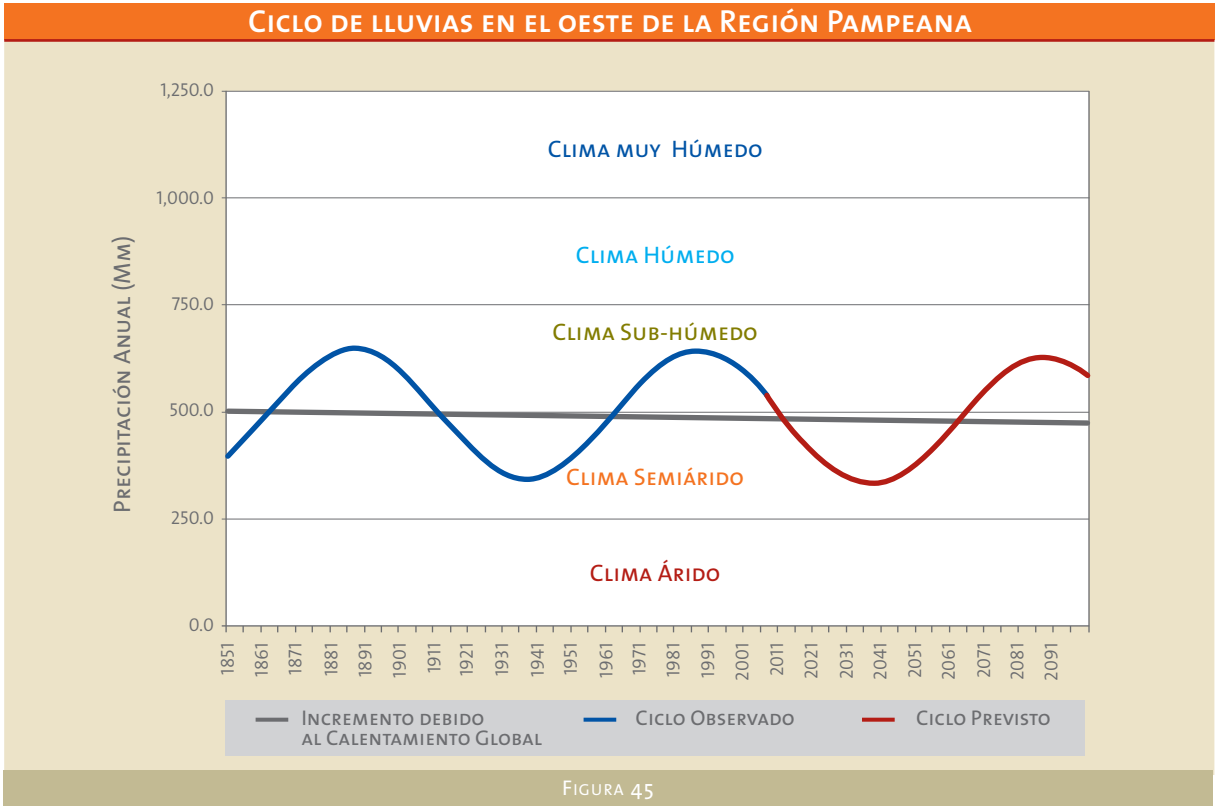
POSIBLES IMPACTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS SOBRE EL AGRO ARGENTINO.

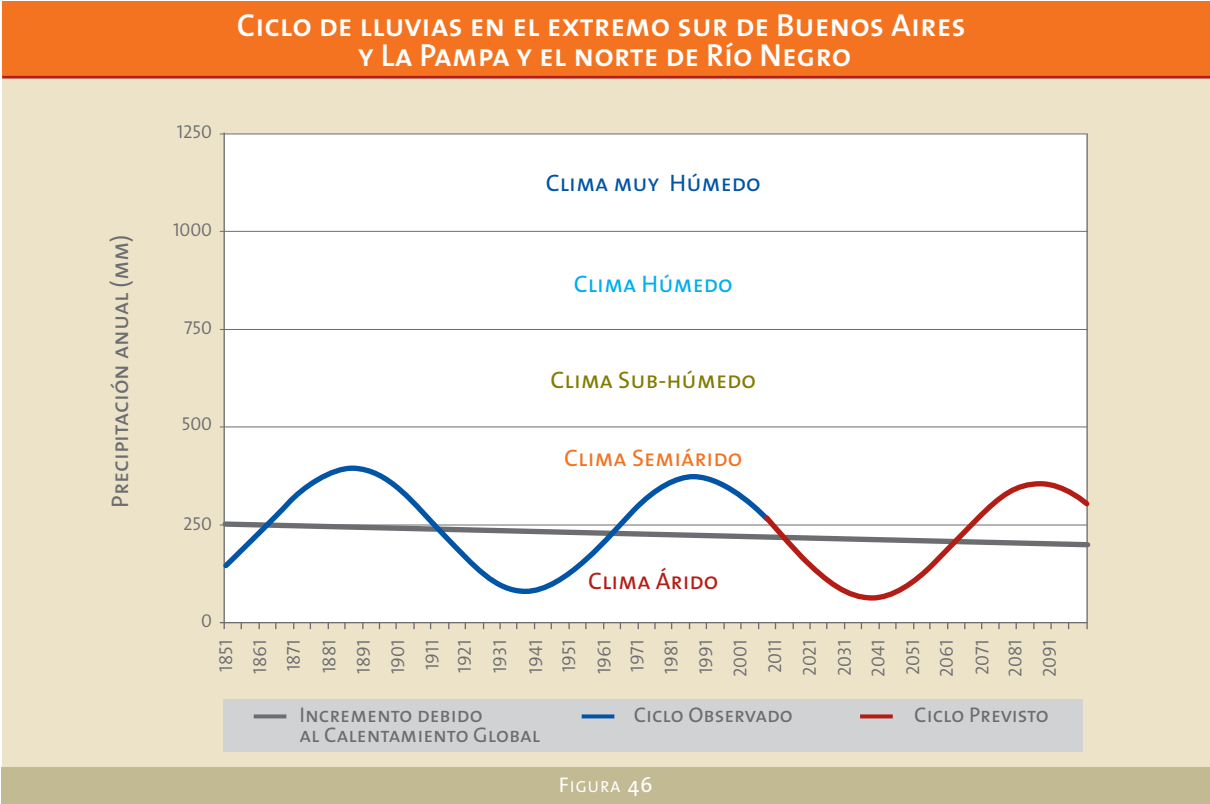
Aunque durante las últimas campañas La Argentina registró impactos climáticos, y probablemente conti-

núe registrándolos en el futuro, éstos exhibieron una intensidad mucho menor que la observada en el Hemisferio Norte, lo cual concuerda con las previsiones en este sentido del IPCC (*opus cit* 66). El clima oceánico y la escasa población de nuestro país, lo protegen en buena medida de los efectos que se observan en las regiones de clima continental y muy superpobladas del Hemisferio Norte. En esos países, el constante aumento de la actividad industrial, el avance de las ciudades sobre las áreas rurales, el talado de los bosques y selvas, etc, están produciendo un cambio en el clima del planeta que provoca numerosos impactos sobre el agro. Sequías, inundaciones, huracanes, olas de calor y de frío, tormentas de granizo y vientos extremos se suceden a intervalos cada vez más cortos y con fuerza cada vez mayor, afectando a la mayoría de las regiones agrícolas del mundo, incluyendo EE.UU., Canadá, Europa, Australia, Sudáfrica, India, etcétera. Por esta causa, durante los últimos años la producción agrícola mundial dejó de crecer al ritmo que había

mantenido anteriormente, mientras la población y capacidad adquisitiva continuaron subiendo, generando una creciente demanda que amenaza quedar insatisfecha en poco tiempo. En cambio, nuestro país pudo aprovechar el incremento de la demanda, duplicando en 10 años su producción de cereales y oleaginosas, lo cual la sitúa ventajosamente para aprovechar el incremento del comercio agropecuario que se prevé para el futuro cercano. No obstante, conviene recordar que deben preverse cambios que exigirán que se tomen medidas adaptativas con celeridad. En lo que hace a la influencia del calentamiento global, el este y centro de la Región Pampeana observará un incremento de las precipitaciones estivales, mientras que las precipitaciones invernales se mantendrán estables. La Región de Cuyo y el oeste y sudoeste de la Región Pampeana observarán una disminución de las precipitaciones, tanto en verano como en invierno

(Figuras 34 y 35). Además, el incremento de la fuerza de los vientos del oeste, hará que se incremente la frecuencia de las irrupciones de aire polar, aumentando el riesgo de heladas. No obstante también aumentarán las nevadas en las zonas cordilleranas, lo cual aportará más caudal de agua para riego y generación de energía eléctrica. Asimismo, se incrementará el potencial de generación de energía eólica. Por otra parte, el régimen de precipitaciones de la Argentina parece ser bastante sensible a las variaciones de la actividad solar. Durante el lapso de alta actividad solar que se desarrolló desde mediados de la década de 1970 hasta fines de la década de 1990, se observó un fuerte incremento de las precipitaciones que favoreció el avance hacia el oeste de la frontera de la agricultura (*opus cit* 58, 59, 60, 61, 62 y 63). Recíprocamente, es de temer que, en el período de baja actividad solar que se prevé para las próximas décadas





(opus cit 58, 59 y 60), la intensidad de las precipitaciones vuelva a bajar al nivel que tuvo hasta mediados de la década de 1970.

Por lo tanto, en el aspecto del régimen hídrico, que es el principal limitante de nuestra producción agraria, se combinarán varios factores de distinto signo.

En el largo plazo, el calentamiento global producirá un incremento de las lluvias en el este y el centro de la Región Pampeana (opus cit 41), mientras que el oeste y el extremo sur de la misma observarán una disminución.

Además, debe tenerse en cuenta que, de acuerdo con la teoría del ciclo de lluvias (opus cit 58 y 59), en el mediano plazo se está produciendo una fase de disminución de las precipitaciones, que se extenderá aproximadamente entre 2001 y 2025, dando lugar, posteriormente, a una fase seca, que podría extenderse de 2026 a 2050.

A esta posible disminución de las precipitaciones, se sumará el hecho de que los efectos del calentamiento global causarán un ambiente algo más cálido que lo

normal en promedio (opus cit 41), por lo cual se incrementará la evapotranspiración, contribuyendo a generar una mayor frecuencia de situaciones de déficit. Según la porción del área agrícola nacional que se tenga en cuenta, esta combinación de factores generará diferentes escenarios.

→ En el este de la Región Pampeana el régimen hídrico pasará de muy húmedo a húmedo (Figura 43).

→ En el centro de la Región Pampeana el régimen hídrico pasará de húmedo a subhúmedo (Figura 44).

→ El oeste de la Región Pampeana el régimen hídrico pasará de subhúmedo a semiárido (Figura 45).

→ En el extremo sur de Buenos Aires y La Pampa y el norte de Río Negro, el régimen hídrico pasará de semiárido a árido (Figura 46).

Por lo tanto, es probable que, durante los próximos 40 años, la disminución de las precipitaciones y el

aumento de la temperatura se sumen para incrementar la probabilidad de episodios secos.

Recién después de 2050 cabría esperar que, al entrar el ciclo de lluvias en una fase de incremento, su acción se sume al aumento de las mismas causado por el calentamiento global, logrando compensar la mayor evapotranspiración, producida por el aumento de la temperatura, haciendo evolucionar el régimen hídrico del este y centro de la Región Pampeana hacia un estado de mayor abundancia de humedad (Figuras 43 y 44).

En cambio el oeste y sudoeste de la Región Pampeana parece haber entrado en una etapa de disminución del régimen de precipitaciones de la que le resultará difícil recuperarse ya que, aunque el ciclo de lluvias vuelva a entrar en una etapa de incremento, los efectos del calentamiento global continuarán actuando en contra (Figuras 45 y 46).

Además, el mayor calentamiento de la superficie terrestre aumentará los riesgos de tormentas severas, con granizo y vientos, así como los riesgos de inundaciones y aluviones, y limitará las disponibilidades de frío para los cultivos criófilos, entre otras perturbaciones.

Si se deja transcurrir el tiempo, sin tomar acciones efectivas y concretas, es muy probable que se produzca un fuerte impacto negativo, tal vez hasta un desastre agrario generalizado, que hará que la Argentina pierda posiciones en los mercados internacionales, con el consiguiente deterioro de su economía.

ESTRATEGIAS PARA MANTENER EL CRECIMIENTO DEL AGRO ARGENTINO EN LOS ESCENARIOS DE CAMBIO Y VARIABILIDAD DEL CLIMA PREVISTOS HACIA EL FUTURO, MITIGANDO LOS IMPACTOS NEGATIVOS Y APROVECHANDO LOS POSITIVOS.

- Como se explicó al comienzo del capítulo, las acciones necesarias para poder encarar eficazmente el tema de los impactos climáticos son siete:
1. **Observación.** Es el proceso que permite detectar procesos capaces de causar impactos.
 2. **Pronóstico.** Basándose en la observación el pronóstico proyecta hacia el futuro la posible evolución

Si se deja transcurrir el tiempo, sin tomar acciones efectivas y concretas, es muy probable que se produzca un fuerte impacto negativo, tal vez hasta un desastre agrario generalizado, que hará que la Argentina pierda posiciones en los mercados internacionales, con el consiguiente deterioro de su economía.

Adicionalmente, la disminución de la actividad solar que se espera para las próximas tres décadas (opus cit 69 y 70) incrementará las irrupciones de aire polar, por lo cual aumentará la intensidad de las heladas invernales, el riesgo de heladas tardías, en primavera, y el riesgo de heladas tempranas, en otoño, reduciendo el período libre de este tipo de adversidades.

Este panorama parece algo preocupante, pero si en lugar de tomarlo como una condena, se lo toma como un desafío y se encara en forma inmediata y con la adecuada energía un programa de innovación tecnológica, puede lograrse que la producción agraria argentina continúe creciendo e incrementando su presencia en los mercados internacionales para beneficio de la Nación y del sector.

- de los procesos detectados, anticipando, con suficiente antelación la ocurrencia de fenómenos climáticos significativos, capaces de causar impactos.
3. **Diagnóstico.** Evalúa los impactos, positivos o negativos, que pueden ser producidos por los fenómenos anticipados.
 4. **Mitigación.** En caso de que los impactos esperados sean negativos, y la naturaleza del fenómeno pronosticado lo permita, se diseñarán las medidas tendientes a disminuir su intensidad.
 5. **Adaptación.** En función de la naturaleza e intensidad de los fenómenos previstos (teniendo en cuenta

los efectos de las medidas de mitigación que se tomen) se diseñarán las medidas adaptativas tendientes a aprovechar sus efectos positivos y/o disminuir sus efectos negativos.

6. Puesta en práctica. De las medidas de mitigación y adaptación diseñadas.

7. Seguimiento. Monitorea la evolución de los procesos pronosticados, determinando si su evolución se ajusta a lo previsto, o se registran apartamientos que hacen necesario corregir el diagnóstico y modificar las medidas de mitigación y adaptación.

OBSERVACIÓN.

La falta de una red de observación, que permita registrar los datos necesarios para poder alimentar los modelos de pronóstico del cambio climático y efectuar el seguimiento de su evolución, es una de las principales limitaciones que padece la Argentina. Muy pocos observatorios poseen series de observaciones lo suficientemente largas, detalladas y confiables como para poder dilucidar si los fenómenos que se observan (sequías, tormentas intensas, tornados, vientos, etc.) constituyen un cambio con respecto a las condiciones precedentes, o si son parte de la variabilidad natural del clima nacional.

Por lo tanto, resulta urgente que se tomen las siguientes medidas:

→ Revisar la red de observaciones en operación, cubriendo los claros en la misma con nuevas estaciones, actualizando el instrumental y los medios, dotando a todas las estaciones con medios de transmisión de datos modernos, y todo lo necesario para que operen en tiempo real conectadas con las centrales de pronóstico y los centros de estudio.

→ Recopilar las series históricas de datos, e integrarlas con los que se tomen a partir del presente, en un archivo general que se ponga a disposición de todos los interesados, públicos y privados, que necesiten usar los mismos, al más bajo costo posible y sin ningún tipo de restricciones.

→ Establecer las conexiones necesarias con los sistemas de defensa civil para que las alertas previniendo fenómenos capaces de producir desastres lleguen a tiempo para que se tomen las medidas de prevención del caso.

PRONÓSTICO.

El tema del pronóstico del avance del cambio climático global está siendo abordado con mucha energía por la comunidad científica argentina, lo cual hace disponible una gran cantidad de conocimientos, que deben ser aprovechados para las diseñar las acciones que se deben poner en práctica lo antes posible.

No obstante debe señalarse que la mayor parte de dichos estudios enfocan temas globales, como el calentamiento global, mientras que los procesos regionales, como el ciclo de lluvias de la Región Pampeana, reciben mucha menos atención. Por lo tanto, es indispensable fomentar los estudios relativos a procesos de cambio climático en el orden local, que complementen los estudios globales que ya se están llevando a cabo.

Sólo de esa manera se podrá llegar a tener un panorama comprensivo y exhaustivo del complejo proceso del cambio climático en todas las escalas geográficas en que tiene lugar.

DIAGNÓSTICO.

Aunque el área agrícola argentina parece relativamente bien protegida contra los impactos del cambio climático global, será conveniente no perder de vista que el clima está haciéndose cada vez menos confortable, e incorporar a tiempo la tecnología necesaria para hacer frente a las adversidades que afectarán en forma creciente al agro argentino durante las próximas décadas.

Entre dichas adversidades, el incremento de la frecuencia de episodios de sequía ocupa un lugar central, mereciendo los mayores esfuerzos para dotar al agro argentino de la tecnología necesaria para hacerles frente.

No obstante, tampoco debe olvidarse que, el posible aumento de la frecuencia de tormentas localizadas

severas, planteará la necesidad de hacer frente a daños por granizo y vientos, así como a episodios de crecidas de los ríos, con riesgo de aluviones e inundaciones.

Asimismo, se deberá tener en cuenta que el régimen agroclimático de heladas evoluciona hacia un estado de mayor rigurosidad, con episodios más tempranos, en otoño, más intensos, en invierno, y más tardíos, en primavera.

El hecho de que la Argentina sufra impactos menores que los de otras regiones del globo no significa que podamos dormirnos sobre nuestros laureles. Si no hacemos lo necesario, el proceso terminará por alcanzarnos indefectiblemente.

Por otro lado, también es necesario aprovechar los efectos positivos del cambio climático, que ofrecen interesantes oportunidades:

El incremento de las nevadas en las zonas cordilleranas hará disponibles mayores caudales de agua para generación de energía eléctrica y para riego. Esto último podría compensar en buena medida la disminución de las precipitaciones en las zonas rurales situadas a menor altura.

El incremento de los vientos del oeste favorecerá el aprovechamiento de la energía eólica.

Asimismo, es necesario tener en cuenta que, en ciertos aspectos, los cambios climáticos esperados reducirán algunos riesgos, pero harán aparecer otros de naturaleza recíproca:

Es probable que los procesos de erosión hídrica, que predominaron desde mediados de la década de 1970 hasta los primeros años de la década de 2000, sean

hasta los primeros años de la década de 2000, sean reemplazados por un aumento de las enfermedades y plagas de clima seco (como arañuela, en soja, pulgón verde y roya negra, en trigo, tucuras, en pasturas, y langosta, como plaga general), que será causada por la disminución de las lluvias y el incremento de la temperatura. **Por lo tanto, es urgente poner en marcha un programa de acción que permita minimizar daños y aprovechar oportunidades.**

MEDIDAS DE MITIGACIÓN: LOS MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO DEL PROTOCOLO DE KYOTO.

Dado que la Argentina posee una escasa población en relación a su extenso territorio y que no se trata de un país con un alto grado de industrialización, su importancia como emisor de gases de invernadero es muy escasa, por lo que no tiene asignado un compromiso de reducción de emisiones.

No obstante, el Protocolo de Kyoto⁷¹, firmado en 1997 con la intención de reducir las emisiones de gases de invernadero, prevé una serie de medidas complementarias en las que podrán participar activamente los países en desarrollo, como la Argentina. Estos mecanismos de flexibilización apuntan a facilitar el cumplimiento del tratado por parte de los países desarrollados, a la vez que contribuyen al crecimiento de los países en desarrollo.

Los mecanismos de flexibilización permiten que los países desarrollados cumplan parte de sus obligaciones ayudando a que los países en desarrollo crez-

Los mecanismos de flexibilización permiten que los países desarrollados cumplan parte de sus obligaciones ayudando a que los países en desarrollo crezcan sin incrementar significativamente las suyas.

can sin incrementar significativamente las suyas. Los “Mecanismos de Desarrollo Limpio” previstos en el artículo 12 del Protocolo de Tokio, y el “Mercado del Carbono”, derivado de los mismos, brindan una interesante oportunidad para canalizar inversiones, provenientes de países desarrollados, destinadas a la innovación tecnológica del sector agropecuario del país.

reemplazados por un aumento de la erosión eólica, que será causada por la disminución de las lluvias y el incremento de la temperatura y los vientos. Es probable que las enfermedades y plagas de clima húmedo (como lepidópteros en maíz, roya asiática y el complejo de enfermedades de fin de ciclo, en soja, esclerotinia, en girasol y fusariosis, en trigo), que predominaron desde mediados de la década de 1970

Esta alternativa adquiere una enorme relevancia por su decisiva contribución a facilitar la ratificación del protocolo por parte de varios de los países desarrollados, en los que se teme que la naturaleza coercitiva de las medidas propuestas incida negativamente en sus economías. Una de las actitudes más duras es la de EE.UU., pero debe tenerse en cuenta que un estudio de la Energy Information Administration (EIA) indica que incorporar los adelantos tecnológicos necesarios para cumplir con el Protocolo de Kyoto implicaría costos anuales de entre 77.000 y 338.000 millones de dólares.

Los mecanismos de flexibilización permiten que los países que quieran continuar produciendo emisiones paguen a otros para que reduzcan las suyas, o para que extraigan anhídrido carbónico de la atmósfera a través del proceso de fotosíntesis. Los “mecanismos de desarrollo limpio” previstos en el artículo 12 del Protocolo de Kyoto, consisten en la incorporación de tecnologías destinadas a disminuir la emisión de gases de invernadero. Esto brindará una interesante oportunidad para canalizar inversiones provenientes de países desarrollados contribuyendo a una necesaria y oportuna reconversión tecnológica del sector agropecuario y forestal del país.

Estas oportunidades deberían ser aprovechadas para poner en marcha toda una gama de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio.

MEDIDAS ADAPTATIVAS.

Las medidas adaptativas deben constituir el núcleo de las acciones a llevarse a cabo para que el agro nacional pueda continuar su crecimiento en el marco del cambio climático global.

A fin de preparar al sistema productivo agrario para hacer frente a una posible variación de su estado actual sin perder capacidad productiva ni ver mermada su sostenibilidad física, será necesario llevar a cabo un extensivo programa de desarrollo sustentable.

Sólo de esa manera se logrará aprovechar las ventajas comparativas que ofrece el área agrícola argentina con respecto a otras regiones agrícolas del Mundo, haciendo posible su crecimiento.

OBRAS DE INFRAESTRUCTURA.

Dado que las alteraciones del régimen hídrico constituirán la componente más importante del cambio climático en la Argentina, la construcción de obras hidráulicas asumirá una gran relevancia.

Hasta ahora, la construcción de obras de esta naturaleza ha quedado muy restringida a los grandes emprendimientos con fines casi exclusivos de generación de electricidad, descuidándose en gran medida los restantes aspectos de las mismas.

La menor disponibilidad hídrica promedio, y el aumento de la frecuencia de extremos, como inundaciones y sequías, que se observará en las próximas décadas, harán imperioso que se preste la debida atención a la regulación de caudales y a la provisión de agua para riego.

Cabe hacer notar que, con un millón de ha bajo riego la Argentina se encuentra muy por debajo de su potencialidad en este aspecto.

Por lo tanto, es imperioso que no continúe demorándose la ejecución de las obras hidráulicas que se requieren, tanto en lo que hace a grandes emprendimientos a nivel nacional y regional, como en lo que hace a obras de mediana envergadura, a nivel zonal, y de pequeñas dimensiones, a nivel local.

El proceso anárquico que tuvo la construcción de canales de drenaje, durante la etapa de inundaciones, a finales de la década de 1990, es un claro ejemplo de la falta total de ordenamiento de las obras en escala zonal y local que aqueja al agro argentino.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS.

El cambio climático previsto hará necesaria toda una amplia gama de innovaciones tecnológicas:

→ **Genética.** Desarrollo de variedades de cultivos y pasturas, así como de razas de animales resistentes a sequía edáfica y atmosférica, golpes de calor, heladas, vientos, etc.

→ **Combate de adversidades.** Desarrollo de tecnologías para el combate de heladas, vientos, granizo, etc.

→ **Maquinaria Agrícola.** Desarrollo de implementos (Sembradoras aptos para trabajar en ambientes extremos, tanto de sequías como de inundaciones, calores y fríos intensos, etc.

→ **Equipamiento para riego.** Desarrollo de equipos que optimicen el uso de los recursos disponibles, abaratando el costo, haciendo posible el uso no deteriorante de aguas de calidad regular, permitiendo difundir el riego complementario, etc.

→ **Acondicionamiento y Almacenaje.** Diseño de plantas de almacenaje capaces de resistir fenómenos climáticos extremos sin deterioro de la mercadería.

→ **Transporte.** Diseño de equipos de transporte carretero, ferroviario y fluvial de alta eficiencia y gran economía, capaces de operar con éxito en las condiciones previstas.

Debe tenerse en cuenta que la enumeración efectuada en los párrafos anteriores es sólo tentativa.

La amplitud y la complejidad del tema hacen nece-

entre cultivos.

Una parte importante de ese total se debe a la siembra de cultivos de segunda, obteniéndose dos cosechas por campaña en un mismo lote.

La rotación trigo soja es el mejor ejemplo de este enfoque y, en el ambiente húmedo que predominó durante la década de 1990 y los primeros años de la década de 2000, dio buenos resultados.

No obstante, en el ambiente seco que empezó a predominar a partir de mediados de la década de 2000, el doble cultivo comenzó a dar resultados contraproducentes, debiendo preverse que, en el escenario de incremento de los episodios de sequía que se espera durante las próximas décadas, estas mermas productivas tenderán a hacerse más frecuentes.

También debería preverse que el esquema productivo con agricultura permanente pasará a ser crecientemente vulnerable a los riesgos climáticos, siendo conveniente volver a considerar la mayor sustentabilidad del esquema mixto.

Debería preverse que el esquema productivo con agricultura permanente pasará a ser crecientemente vulnerable a los riesgos climáticos, siendo conveniente volver a considerar la mayor sustentabilidad del esquema mixto.

sario que técnicos de todas las especialidades se pongan a trabajar a la brevedad para desarrollar soluciones integrales para los problemas planteados por el cambio climático.

ESQUEMA PRODUCTIVO.

Durante las últimas décadas, el sistema productivo agrario nacional evolucionó hacia un esquema que está empezando a ser difícil de mantener en las condiciones que se avizoran en futuro.

En las recientes campañas la superficie implantada con cultivos de cosecha se acercó a los 30 millones de Has, superando con creces a los valores registrados previamente, al mismo tiempo que se eliminó en forma casi total la rotación con ganadería, adoptándose un esquema de agricultura continuada, con rotación

En un escenario económico en el que cabe prever que los fertilizantes continuarán siendo caros, la recuperación de la fertilidad por medio de la ganadería bovina podría tener grandes ventajas en lo referente a costos.

Teniendo en cuenta que es probable que la oportunidad de continuar haciendo dobles cosechas se reduzca mucho en el futuro, este tipo de economía podría jugar un rol muy importante en el mantenimiento de la rentabilidad de la empresa agraria.

Cabe recordar que el esquema mixto, desarrollado por técnicos como el Ing. Agr. don Jorge Molina, el Ing. Agr. don Guillermo Covas, el Ing. Agr. don Adolfo Glave y otros grandes maestros, permitió producir en forma sustentable y rentable en el ambiente seco que predominó desde mediados de la década de 1930 hasta mediados de la década de 1960.

ELIMINACIÓN DE FACTORES DISTORSIVOS.

Cuando se piensa en los esquemas mixtos que se emplearon con éxito hasta comienzos de la década de 1980, se advierte que los mismos no estaban sujetos a las fuertes distorsiones impositivas y arancelarias, ni a las limitaciones a la posibilidad de exportar la producción que rigen desde hace cierto tiempo.

En este sentido, es necesario comprender que el proceso de sojización fue impulsado en una importante medida por las medidas de control de los precios ganaderos y lecheros aplicadas por sucesivos gobiernos.

Obligados a subsidiar a su costo el consumo de carne y leche bovinas, muchos productores no tuvieron otra alternativa que vender sus animales y pasar a la soja. Mientras tanto, el mercado mundial de la carne bovina y los lácteos continuó creciendo a un ritmo comparable con el del complejo sojero, y algunos países, cuyos gobiernos decidieron fomentar estas actividades (en lugar de desalentarlas como hicieron los gobiernos argentinos), las mismas tuvieron un notable avance.

Adicionalmente, es también necesario hacer notar que el control gubernamental del precio de la carne bovina por debajo de sus valores internacionales es el responsable del desastre ecológico que están sufriendo las zonas ganaderas marginales, en áreas como el este de Cuyo, el sur de Buenos Aires, el sur de La Pampa y el norte de Río Negro.

En dichas zonas, la fase de disminución de las precipitaciones del ciclo de lluvias comenzó en forma más temprana que en el área agrícola principal, de manera que hace ya unos cuatro años que se encuentran sometidas a una situación de aridificación muy marcada del clima.

La imposibilidad económica de alimentar a los rodeos afectados por la sequía debido a la falta de rentabilidad provocada por las medidas de gobierno, hace que los productores se vean obligados a dejar que el ganado consuma las pasturas hasta el punto de eliminar la cobertura vegetal de los suelos, dejándolos desnudos.

El calor, la sequía y los vientos que predominan durante la estación cálida se encargan de poner en marcha un intenso proceso de voladura de campos, que viene causando un deterioro ambiental muy marcado.

Es fácil percibir que los ajustes en el planteo productivo que están siendo urgidos por la inminencia del cambio climático serán imposibles a menos que se levanten las distorsiones que afectan a la política agraria nacional.

PUESTA EN PRÁCTICA DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DISEÑADAS.

Durante las próximas 4 décadas la puesta en marcha de medidas adaptativas eficaces representará la diferencia entre un crecimiento sustentable del agro argentino, que mejore el abasto interno y el comercio internacional, o un gradual estancamiento que le haga perder posiciones.

Un aspecto que será de capital importancia será la plataforma institucional que se emplee para poner en marcha las medidas.

El procedimiento más común en la historia argentina ha sido el de confiar la realización de los grandes proyectos al Estado, con poca o ninguna participación ciudadana.

En la mayor parte de los casos, esto ha llevado a una enorme ineficiencia, con costos muy por encima de lo necesario y razonable, y resultados muy por debajo de lo esperable.

En el plano de los proyectos ambientales, se han producido resonantes fracasos que, no obstante consumieron, sin ningún resultado aparente, presupuestos que fueron desde millones hasta miles de millones de dólares:

→ El nunca completado, y mucho menos mantenido, saneamiento del Riachuelo.

→ El publicitado “Plan maestro para la cuenca del río Salado”, consistente en un ambicioso proyecto integral de desarrollo de recursos hídricos financiado por el Banco Mundial con un presupuesto de más de 1.500 millones de U\$. Este proyecto estaba destinado al control de las inundaciones que comenzaron a afectar a la Cuenca del Salado a partir de mediados de la década de 1970, al iniciarse la fase positiva del ciclo de lluvias (*opus cit* 58 y 59). Su puesta en marcha se discutió a lo largo de casi 20 años hasta que, en 1997, se decidió comenzar a diseñar el proyecto.

Finalmente, las primeras obras comenzaron a ejecutarse a principios de 2003, cuando el ciclo de lluvias empezaba a entrar en su fase de disminución. Dado que este proceso puso un final abrupto a las inundaciones, nada volvió a escucharse del resonado proyecto ni de su cuantioso presupuesto.

→ El “Plan Nacional de Manejo del Fuego”, puesto en marcha con un cuantioso presupuesto desde la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación, que, cuando tuvo que hacerse cargo de los incendios en el Delta y los incendios rurales ocurridos en 2008 demostró tener una capacidad operativa poco menos que inexistente.

Y así podría seguirse enumerando una larga lista de proyectos, ejecutados desde el Estado, que no han conseguido sus objetivos, pero han consumido cuantiosos presupuestos.

Por lo tanto, parece aconsejable optar por una plataforma institucional mixta, en la que la actividad privada y las entidades no gubernamentales tengan un porcentaje de representación que asegure el nivel de control ciudadano que asegure el cumplimiento real de los objetivos fijados.

SEGUIMIENTO.

Establecer una adecuada estructura de seguimiento es indispensable para poder encarar el cambio climático con éxito.

Según se explicó en los títulos anteriores, hasta el momento se encuentra definido un amplio rango de escenarios de cambio climático, pero no se sabe cuál de los mismos se concretará.

Por lo tanto, debe vigilarse el avance del cambio climático a fin de ir ajustando el pronóstico a medida que se define su evolución.

En función de estos ajustes del pronóstico será necesario ir modificando los programas de mitigación y adaptación, a fin de adecuarlos a los mismos.

En este proceso, la participación ciudadana será de capital importancia a fin de evitar que se incurra en demoras y se produzcan distorsiones, así como para garantizar un uso eficiente de los recursos.

CONCLUSIÓN GENERAL DEL CAPÍTULO.

El cambio climático global, y sus manifestaciones regionales, como el ciclo de lluvias del Continente Sudamericano, imponen a la Argentina la necesidad de diagnosticar adecuadamente los posibles impactos que cabe esperar, a fin de diseñar las medidas de mitigación y adaptación necesarias para enfrentarlos, y poner en práctica estas últimas, a fin de minimizar pérdidas y maximizar ganancias.

Para ello, es imperativo que el sector agropecuario nacional mejore su capacidad de hacer ver al conjunto de la sociedad argentina los beneficios que surgen de su actividad, a fin de obtener el apoyo necesario para poder llevar a cabo las innovaciones necesarias.

La energía y eficiencia con se encare este crucial desafío determinará la diferencia entre el avance o el retroceso de la economía agraria del país, así como la diferencia entre el mantenimiento de la estabilidad ambiental o la ocurrencia de un profundo deterioro. En tal sentido, convendrá recordar las célebres palabras pronunciadas, en 1939, por José Ortega y Gasset respecto a la forma en que los argentinos encaramos las cosas:

"¡Argentinos, a las cosas, a las cosas! Déjense de cuestiones previas personales, de suspicacias, de narcisismos. No presumen ustedes el brinco magnífico que daría este país el día que sus hombres se resuelvan de una vez, bravamente, a abrirse el pecho a las cosas, a ocuparse y preocuparse de ellas directamente y sin más, en vez de vivir a la defensiva, de tener trabadas y paralizadas sus potencias espirituales, que son egregias, su curiosidad, su perspicacia, su claridad mental secuestradas por los complejos de lo personal".

BIBLIOGRAFÍA

> 1.

M. LE BARON GEORGES CUVIER. 1822. DISCOURS SUR LES RÉVOLUTIONS DE LA SURFACE DU GLOBE ET SUR LES CHANGEMENTS QU'ELLES ONT PRODUITS DANS LE RÈGNE ANIMAL (1822). RÉÉDITION : CHRISTIAN BOURGEOIS, PARIS, 1985.

> 2.

SAGRADA BIBLIA. CAPÍTULOS 5 Y 6 DEL GÉNESIS. EDITORIAL HERDER S.A., BARCELONA, 1964.

> 3.

SILVA CASTILLO, JORGE (2000), GILGAMESH O LA ANGUSTIA POR LA MUERTE. POEMA BABILONIO, TRADUCCIÓN DIRECTA DEL ACADIO, INTRODUCCIÓN Y NOTAS. CUARTA EDICIÓN CORREGIDA. MÉXICO: EL COLEGIO DE MÉXICO (COLMEX). ISBN 968-12-0947-8.

> 4.

ANTÓN URIARTE CANTOLLA. 2003. HISTORIA DEL CLIMA DE LA TIERRA. 306 PÁGINAS, 101 FIGURAS, 22 FOTOGRAFÍAS. 1º EDICIÓN, 2003, SERVICIO CENTRAL DE PUBLICACIONES DEL GOBIERNO VASCO. ISBN: 84-457-2079-1.

> 5.

KENNETT, D.J., AND J.P. KENNETT. 2006. "EARLY STATE FORMATION IN SOUTHERN MESOPOTAMIA: SEA LEVELS, SHORELINES, AND CLIMATE CHANGE," JOURNAL OF ISLAND AND COASTAL ARCHAEOLOGY 1:67-99.

> 6.

WOOLLEY, C.L. (1931): UR UND DIE SINTFLUT. SIEBEN JAHRE AUSGRABUNGEN IN CHALDÄA, DER HEIMAT ABRAHAM'S. 6. AUFLAGE. F.A. BROCKHAUS-VERLAG. LEIPZIG.

> 7.

B.A.S. DAVIS, S. BREWER, A.C. STEVENSON, J. GUIOT (2003). "THE TEMPERATURE OF EUROPE DURING THE HOLOCENE RECONSTRUCTED FROM POLLEN DATA". QUATERNARY SCIENCE REVIEWS 22: 1701-1716. DOI:10.1016/S0277-3791(03)00173-2.

> 8.

CASTIÑEIRA MORALES, RAQUEL; LÓPEZ PARRA, CARLOS; MATA COMINO, FERNANDO; PRIETO CALONGE, MARÍA EUGENIA (2002). CIENCIAS SOCIALES ESO: CURSO 1 “LA PREHISTORIA”. ZARAGOZA: EDITORIAL LUIS VIVES. ISBN 84-263-4711-8.

> 9.

SAGRADA BIBLIA. GÉNESIS 45,1-15. EDITORIAL HERDER

S.A., BARCELONA, 1964.

> 10.

RUIZ TORRES, PEDRO. LA ÉPOCA DE LA RAZÓN. HISTORIA UNIVERSAL PLANETA, VOLUMEN 9, EDITORIAL PLANETA. BARCELONA, ESPAÑA, 1.994.

> 11.

H.H LAMB. 1995. CLIMATE, HISTORY AND THE MODERN WORLD. ROUTLEDGE, 1995, ISBN 0415127343, 9780415127349, 433 PÁGINAS.

> 12.

H.H LAMB. 1972. CLIMATE: PRESENT, PAST AND FUTURE. METHUEN. LONDON. 1972. PAGE NUMBER: III.

> 13.

MASON, B. J.. NUBES, LLUVIA Y LLUVIA ARTIFICIAL. BUENOS AIRES : EUDEBA, 1972 . 150 P.

> 14.

HEINZ HABER. 1962. WALT DISNEY NUESTRO AMIGO EL ATOMO. UNA AVENTURA DE DISNEYLANDIA EN EL MUNDO DE MAÑANA. ILUSTRADA POR EL ESTUDIO WALT DISNEY. EDITORIAL SUDAMERICANA,. 1962

> 15.

SIEGFRIED D. SCHUBERT, MAX J. SUAREZ, PHILIP J. PEGION, RANDAL D. KOSTER, AND JULIO T. BACMEISTER "ON THE CAUSE OF THE 1930S DUST BOWL". 2004. SCIENCE MAGAZINE, 19 MARCH 2004: VOL. 303. NO. 5665, PP. 1855 - 1859.

> 16.

VERONIKA SIEGLIN. 2004. MODERNIZACIÓN RURAL Y DEVASTACIÓN DE LA CULTURA TRADICIONAL CAMPESINA. PLAZA Y VALDES, 2004, ISBN 9707223030, 9789707223035, 385 PÁGINAS.

> 17.

DAVIES, R.W. AND STEPHEN G. WHEATCROFT. YEARS OF HUNGER: SOVIET AGRICULTURE, 1931-1933, (VOLUME 4 OF THE INDUSTRIALISATION OF SOVIET RUSSIA), PALGRAVE MACMILLAN (APRIL, 2004), HARDCOVER, ISBN 0-333-31107-8.

> 18.

GEORG BREUER AND H. T. MORTH. 1980. WEATHER MODIFICATION: PROSPECTS AND PROBLEMS. CUP ARCHIVE, 1980, 178 PÁGINAS.

LOS IMPACTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DE LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS SOBRE EL AGRO ARGENTINO EN EL PASADO Y EN EL PRESENTE, Y LOS DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES QUE PLANTEAN LAS PROYECCIONES QUE PUEDEN HACERSE A FUTURO

> 19.

CIA. THE STAGNATION OF SOVIET AGRICULTURE 1958-62. CREATED: 9/1/1963.

> 20.

CIA. SOVIET AGRICULTURE IN THE 1980s (SOV 84-10154).CREATED: 9/1/1984

> 21.

N. M. DRONIN, E. G. BELLINGER. 2005. CLIMATE DEPENDENCE AND FOOD PROBLEMS IN RUSSIA, 1900-1990: THE INTERACTION OF CLIMATE AND AGRICULTURAL POLICY AND THEIR EFFECT ON FOOD PROBLEMS. CENTRAL EUROPEAN UNIVERSITY PRESS, 2005, ISBN 9637326103, 9789637326103, 366 PÁGINAS.

> 22.

IFPRI. 1981. 22. ESTIMATES OF SOVIET GRAIN IMPORTS IN 1980-85: ALTERNATIVE APPROACHES. DESAI, PADMA. 1981. REPORT OUT OF PRINT. ALAN J. WEBB, ENRIQUE E. FIGUEROA, WILLIAM E. WECKER AND ALEX F. MCCALLA. 1989.

> 23.

IMPACT OF THE SOVIET GRAIN EMBARGO; A COMPARISON OF METHODS JOURNAL OF POLICY MODELING, 1989, VOL. 11, ISSUE 3, PAGES 361-389.

> 24.

BO LIBERT. 1996. THE ENVIRONMENTAL HERITAGE OF SOVIET AGRICULTURE. SUSTAINABILITY RURAL DEVELOPMENT SERIES 2. CABI. 1996, 240 PP.

> 25.

ROPELEWSKI, C.F. AND M.S.HALPERT. 1987. GLOBAL AND REGIONAL SCALE PRECIPITATION PATTERNS ASSOCIATED WITH THE EL NIÑO/SOUTHERN OSCILLATION. MON. WEA. REV. , 115, 1606-1626.

> 26.

ARROW K.J. 1996. “THE THEORY OF RISK-BEARING: SMALL AND GREAT RISKS.” JOURNAL OF RISK AND UNCERTAINTY 12 (1996).

> 27.

HARWOOD J., RICHARD HEIFNER, KEITH COBLE, JANET PERRY, Y AGAPI SOMWARU. 1999. “MANAGING RISK IN FARMING: CONCEPTS, RESEARCH, AND ANALYSIS.” ECONOMIC REPORT NO. 774. MARKET AND TRADE ECONOMICS DIVISION AND RESOURCE ECONOMICS DIVISION, ECONOMIC RESEARCH SERVICE, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, MARCH 1999.

> 28.

MIRANDA M.J. Y JOSEPH W. GLAUBER. 1997. “SYSTEMIC RISK, REINSURANCE, AND THE FAILURE OF CROP INSURANCE MARKETS.” AMERICAN JOURNAL OF AGRICULTURAL ECONOMICS 79 (1997).

> 29.

SKEES J.R., J. ROY BLACK, AND BARRY J. BARNETT. 1997. “DESIGNING AND RATING AN AREA YIELD CROP INSURANCE CONTRACT.” AMERICAN JOURNAL OF AGRICULTURAL ECONOMICS 79 (1997).

> 30.

SWANSON, E.R., NYANKORI, J.C., 1970. INFLUENCE OF WEATHER AND TECHNOLOGY ON CONE AND SOYBEAN TRENDS. AGRIC. FOR. METEOROL. 20, 327–342.

> 31.

HOLLINGER, S.E., EHLE, E.J., CARLSON, R.E., 2001. ENSO MIDWESTERN UNITED STATES CORN AND SOYBEAN YIELD RESPONSES TO CHANGING EL NIÑO-SOUTHERN OSCILLATION CONDITIONS DURING THE GROWING SEASON. IN: ROSENZWEIG, C., BOOTE, K.J., HOLLINGER, S., IGLESIAS, A., PHILLIPS, J. (EDS.), IMPACTS OF EL NIÑO AND CLIMATE VARIABILITY ON AGRICULTURE. ASA SPECIAL PUBLICATION NO. 63. AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, MADISON, WI, PP. 33-56.

> 32.

JAYET PIERRE-ALAIN. 2006. NOTES POUR LE SEMINAIRE METHODES DE L’ECONOMIE QUANTITATIVE APPLIQUEE A L’AGRICULTURE ET L’ENVIRONNEMENT. ELEMENTS D’ECONOMIE MATHEMATIQUE POUR L’ENVIRONNEMENT ET LES RESSOURCES AGRICOLES. UNIT’E MIXTE DE RECHERCHES INRA -INAPG EN ECONOMIE PUBLIQUE BPO1 CENTRE INRA DE VERSAILLES-GRIGNON. FEBRERO DE 2006.

> 33.

MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE. 2005. INTERCAMBIOS. AÑO 5 N°50. ACCESO DE PRODUCTORES RURALES POBRES A MERCADOS. AÑO 5 NÚMERO 50, MAYO DE 2005

> 34.

CATRILEO A. 2004. DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE LA GANADERÍA EN LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA. MINISTERIO DE AGRICULTURA DE CHILE, INIA CARILLANCA, 2004.

698

699

> 35. CANE M.A., ARKIN, P.A., 2000: CURRENT CAPABILITIES IN LONG-TERM WEATHER FORECASTING FOR AGRICULTURAL PURPOSES, P. 13-37 IN: SIVAKUMAR, M.V.K. (Ed.), CLIMATE PREDICTION AND AGRICULTURE. PROCEEDINGS OF THE START/WMO INTERNATIONAL WORKSHOP HELD IN GENEVA, SWITZERLAND, 27-29 SEPTEMBER 1999

> 36. LOUIS AGASSIZ(1807-1873). 1840. “ÉTUDES SUR LES GLACIERS”.

> 37. MILANKOVITCH, M. (1920). THEORIE MATHÉMATIQUE DES PHÉNOMÈNES THERMIQUES PRODUITS PAR LA RADIATION SOLAIRE. GAUTHIER-VILLARS PARIS.

> 38. SAMUEL W. MATTHEWS. 1976. WHAT’S HAPPENING TO OUR CLIMATE. NATIONAL GEOGRAPHIC, VOL 150 NO 15, NOVEMBER 1976, PGS 576-615.

> 39. NEWSWEEK. 1975. “THE COOLING WORLD”. EDICIÓN DEL 26 DE ABRIL DE 1975, PG 64.

> 40. SVANTE ARRHENIUS. 1896. “ON THE INFLUENCE OF CARBONIC ACID IN THE AIR UPON THE TEMPERATURE ON THE GROUND”. PHILOSOPHICAL MAGAZINE 1896(41): 237-76.

> 41. CLIMATE CHANGE 2007: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS. CONTRIBUTION OF WORKING GROUP I TO THE FOURTH ASSESSMENT REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. PARIS, FRANCE.

> 42. HANSEN, JAMES; LARISSA NAZARENKO, RETO RUEDY, MAKIKO SATO, JOSH WILLIS, ANTHONY DEL GENIO, DOROTHY KOCH, ANDREW LACIS, KEN LO, SURABI MENON, TICA NOVAKOV, JUDITH PERLWITZ, GARY RUSSELL, GAVIN A. SCHMIDT, NICHOLAS TAUSNEV (2005-06-03). "EARTH'S ENERGY IMBALANCE: CONFIRMATION AND IMPLICATIONS" (PDF). SCIENCE 308 (5727): 1431-1435.

> 43. SVANTE ARRHENIUS. 1908. WORLDS IN THE MAKING; THE EVOLUTION OF THE UNIVERSE. NEW YORK, LONDON, HARPER, 226 PP.

> 44. RACHEL CARSON. 1952. “THE SEA AROUND US”. ED. 4, ILLUSTRATED, REVISED. OXFORD UNIVERSITY PRESS US, 1989. ISBN 0195061861, 9780195061864, 250 PÁGINAS.

> 45. R. W. BUECHLEY, J. VAN BRUGGEN, AND L. E. TRIPII (1972). "HEAT ISLAND = DEATH ISLAND?". ENVIRONMENTAL RESEARCH 5: 85-92.

> 46. S. A. CHANGNON, JR., K. E. KUNKEL, AND B. C. REINKE (1996). "IMPACTS AND RESPONSES TO THE 1995 HEAT WAVE: A CALL TO ACTION". BULLETIN OF THE AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY 77: 1497-1506.

> 47. HELMUT E. LANDSBERG (1981). THE URBAN CLIMATE. NEW YORK: ACADEMIC PRESS.

> 48. ESTADÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL CORRESPONDIENTES A LOS PERÍODOS 1941-50 Y 1981-90.

> 49. DOTTO, LYDIA AND SCHIFF, HAROLD (1978). THE OZONE WAR. DOUBLEDAY. ROAN, SHARON (1990). OZONE CRISIS, THE 15 YEAR EVOLUTION OF A SUDDEN GLOBAL EMERGENCY. WILEY.

> 50. CAGIN, SETH AND DRAY, PHILLIP (1993). BETWEEN EARTH AND SKY: HOW CFCs CHANGED OUR WORLD AND ENDANGERED THE OZONE LAYER. PANTHEON.

> 51. TRENBERTH, K.E., 1990: RECENT OBSERVED INTERDECADAL CLIMATE CHANGES IN THE NORTHERN HEMISPHERE. BULLETIN OF THE AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, 71, 988-993.

> 52. TRENBERTH, K.E. AND J.W. HURRELL, 1994: DECADAL ATMOSPHERE-OCEAN VARIATIONS IN THE PACIFIC. CLIM. DYN. 9, 303-319.

> 53. ACEITUNO, P. 1988. ON THE FUNCTIONING OF THE SOUTHERN OSCILLATION IN THE SOUTH AMERICAN SECTOR. PART I: SURFACE CLIMATE. MON.WEA.REV., 116, 505-524.

> 54. DIAZ, A.F.; C.D. STUDZINSKI AND C.R.MECHOSO. 1998. RELATIONSHIPS BETWEEN PRECIPITATION ANOMALIES IN URUGUAY AND SOUTHERN BRAZIL AND SEA SURFACE TEMPERATURE IN THE PACIFIC AND ATLANTIC OCEANS. JOURNAL OF CLIMATE, 11, 251-271.

> 55. KILADIS, G.N. AND H.F.DIAZ. 1989. GLOBAL CLIMATIC ANOMALIES ASSOCIATED WITH EXTREMES IN THE SOUTHERN OSCILLATION. JOURNAL OF CLIMATE, 2, 1069-1090.

> 56. MALTHUS T.R. 1798. AN ESSAY ON THE PRINCIPLE OF POPULATION. OXFORD WORLD'S CLASSICS REPRINT: XXIX CHRONOLOGY.

> 57. AMEGHINO F. 1884. LAS SEQUÍAS Y LAS INUNDACIONES EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES CAP.III DE LA OBRA “EXCURSIONES GEOLÓGICAS Y PALEONTOLÓGICAS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES”. PUBLICADO EN TORCELLI ALFREDO J. : OBRAS COMPLETAS Y CORRESPONDENCIA CIENTÍFICA DE FLORENTINO AMEGHINO.

> 58. ADOLFO GLAVE. 2006. INFLUENCIA CLIMÁTICA EN EL SUDOESTE BONAERENSE Y SUDESTE DE LA PAMPA. ACAECER, 31(360):18-23.

> 59. ROBERTO, Z.E.; G.CASAGRANDE Y E.F.VIGLIZZO. 1994. LLUVIAS EN LA PAMPA CENTRAL: TENDENCIA Y VARIACIONES DEL SIGLO. CAMBIO CLIMÁTICO Y AGRICULTURA SUSTENTABLE EN LA REGIÓN PAMPEANA. BOL. INTA CENTRO REGIONAL LA PAMPA-SAN LUIS, N°2, 25PP.

> 60. VIGLIZZO E.F., Z.E.ROBERTO, M.C.FILIPPIN Y A.J. PORDOMINGO. 1995. CLIMATE VARIABILITY AND AGROECOLOGICAL CHANGE IN THE CENTRAL PAMPAS OF ARGENTINA. AGRICULTURE ECOSYSTEMS AND ENVIRONMENT. 55 (1995) 7-16.

> 61. SIERRA, E.M., R.H. HURTADO Y L. SPESCHA. 1994. CORRIMIENTO DE LAS ISOYETAS ANUALES MEDIAS DECENALES EN LA REGIÓN PAMPEANA 1941-1990. REV.FAC.AGR, 14(2):139-144.

> 62. SIERRA, E.M; M.CONDE PRAT Y SILVIA PEREZ. 1995. LA MIGRACIÓN DE CULTIVOS DE GRANOS COMO INDICADOR DEL CAMBIO CLIMÁTICO 1941-93 EN LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA. REV.FAC.AGR, 15(2-3):171-176.

> 63. PÉREZ SILVIA; E.M.SIERRA; G.CASAGRANDE Y GRACIELA VERGARA. 1999. CAMBIOS EN EL RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES DEL OESTE DE LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA 1921-98. XI CONGRESO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGÍA Y II ENCUENTRO LATINOAMERICANO DE AGROMETEOROLOGÍA. FLORIANÓPOLIS. BRASIL. ANALES 499.

> 64. JUAN JACINTO BURGOS. 1963. LAS HELADAS EN LA ARGENTINA. COLECCIÓN CIENTÍFICA DEL INTA, Bs. As., 1963, 389 PP.

> 65. AL GORE ET AL. 2006. AN INCONVENIENT THRUTH STUDY GUIDE. 56 PP. OBTENIDO DE LA WEB: [HTTP://WWW.CLIMATECRISIS.NET/ABOUTTHEFILM/](http://www.climatecrisis.net/aboutthefilm/).

> 66. CLIMATE CHANGE 2007: IMPACTS, ADAPTATION AND VULNERABILITY. CONTRIBUTION OF WORKING GROUP II TO THE FOURTH ASSESSMENT REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. PARIS, FRANCE.

> 67. CLIMATE CHANGE 2007: MITIGATION. CONTRIBUTION OF WORKING GROUP III TO THE FOURTH ASSESSMENT REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. PARIS, FRANCE.

> 68. GREGORY FEGEL. EARTH ON THE BRINK OF AN ICE AGE. PRAVDA. 11 DE ENERO DE 2008.

> 69. BERGER A., AND M.F. LOUTRE, 2002. AN EXCEPTIONALLY LONG INTERGLACIAL AHEAD. SCIENCE, 297, PP. 1287-1288.

> 70. BERGER A., LOUTRE M.F., AND M. CRUCIFIX, 2003. THE EARTH'S CLIMATE IN THE NEXT HUNDRED THOUSAND YEARS. SURVEYS IN GEOPHYSICS, 24, PP. 117-138.

> 71. NACIONES UNIDAS. 1997. PROTOCOLO DE KYOTO.

