

¹ HIDRAULICA AGRICOLA Y SANEAMIENTO

² Facultad de Ingeniería, UBA

³ Disponibilidad de agua

⁴ Uno de los factores determinantes de la salud humana es la disponibilidad de agua dulce.

⁵ El crecimiento de la población, la industrialización y la expansión de la agricultura de regadío en los últimos decenios han provocado un aumento drástico en la demanda de agua.

Población

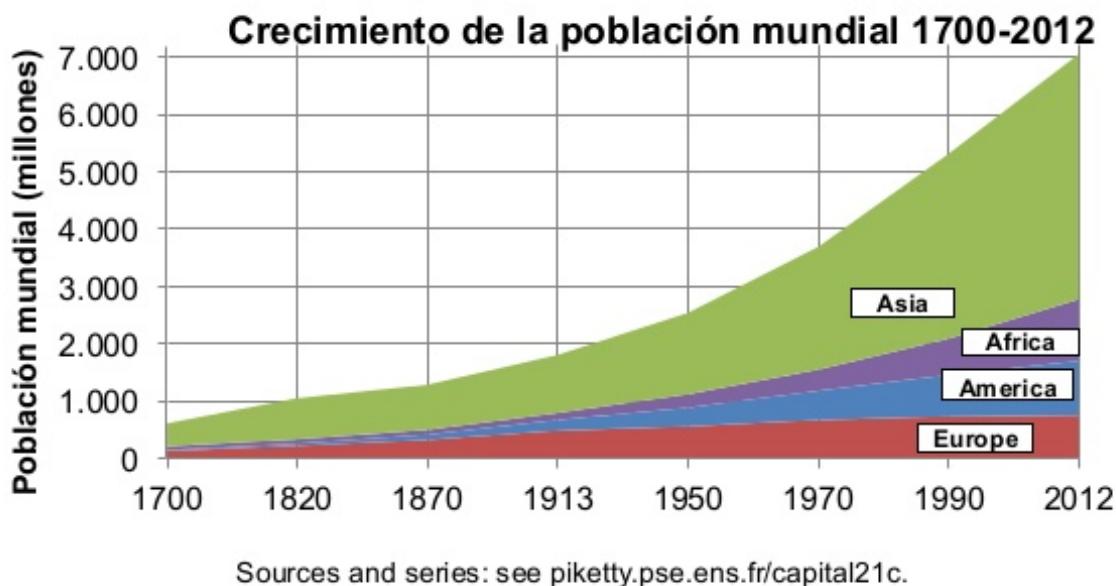


Figura 1: Crecimiento poblacional por continente, Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/escenariosdedesarrollofuturo-140818163548-phpapp01/95/escenarios-de-desarrollo-futuro-52-638.jpg?cb=1408379816>

⁷ El consumo de agua con destino agrícola alcanza el 70 % de agua dulce. En parte se debe a la ⁸ aplicación de técnicas de riego inapropiadas.

⁹ Agua para la agricultura

¹⁰ La agricultura, en especial la de riego, es el sector con mayor extracción y uso consumutivo de ¹¹ agua a nivel mundial.

¹² **Usos consumtivos** Son aquellos usos en los que el agua no puede volver a utilizarse ¹³ de la misma forma. Se la saca de su cauce natural y no se la devuelve. Ejemplos: ¹⁴ el agua que se utiliza en agricultura, ganadería, industria.

¹⁵ De acuerdo con estimaciones de la FAO (Food and Agriculture Organization) en el 2011, el ¹⁶ sector agrícola usó el 70 % de la extracción total.

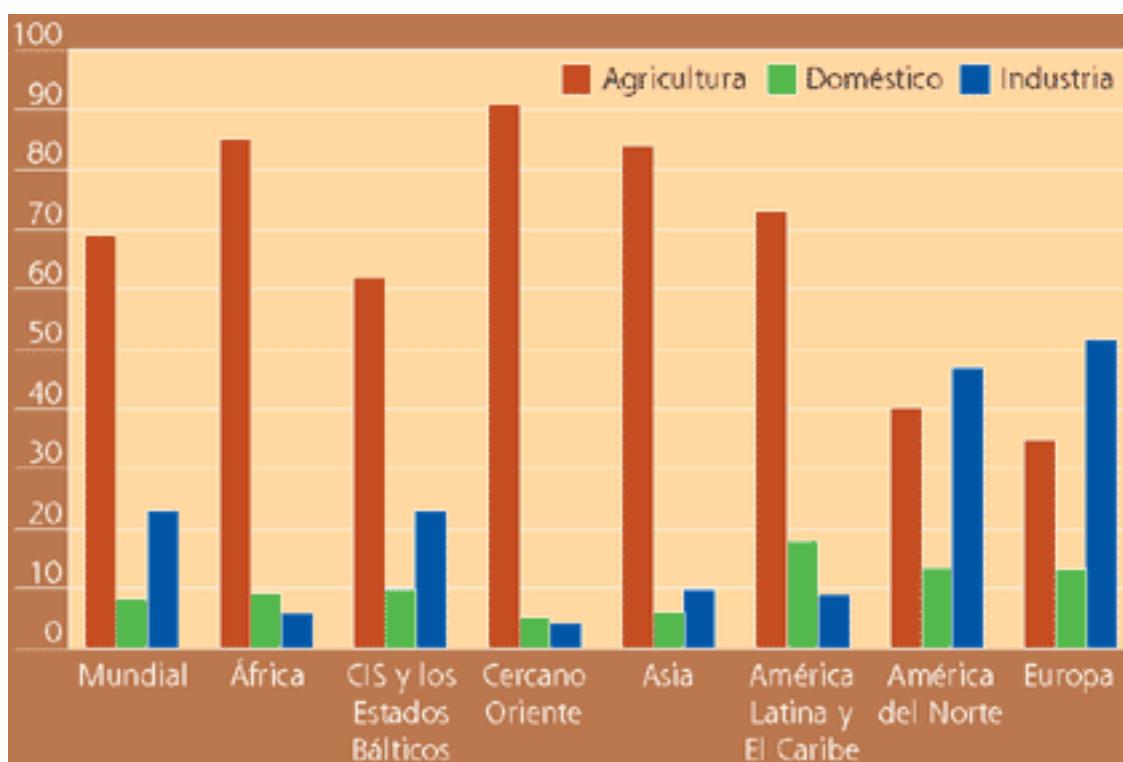


Figura 2: Uso del agua por continente y actividad, Fuente: <http://www.fao.org/docrep/005/y3918s/y3918s03.htm>

¹⁷ La aplicación del riego en una región depende de varios aspectos: La disponibilidad de agua
¹⁸ natural, en dónde el clima, el tipo del suelo y el relieve juegan un papel preponderante . Las
¹⁹ necesidades hídricas de los diferentes cultivos, dependen directamente sus requerimiento fisi-
²⁰ lógicos.

²¹ De acuerdo con estimaciones de la FAO en el 2011, de la superficie cultivada, sólo el 19% tenía
²² infraestructura de riego, sin embargo producía más del 40% de los cultivos del mundo.

²³ En los últimos 50 años, la población mundial se ha triplicado mientras que el consumo de agua
²⁴ se ha sextuplicado. La demanda de agua para consumo crece con el crecimiento de la población
²⁵ y con la mejora de sus niveles de vida. Para satisfacer el aumento estimado de la demanda entre
²⁶ 2000 y 2030, se prevé que el cultivo de alimentos en los países en vías de desarrollo aumente en
²⁷ 67%.

²⁸ Agua para la industria

²⁹ A nivel mundial alrededor del 19% del agua extraída se emplea en la industria. De esta cantidad,
³⁰ más de la mitad se utiliza procesos de enfriamiento de centrales termoeléctricas.

³¹ Agua para el hogar

Actividad	Consumo de agua
Lavar la ropa	60-100 litros
Limpiar la casa	15-40 litros
Limpiar la vajilla a máquina	18-50 litros

Actividad	Consumo de agua
Limpiar la vajilla a mano	100 litros
Cocinar	6-8 litros
Darse una ducha	35-70 litros
Bañarse	200 litros
Lavarse los dientes	30 litros
Lavarse los dientes (cerrando el grifo)	1,5 litros
Lavarse las manos	1,5 litros
Afeitarse	40-75 litros
Afeitarse (cerrando el grifo)	3 litros
Lavar el coche con manguera	500 litros
Descargar la cisterna	10-15 litros
Media descarga de cisterna	6 litros
Regar un jardín pequeño	75 litros
Riego de plantas domésticas	15 litros
Beber	1,5 litros

³² Se estima que un habitante de un país desarrollado consume alrededor de 5 litros diarios en forma de alimentos y bebidas.

³⁴ Agua disponible

³⁵ En el mundo hay gran cantidad de agua dulce disponible, pero está desigualmente repartida.



Figura 3: Disponibilidad de agua dulce en países representativos.

- ³⁶ A esto deben añadirse las complejidades del manejo del agua que atraviesa fronteras nacionales y
³⁷ los impactos cada vez mayores de las sequías e inundaciones provocadas por el cambio climático.

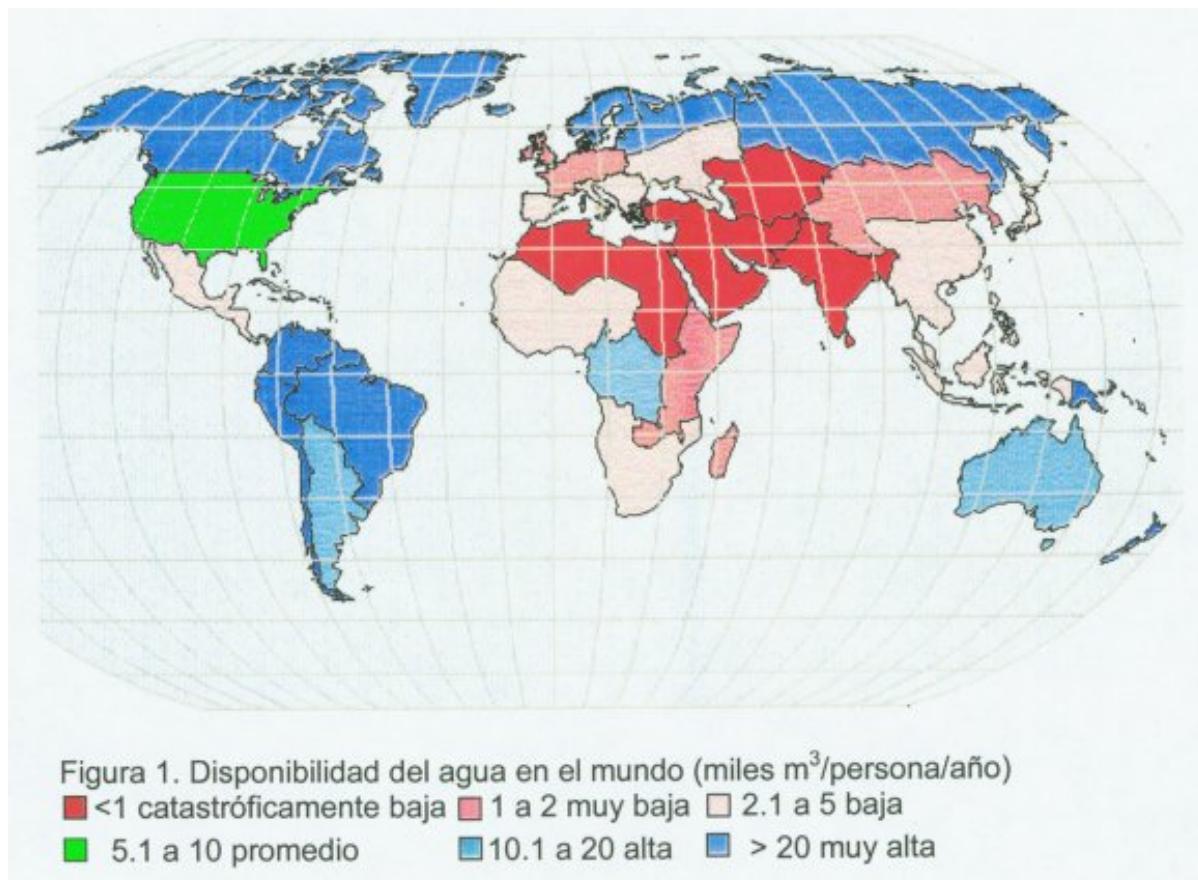


Figura 4: Disponibilidad de agua en el mundo categorizado, Fuente: World Water Resources at the beginning of the 21st Century.

³⁸ Se suman cambios permanentes

³⁹ En el Informe de Síntesis presentado en 2014 por el IPPC se destaca que:

- ⁴⁰ 1. La influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones antropogénicas recientes de gases de efecto invernadero son las más altas de la historia. Los cambios climáticos recientes han tenido impactos generalizados en los sistemas humanos y naturales.
- ⁴¹ 2. El calentamiento en el sistema climático es inequívoco, y desde la década de 1950 muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenarios.
- ⁴² La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido
- ⁴³ y el nivel del mar se ha elevado.
- ⁴⁴
- ⁴⁵
- ⁴⁶

Si explotamos el agua que se puede renovar
 (en períodos de unos años)

Si utilizamos más agua que la que se puede renovar

Explotamos los recursos

Explotamos las reservas y producimos sobreexplotación



Figura 5: Informe del panel intergubernamental de Cambio Climático, consultar en: https://archive.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

⁴⁷ Agua para Argentina

⁴⁸ Argentina presenta distribución desigual de sus recursos hídricos. 2/3 de su territorio está
⁴⁹ constituido por regiones áridas y semiáridas y sólo 1/3 es rico en fuentes de agua, principalmente
⁵⁰ superficiales, que representan 84% de las disponibilidades hídricas del país. Además de la
⁵¹ cantidad de agua, es relevante considerar la calidad del agua disponible.

Cuadro 3: Problemáticas derivadas de la distribución del agua dulce Fuente: La cuestión del agua : consideraciones sobre el estado de situación de los recursos hídricos de la Argentina . - 1a ed. - La Plata : Universitaria de La Plata, 2011. 128 p.

Región	Problemática
Árida y semiárida	Estrés hídrico por escasez y variabilidad estacional de la oferta. Limitación de posibilidades favorables para el desarrollo de productos agrícolas de alto valor relativo. Conflictos por sobre-explotación de acuíferos Pérdida de la capacidad productiva por salinización.
Húmeda y subhúmeda	Degradación de la calidad de las aguas debido a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas por vertido de efluentes no tratados. Presencia de altos contenidos de sales, exceso de arsénico y flúor (región norte y pampeana central).

⁵² Cambio Climático

⁵³ Desde comienzos del siglo XX, el planeta ha evidenciado un aumento en la temperatura media global, cuya tasa de calentamiento se ha intensificado en las últimas décadas.

Mónica Fiore - Javier Clavijo

Página 5 de 28

⁵⁵ La influencia humana en el sistema climático juega un rol fundamental, las recientes emisiones de origen antropogénico de gases de efecto invernadero son las más altas de la historia. (IPCC)

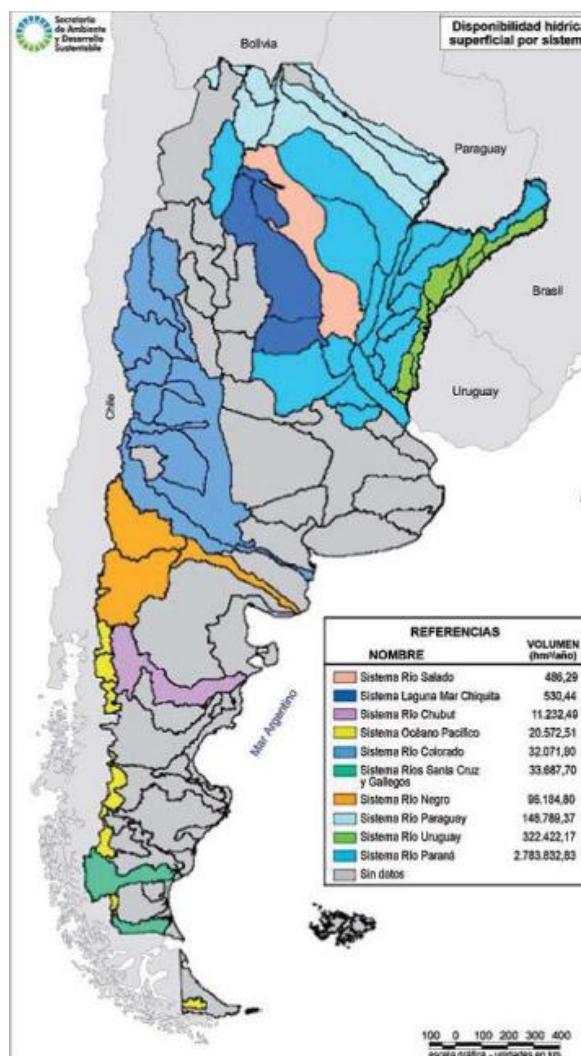


Figura 6: Disponibilidad de agua en sistemas superficiales, Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Atlas digital de los Recursos Hídricos Superficiales. <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/Indicadores/image/ids%202010/sidsa%202010/17-%20disponibilidad%20hidrica%20por%20cuenca%20gr.jpg>

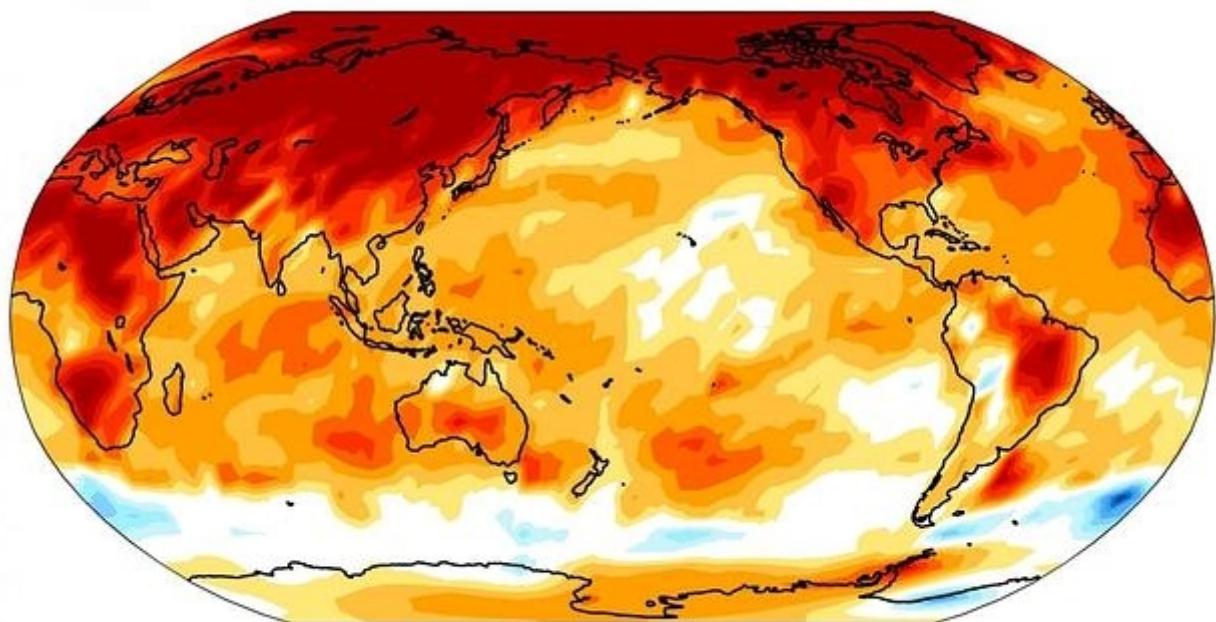


Figura 7: Mapa de temperaturas de los últimos 50 años, en el que se aprecian las diferencias entre ambos polos (Fuente: K. Armour)

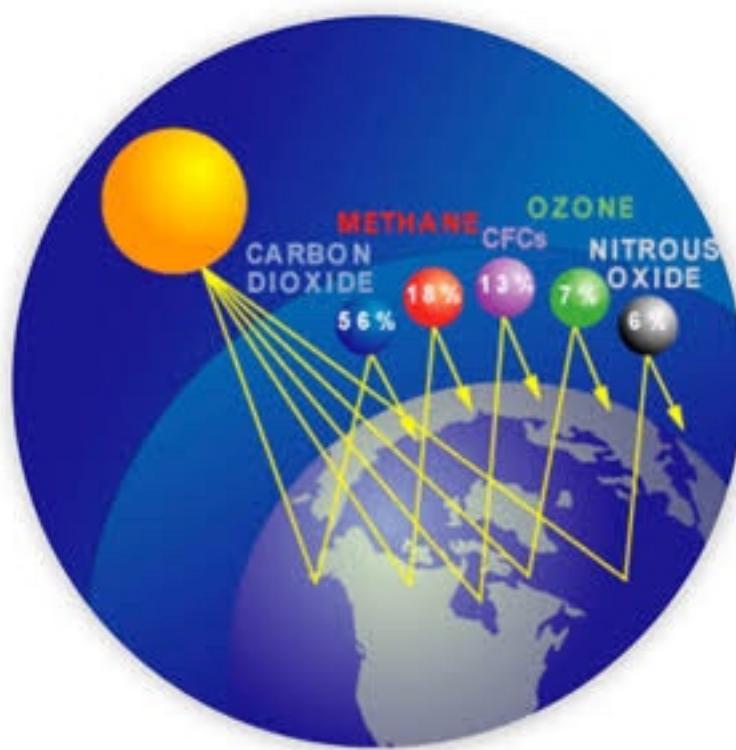


Figura 8: Proporción de los gases de efecto invernadero, Fuente: https://jpratt27.files.wordpress.com/2018/05/img_2518.jpg?w=620

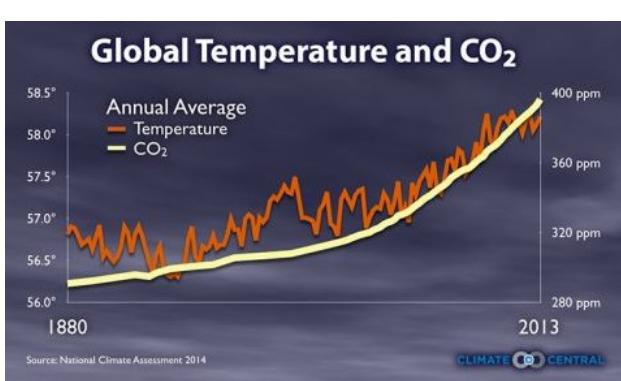


Figura 9: Temperatura vs. CO₂, 1880-2013.
(U.S. National Climate Assessment, via Climate Central)

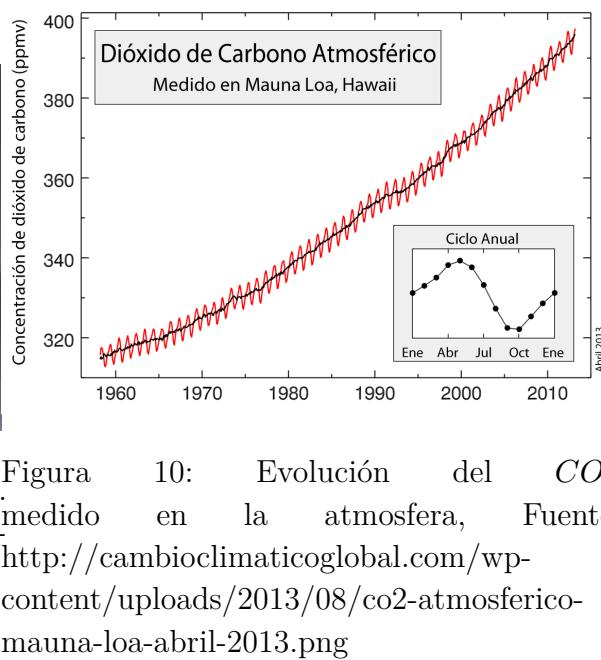


Figura 10: Evolución del CO₂ medido en la atmósfera, Fuente: <http://cambioclimaticoglobal.com/wp-content/uploads/2013/08/co2-atmosferico-mauna-loa-abril-2013.png>

- 69 fermentaciones producidas por bacterias anaerobias que se encuentran en zonas pantanosas,
70 cultivos como el arroz y en las emisiones del tracto intestinal del ganado.
- 71 Actualmente, el metano contribuye al Calentamiento Global con un 15 %. Se sospecha que a
72 fines del siglo XXI el efecto de este gas supere al del CO₂
- 73 La ganadería vacuna y ovina repartidas por todo el planeta son las responsables de casi una
74 cuarta parte de todas las emisiones de metano en el planeta.

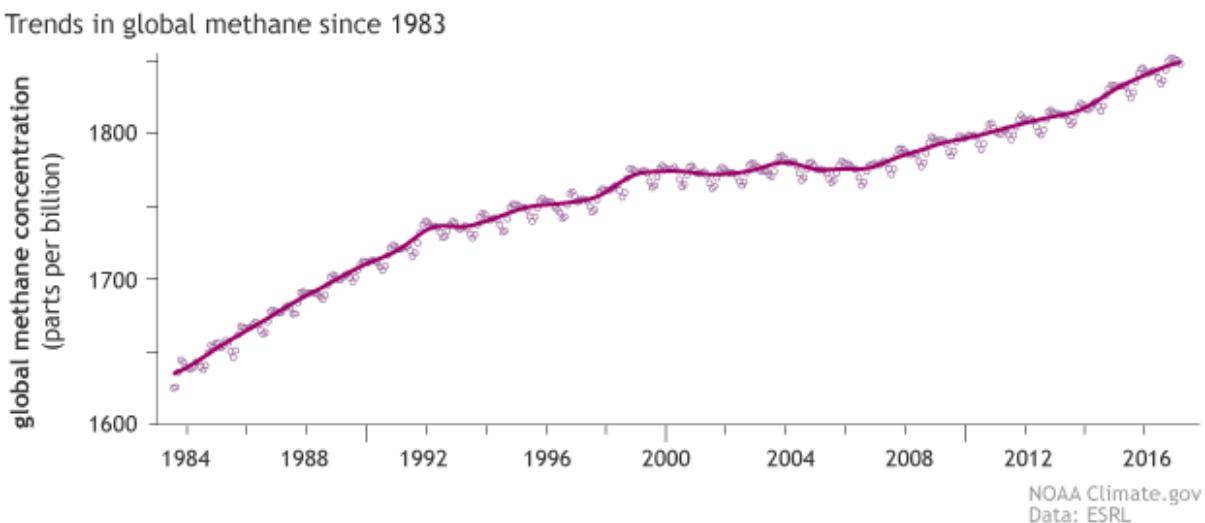


Figura 11: Concentraciones de metano mensuales (círculos) desde 1983, con la media móvil en línea llena. Fuente: NOAA Climate.gov graph, based on data from NOAA ESRL.

- 75 El N₂O, Oxido nitroso, es un Gas invernadero que se produce principalmente a través del uso
76 masivo de fertilizantes nitrogenados en la agricultura. También lo producen otras fuentes como
77 las centrales térmicas, tubos de escape de automóviles y motores de aviones, etc.
- 78 *Estudios realizados en 2018 en España por la Universidad Politécnica de Madrid indican que
79 el uso de los fertilizantes con Zinc en cultivos de secano reduce hasta en un 20 % las emisiones

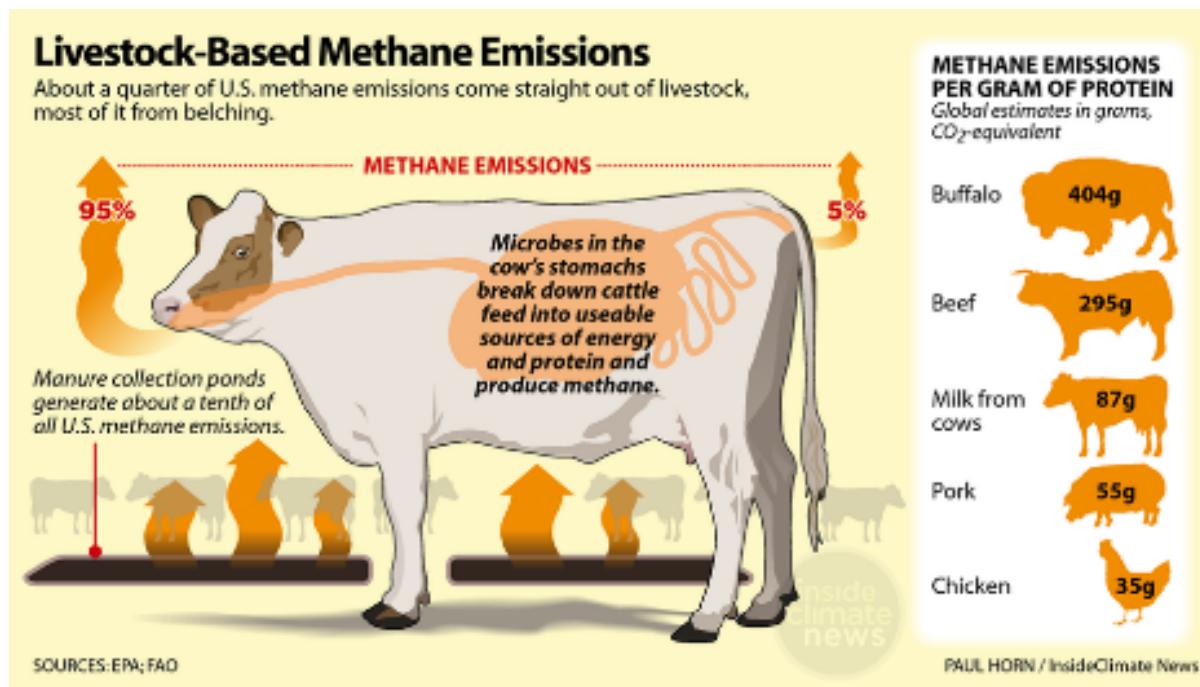


Figura 12: Emisiones de carbono procedidas por distinto tipo de ganadería

80 de óxido nitroso a la atmósfera constituyendo una estrategia para mitigar la emisión de gases
81 de efecto invernadero.*

82 Cuando los agricultores añaden fertilizante nitrogenados al suelo para estimular el crecimiento
83 de las plantas, sólo la mitad de éste es absorbido por la planta, el resto puede ser arrastrado
84 por las aguas subterráneas, o desviado como óxido nitroso u otros gases.

85 Los clorofluorocarbonos (CFC) Son compuestos químicos artificiales que se encuentran presen-
86 tes en pequeñas concentraciones en la atmósfera pero que son extremadamente potentes en
87 su efecto invernadero. Tienen múltiples usos industriales en sistemas de refrigeración, como
88 componentes de aerosoles, producción de aluminio y aislantes eléctricos entre otros. Son los
89 principales responsables del adelgazamiento de la capa de ozono.

90 Los CFC fueron prohibidos hace 30 años por el Protocolo de Montreal por sus efectos perjudi-
91 ciales en la capa de ozono estratosférica.

92 Efectos en la temperatura

93 El calentamiento global ha originado cambios en el clima a nivel regional y global.

- 94 ▪ El incremento de temperatura
- 95 ▪ Mayor evaporación
- 96 ▪ Disminución de la humedad en superficie
- 97 ▪ Sequias mas largas e intensas

98 La temperatura de la tierra ha ido cambiando por causas naturales y antropogénicas. Durante
99 el siglo XX hubo 2 períodos de calentamiento, uno entre 1910 – 1945 y otro que se inicio en la
100 década del 70 y continua.

101 Las temperaturas globales de la superficie de la Tierra en el año 2019 fueron las segundas más

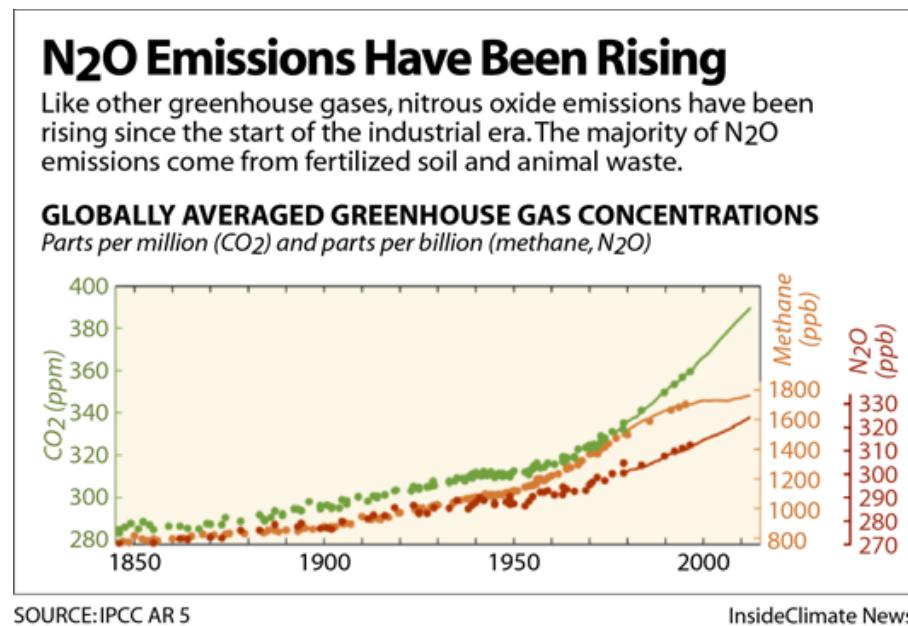


Figura 13: Tendencias en aumento de concentraciones de los tres gases mencionados: CO₂, N₂O y CH₄

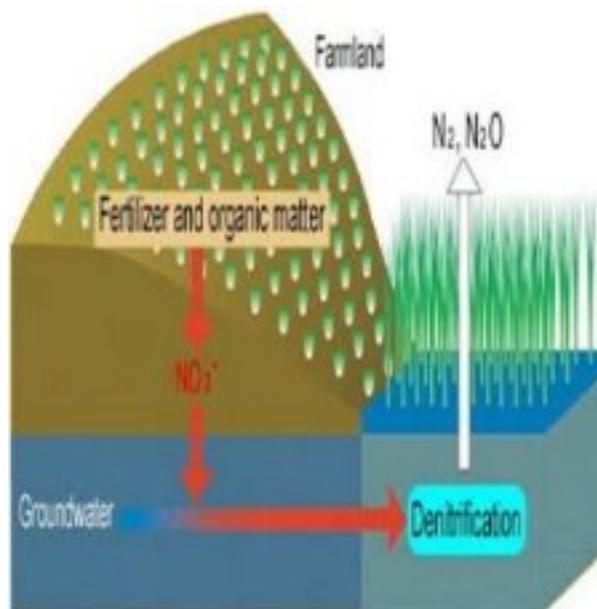


Figura 14: Evolución del nitrógeno, desde el fertilizante hacia la atmósfera. Fuente: https://jpratt27.files.wordpress.com/2018/05/img_2521.jpg?w=620

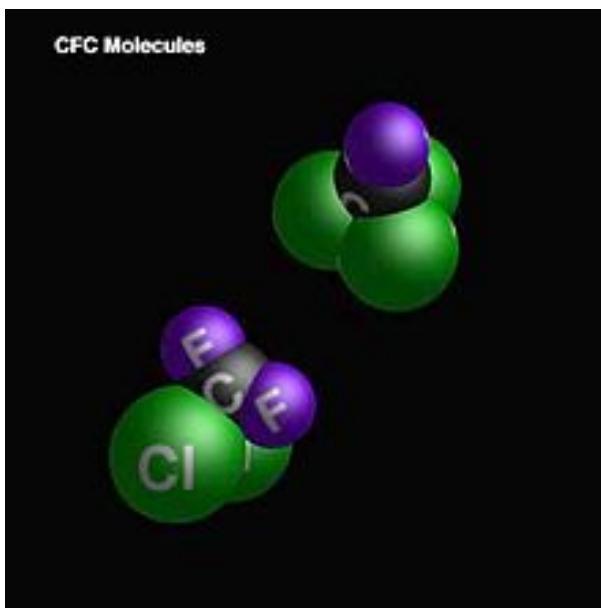


Figura 15: Estructura de las moléculas de CFC

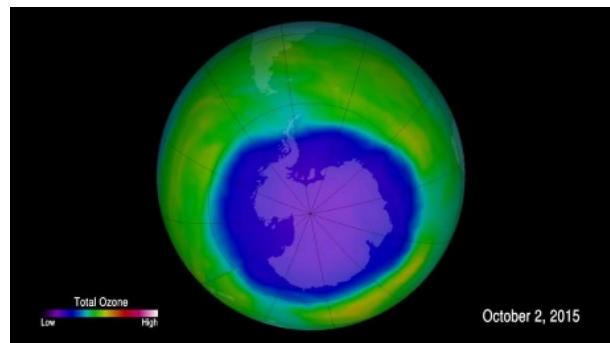


Figura 16: Los CFCs han disminuido la concentración de ozono en la zona de la Antártida, que en el ultimo tiempo se ha estabilizado por primera vez, Fuente: <https://www.meteorologiaenred.com/agujero-la-capa-ozono-se-estabiliza-primeravez.html>

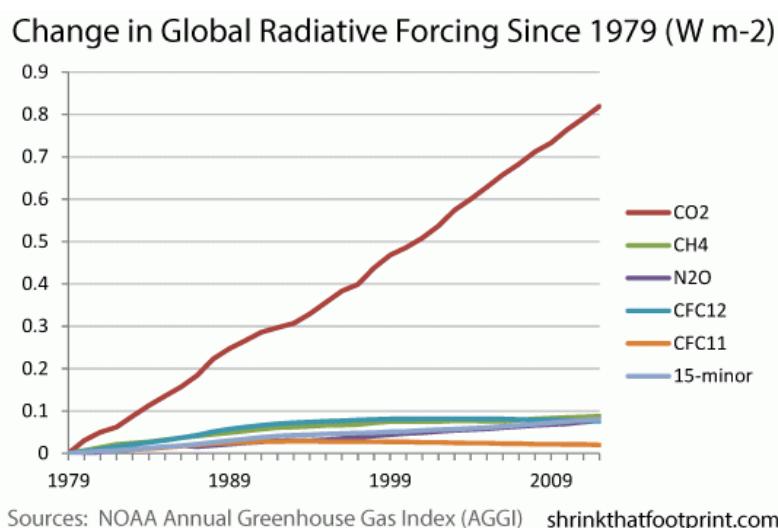


Figura 17: Evolución de los gases de efecto invernadero incluyendo CFC, Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6c/Chlorofluorocarbons_%28space-filling_representation%29.jpg/220px-Chlorofluorocarbons_%28space-filling_representation%29.jpg

102 cálidas desde que el registro comenzó en 1880.

103 A nivel mundial, las temperaturas de 2019 fueron superadas solo por las de 2016 y continuaron
104 la tendencia al calentamiento del planeta: los últimos cinco años han sido los más cálidos de
105 los últimos 140 años.

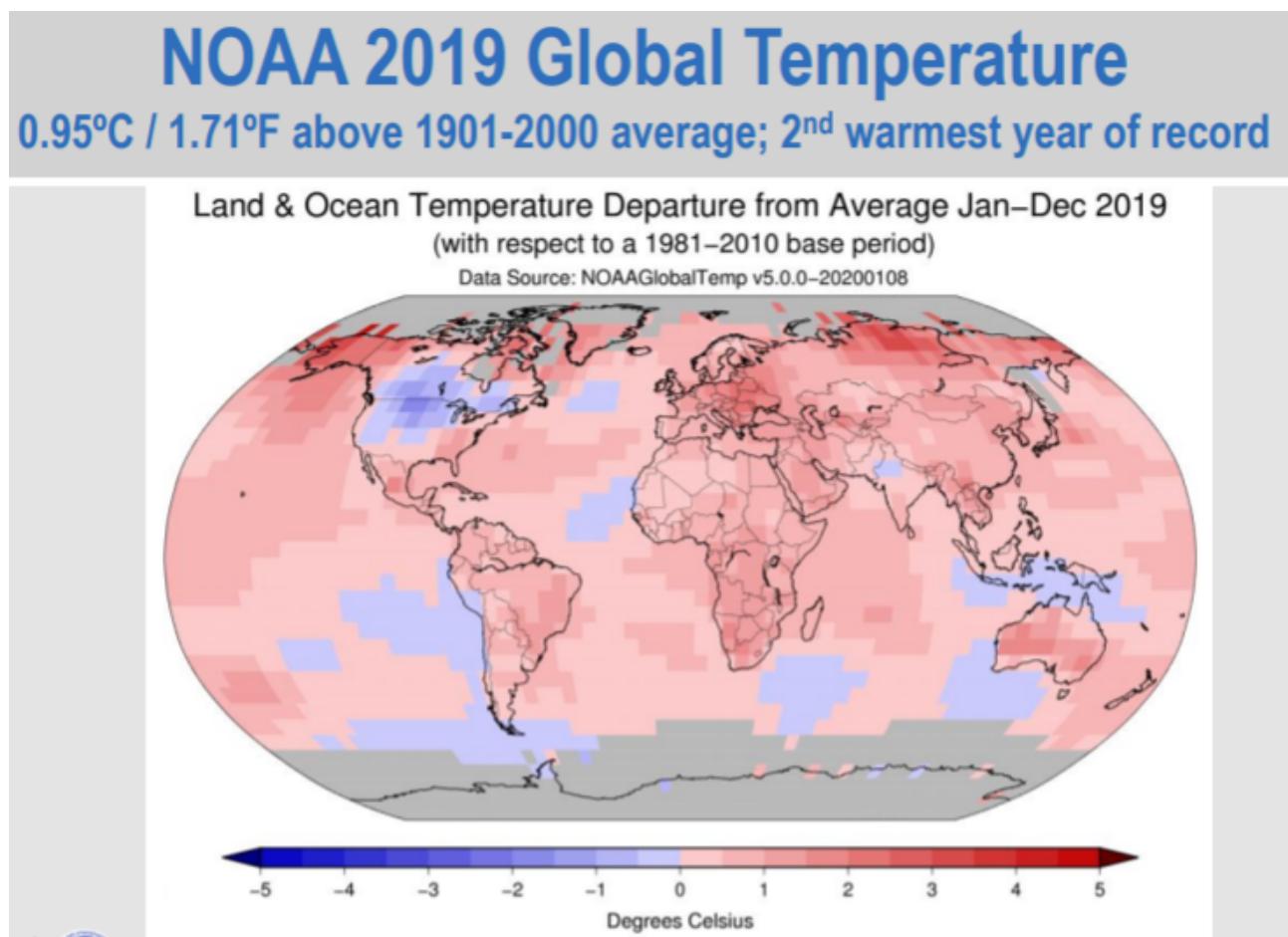


Figura 18: Temperatura Global 0.95°C por encima del promedio 1901-2000. Fuente: NOAA 2019
<https://ncdc.noaa.gov/sotc/briefings/20200115.pdf>

106 El promedio de la temperatura global en el período 2001-2010 fue de 14,4°

107 La temperatura media de la superficie de la Tierra durante el siglo XX, medida con termómetros
108 en superficie, subió aproximadamente unos 0.6 °C.

109 Este ascenso no fue uniforme, ni en forma temporal ni espacial. El aumento se produjo en dos
110 períodos, 1910-1945 y 1978-1998. Entre estos dos períodos 1945-1978, la temperatura media
111 global de la superficie terrestre tendió a estabilizarse e incluso a tener una tendencia negativa.

112 Esta evolución desigual probablemente indique que han existido factores naturales, y no sólo
113 antrópicos, en las variaciones térmicas, especialmente durante el primer período de ascenso
114 (1910-1945), ya que en ese lapso las emisiones de CO2 y de otros gases invernadero eran todavía
115 muy escasas.

116 Las diferencias regionales en la evolución térmica son importantes. No hay que olvidar que
117 la temperatura media global es una media que suele contabilizar fenómenos simultáneos de
118 calentamiento en unas zonas y de enfriamiento en otras.

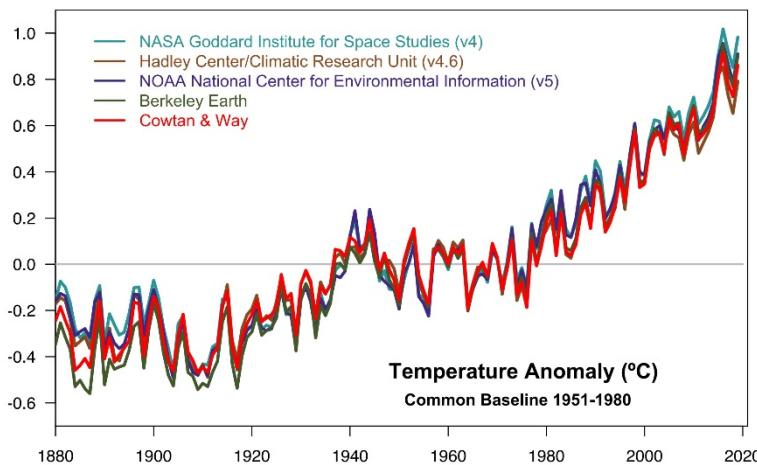


Figura 19: Anomalías de temperatura anuales desde 1880 hasta 2019, con respecto a la media de 1951-1980. Se ven pequeñas variaciones de un año a otro, pero los cinco registros de temperatura muestran picos y valles sincronizados entre sí. Todos indican un rápido calentamiento en las últimas décadas, y todos señalan que la última década ha sido la más cálida en el registro.
Fuente: <https://data.giss.nasa.gov/gistemp>

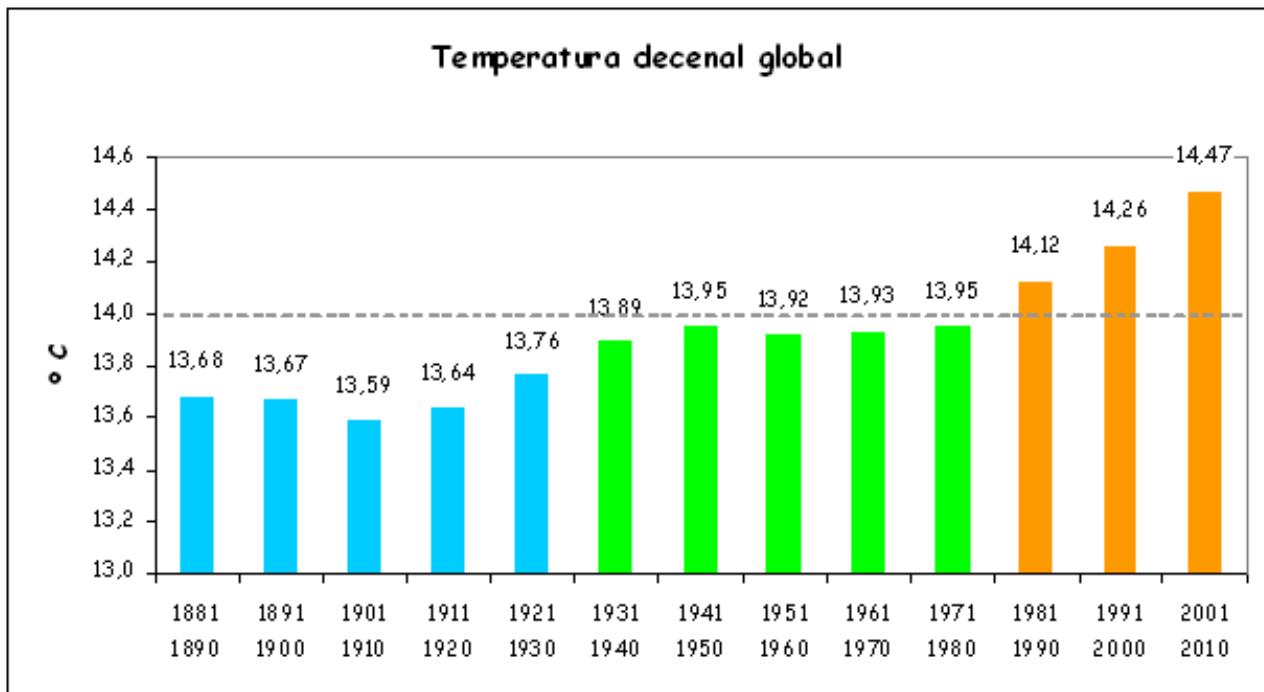


Figura 20: Temperatura por década obtenida combinando datos de temperatura del aire a nivel mundial sobre la superficie terrestre y la superficie del mar obtenidos a partir del promedio de 3 conjuntos de datos independientes (HadCRU, NOAA y NASA-GISS). La línea gris horizontal indica el valor medio a largo plazo para el período 1961-1990 (14 °C). Fuente: <http://4.bp.blogspot.com/-dcKGnsh-JfA/UdWpxu7qPKI/AAAAAAAFAJs/YWphQy2LAQQ/s1600/temperatures+per+decennies.gif>

119 Temperaturas diurnas y nocturnas

120 Otra de las características importantes de estos cambios es que, especialmente en el hemisferio
121 Norte, las temperaturas mínimas nocturnas han experimentado un ascenso de 0.8°C, que es
122 mucho mayor que el de las temperaturas máximas diurnas, que es de 0.2°C.

123 En el futuro, un calentamiento global que estuviese causado por el incremento de las tempe-
124 raturas mínimas nocturnas (sobre todo, invernales) podría ser considerado de consecuencias
125 benignas para la humanidad, e incluso beneficiosas.

126 Se ha comprobado estadísticamente que a lo largo del siglo XX en casi todo el mundo han
127 disminuido los días de helada y se considera como muy probable que las olas de frío hayan
128 también disminuido (Lockwood, 1998; Easterling, 2000).

129 La temperatura media global

130 Durante el siglo pasado la temperatura media mundial se incrementó casi 0.7 °C, y la magnitud
131 de este aumento no tiene precedentes por lo menos durante el ultimo milenio. La distribución
132 espacial de estos cambios no fue homogénea, sino que los mayores aumentos ocurrieron sobre
133 los continentes, especialmente en latitudes altas del HN.

134 La inhomogeneidad en los cambios de temperatura alteró los gradientes térmicos.

135 Alteración en la circulación general de la atmósfera y por lo tanto en los patrones de distribución
136 de las precipitaciones.

137 Efecto en las precipitaciones.

138 Se observa una preponderancia de los aumentos de precipitación sobre los continentes, prin-
139 cipalmente en latitudes medias y altas. Sin embargo, hay tendencias decrecientes en muchas
140 zonas desérticas, incrementando aún más el contraste regional. Por ejemplo al sur de Sudamé-
141 rica, donde la cordillera de los Andes divide dos regiones fuertemente contrastantes, se observa
142 un aumento de un 25 % en las precipitaciones al este y una disminución del 50 % al oeste (Serio,
143 2006).

144 Cambios en las precipitaciones

145 Por cada grado centígrado que sube la temperatura, la capacidad de contener vapor de agua en
146 la atmósfera se incrementa en un 7 %. Esto produce mayor contenido de agua en la atmósfera.
147 Hace que las tormentas sean mas intensas. Aun cuando la precipitación total está disminuyendo.

148 Cambios Relevantes para la Región.

149 Del análisis de datos de prec. y temp. máximas y mínimas surge que el SE de América de Sur
150 es una de las regiones del mundo en donde la tendencia de lluvia caída en la ultima centuria es
151 mayor.

152 En Argentina en los últimos 40 años la precipitación anual se incrementó entre un 10 % y un
153 40 %, según la región.

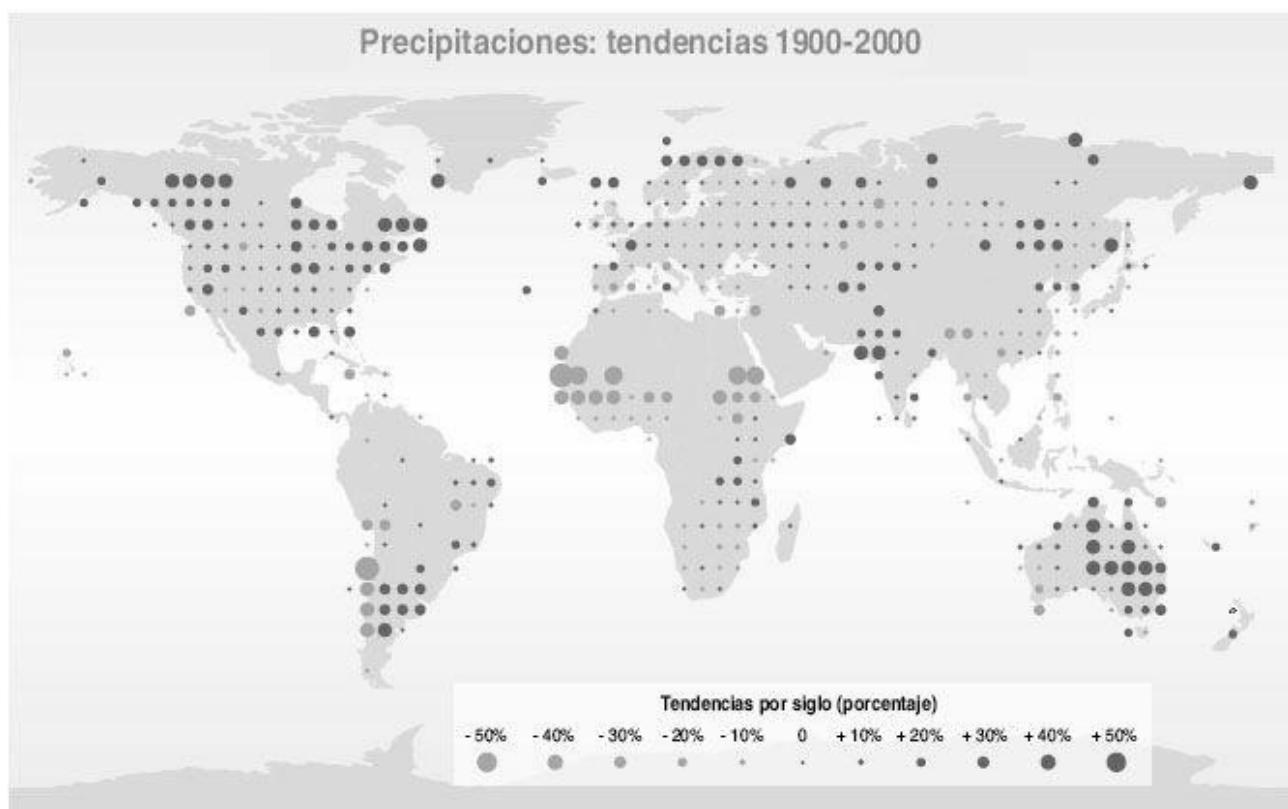


Figura 21: Tendencias porcentuales de las precipitaciones anuales durante el siglo XX. Gris claro corresponden a disminuciones y gris oscuro a aumentos. El área de los círculos se relaciona con la magnitud de la tendencia. (Fuente: IPCC, 2003).

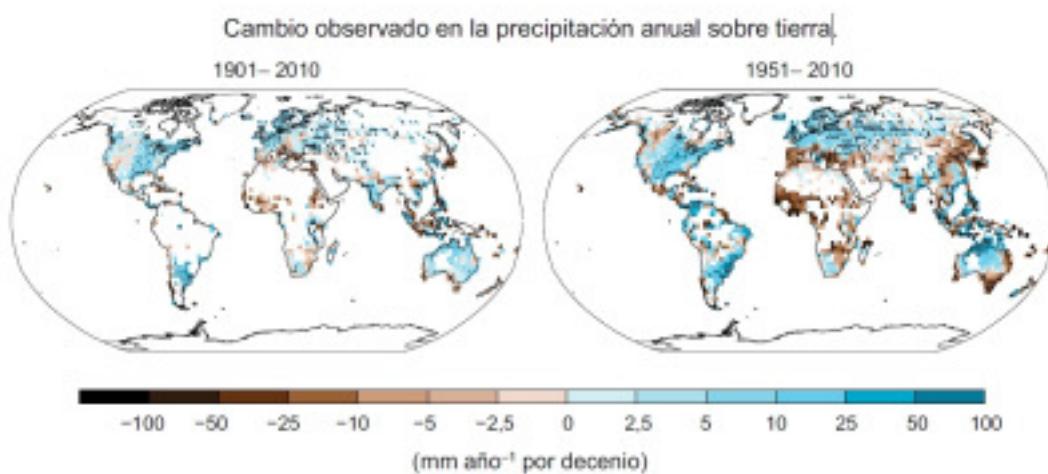


Figura 22: Cambios observados en la precipitación, entre 1901 y 2010, y entre 1951 y 2010 (IPCC, 2014). Fuente: http://40.media.tumblr.com/7159552d47859adcd31aeb36e8d065a6/tumblr_npssm2Ed8G1qb9oj8o1_400.jpg

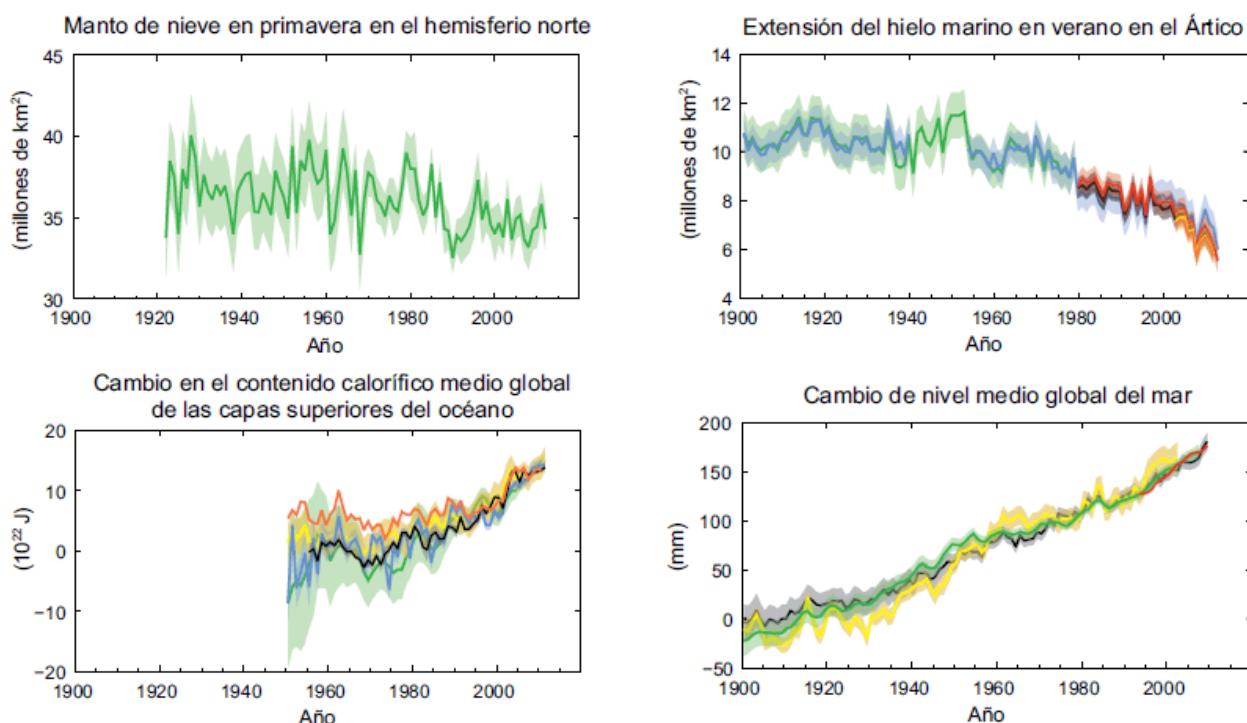


Figura 23: Otros indicadores del cambio climático

154 También han ocurrido algunas fluctuaciones del clima cuya relación con el cambio climático
 155 global no siempre es directa. La temperatura media anual aumentó en casi todo el país, aunque
 156 no de manera homogénea. El aumento fue de 0,2 °C en promedio en el Norte y de alrededor de
 157 1 °C en la Patagonia (Hoffmann et al., 1997).

158 En general, las precipitaciones aumentaron en la franja central y este (Castañeda y Barros,
 159 y disminuyeron sobre y al oeste de la cordillera.

160 Los cambios en la precipitación y la temperatura son más evidentes durante los meses de verano
 161 y primavera. Durante el verano y la primavera la precipitación aumentó, la temperatura máxima
 162 disminuyó y la mínima aumentó.

163 Dada la extensión de la Argentina y la variedad de su clima, el cambio climático incidirá en
 164 forma diferente en las distintas regiones del país .

165 La región andina subtropical es la que mayores cambios de temperatura ha registrado desde 1960
 166 y sobre la que se proyecta el mayor calentamiento durante el resto del siglo, lo que conducirá a
 167 un escenario de creciente estrés hídrico, y la probable extinción local de algunas de las especies
 168 menos tolerantes a estas nuevas condiciones.

169 En la región pampeana, que es la de mayor importancia en la agricultura nacional, los mode-
 170 los de productividad indican que en el futuro cercano y considerando el efecto del CO₂, los
 171 rendimientos medios de soja y maíz aumentarían en forma considerable y moderada respectiva-
 172 mente, mientras que el cultivo de trigo sufriría leves reducciones con diferencias geográficas; las
 173 pérdidas de productividad de este cereal serán importantes en Córdoba y Santa Fe, mientras
 174 que el Sur y Oeste de la provincia de Buenos Aires y la zona productiva de La Pampa se verían
 175 beneficiados.

176 Los humedales alto andino y de la Puna tenderían a la reducción de sus áreas totales, afectando

- ¹⁷⁷ a los animales que dependen de estos hábitats, como las aves acuáticas y los grandes herbívoros.
- ¹⁷⁸ En la Patagonia, la tendencia hacia mayores temperaturas y precipitaciones menores, aun en
¹⁷⁹ el caso de reducciones pequeñas, configura una tendencia hacia mayor aridez.
- ¹⁸⁰ La tendencia a la recesión de los glaciares continuaría durante este siglo, de acuerdo con las
¹⁸¹ proyecciones de aumento de temperatura en todos los escenarios de concentración de GEI.



Figura 24: Diferencias evidentes en el manto de nieve en la patagonia.

- ¹⁸² Los modelos de producción ganadera proyectan para fin de siglo reducciones de la producción
¹⁸³ de carne bovina en el Norte de la región Pampeana, estabilidad en el centro de la región y
¹⁸⁴ aumentos en la zona oeste.
- ¹⁸⁵ Estos cambios se producirían principalmente por el efecto de los cambios del clima en la pro-
¹⁸⁶ducción de forraje. Otro cambio importante sería el desplazamiento geográfico de las zonas
¹⁸⁷ ganaderas.



Figura 25: Existen numerosos Estudios sobre el efecto y la mitigación del cambio climático en la agricultura, Fuentes: <https://ced.agro.uba.ar/ubatic/?q=node/79>

- ¹⁸⁸ La región ganadera de clima templado, ubicada al sur de la isoterma de 26°C durante el mes

189 más cálido, se reduciría paulatinamente, a medida que avanzan las condiciones más cálidas,
 190 ocupando a fines del siglo, solo el centro- sur y centro-oeste de la provincia de Buenos Aires y
 191 el centro de La Pampa.

192 La región de ganadería tropical, ubicada al N de la isoterma de 26°C durante el mes más cálido,
 193 se desplazaría paulatinamente hacia el E en su límite N y hacia el SO en su zona S y media.

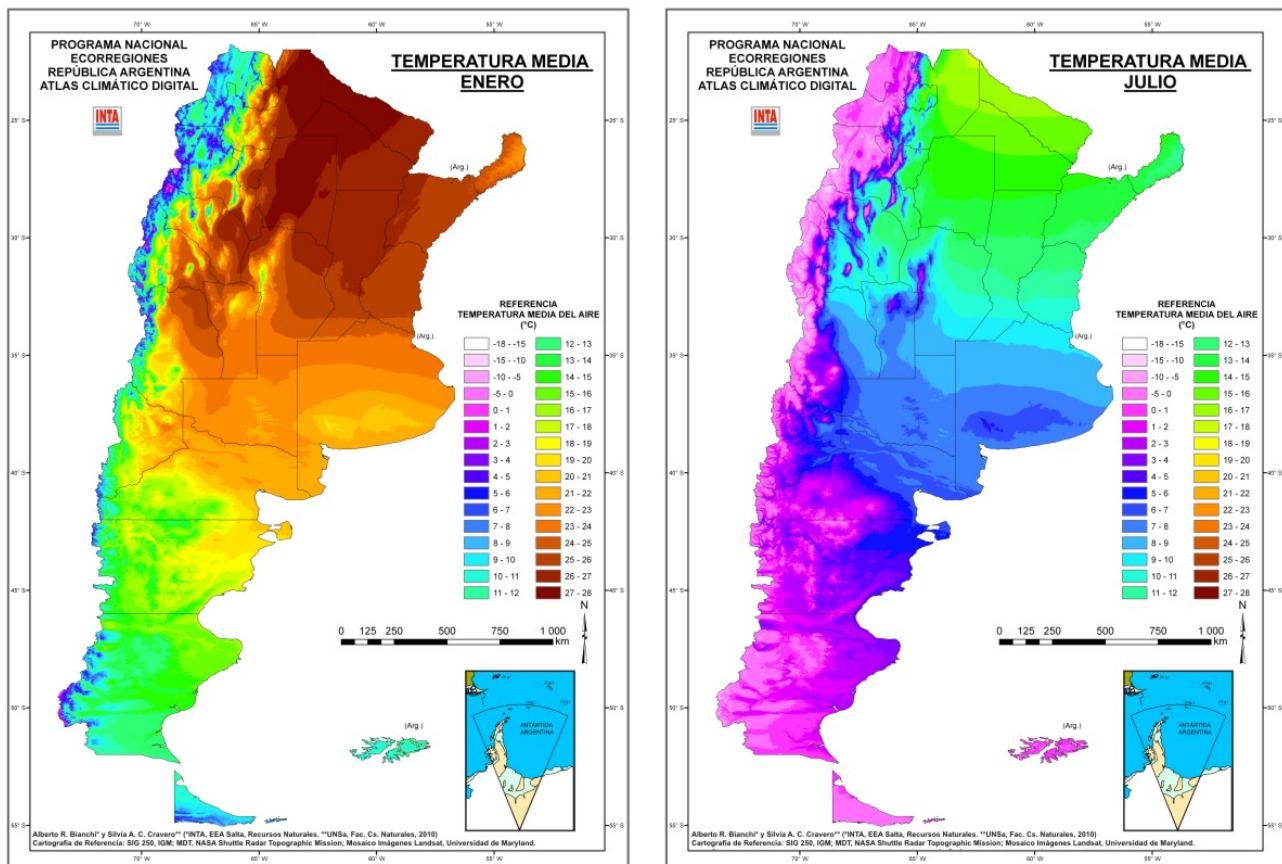


Figura 26: Temperaturas medias de referencia en la argentina. Fuente: INTA <https://inta.gob.ar/documentos/atlas-climatico-digital-de-la-republica-argentina>

194 Nivel del mar

195 Uno de los impactos más importante del cambio climático en este siglo es la elevación del nivel
 196 del mar. Tanto a nivel global como regional se ha detectado un incremento relativo que varía
 197 según la zona analizada.

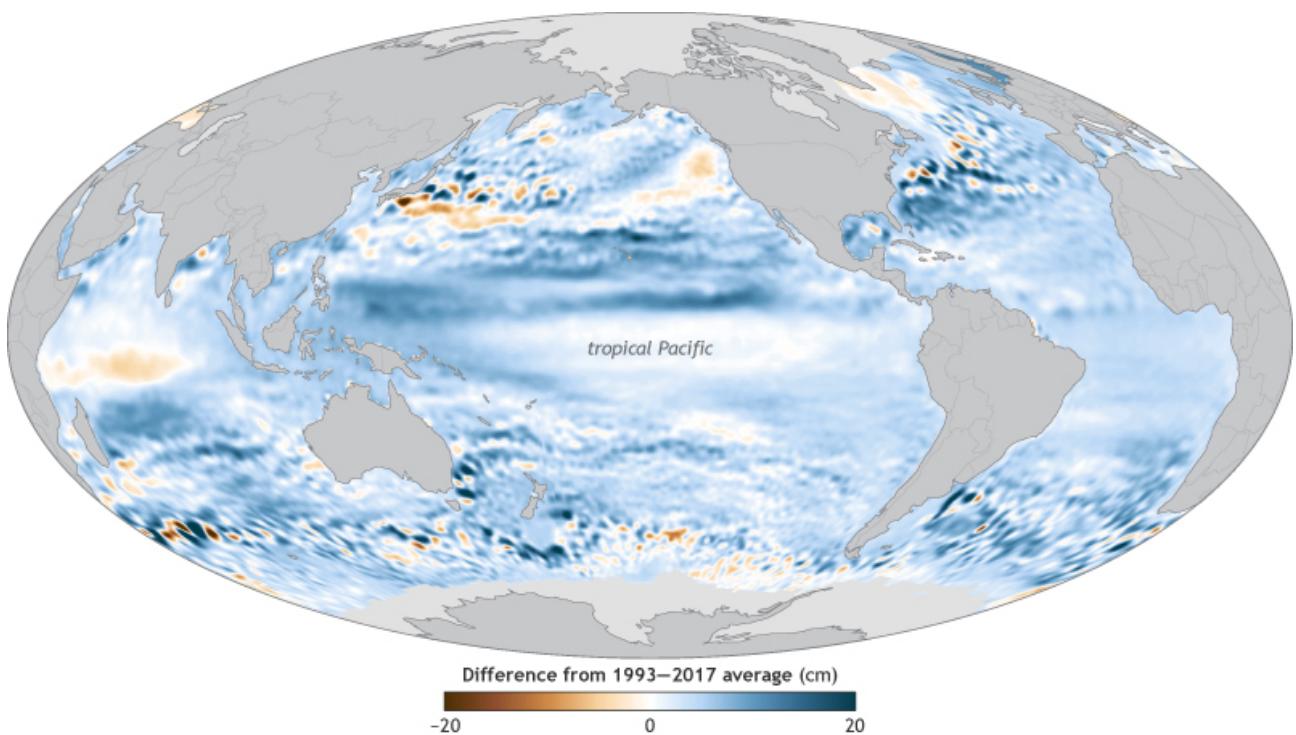


Figura 27: Mapa de nivel medio del mar para 2017 respecto del promedio 1993-2017. Fuente: NOAA Climate.gov map, adapted from Figure 3.16a in "State of the Climate in 2017"

El nivel medio del mar se puede calcular a partir de registros de estaciones mareográficas, realizando la media aritmética de niveles horarios de marea (o alturas equiespaciadas con un intervalo menor) durante un período de tiempo adecuado, lo suficientemente largo para eliminar la influencia de la marea.

La evolución del nivel medio ha sido estudiada en las últimas dos décadas del siglo XX a escala global y regional no siendo todas las regiones afectadas de la misma forma.

198

Los modelos climáticos, los datos satelitales y las observaciones mareográficas muestran que el nivel del mar no sube uniformemente en todo el mundo, siendo en algunas regiones, las tasas muy superiores al promedio mundial, mientras que en otras regiones el nivel del mar disminuye (IPCC, 2014).

IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Informe de síntesis.

Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

199

El quinto reporte del IPCC (AR5) determinó que más del 90 % de la energía térmica extra en el sistema climático es absorbida y retenida en el océano. Como resultado, el océano global se calienta y se vuelve más ácido (debido a la retención de CO₂ y al aumento de temperatura del océano). Otra cosa para destacar es que existen evidencias de que el océano está perdiendo oxígeno (Oschlies et al., 2018).

204

El nivel del mar ha ido subiendo en el último siglo, y la tasa ha aumentado en las últimas décadas. Desde 1993, las mediciones altimétrica permitieron analizar la evolución del nivel del

206 mar a escala espacial y temporal.

Período	Tendencia
1901 - 1990	2,1 mm/año
1970 - 2015	3,2 mm/año
2005 - 2015	3,6 mm/año

207 En el período 1901 - 2010, el nivel medio del mar a escala global aumentó 0,19 [0,17 a 0,21] m.

208 Existen dos mecanismos principales que contribuyen al ascenso del nivel del mar.

- 209 ■ la dilatación térmica: el agua del océano se expande al calentarse.
210 ■ la fusión de los grandes depósitos de hielo terrestre, como los casquetes de hielo y glaciares.

211 Tanto a nivel global como regional, se ha detectado un incremento del NM que varía según la
212 zona analizada. Cada región del planeta presenta tendencias originadas por efectos climáticos,
213 oceánicos y geológicos.

214 El nivel relativo del mar se define como el nivel del mar que se observa con respecto a un marco
215 de referencia ubicado en tierra.

216 Si se considera el período correspondiente a las mediciones altimétrica registradas durante
217 1993-2016, el nivel medio del mar a escala global ha aumentado a un ritmo de 3,3 mm/año.

218 Para comprender la configuración actual de las costas y la plataforma continental debemos
219 conocer las causas que originan las variaciones.

220 Básicamente las variaciones relativas del nivel del mar del orden de decenas de metros se deben
221 a:

- 222 ■ Variaciones en el volumen del agua
223 ■ Variaciones verticales de las placas

224 Variaciones del NMM asociadas a las glaciaciones

225 Durante el último medio millón de años el NMM del mar experimentó ascensos y descensos
226 debido al retroceso o avance de los glaciares.

227 Una Glaciación es un período de larga duración en el que las temperaturas globales de la tierra
228 descienden de forma generalizada, como resultado de este proceso el hielo de los casquetes
229 polares se extiende hasta cubrir grandes áreas continentales.

230 El Glaciar Viedma es un ejemplo representativo de lo que está sucediendo en todos los glaciares
231 del Sur. Segundo estimaciones hechas el Glaciar Viedma perdió aproximadamente 50 m en altura
232 y retrocedió 1 km en los últimos 70 años.

233 Las proyecciones de la temperatura para este siglo hacen prever que la actual tendencia rece-
234 siva de los glaciares de la región continuará, en forma acelerada, acompañando las tendencias
235 térmicas.

236 Casi todos los glaciares de los Andes Patagónicos han estado retrocediendo durante las últimas
237 décadas debido al aumento de la temperatura y en algunas zonas por la menor precipitación.

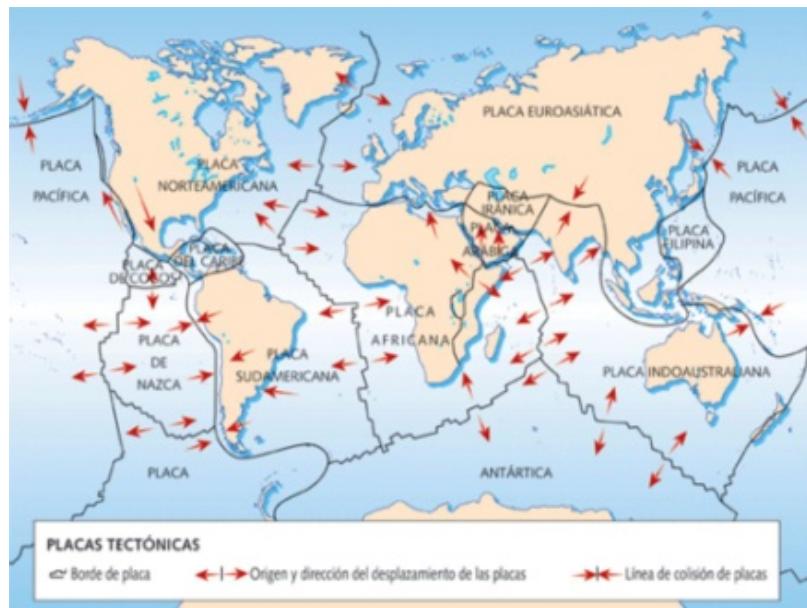


Figura 28: El movimiento de las placas tectónicas también se da en la componente altura, en el proceso conocido como Isostasia.

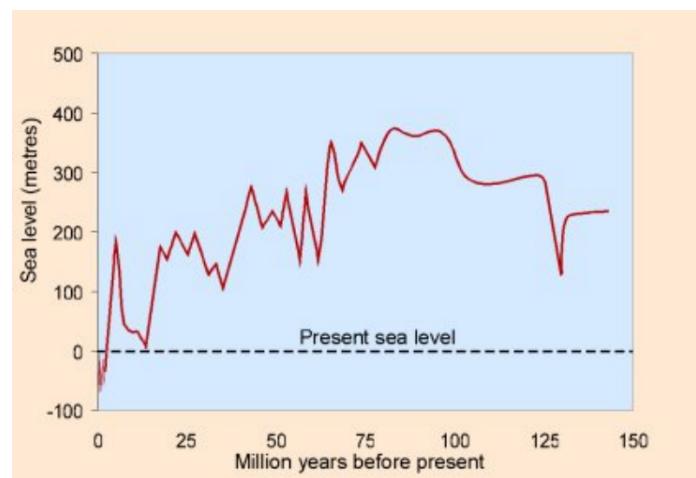


Figura 29: Estimación de Niveles del mar global durante los últimos 150 millones de años

238 El Glaciar Upsala retrocedió 13,4 km en un acelerado proceso de pérdida de hielo ocurrido
239 entre los años 1997 y 2003.

240 El Glaciar Upsala tiene una sup. aproximada de 870 km², una longitud de 60 km y un ancho
241 promedio de 10 km. El frente del Glaciar Upsala, al igual que el frente del Perito Moreno,
242 desemboca en el Lago Argentino.

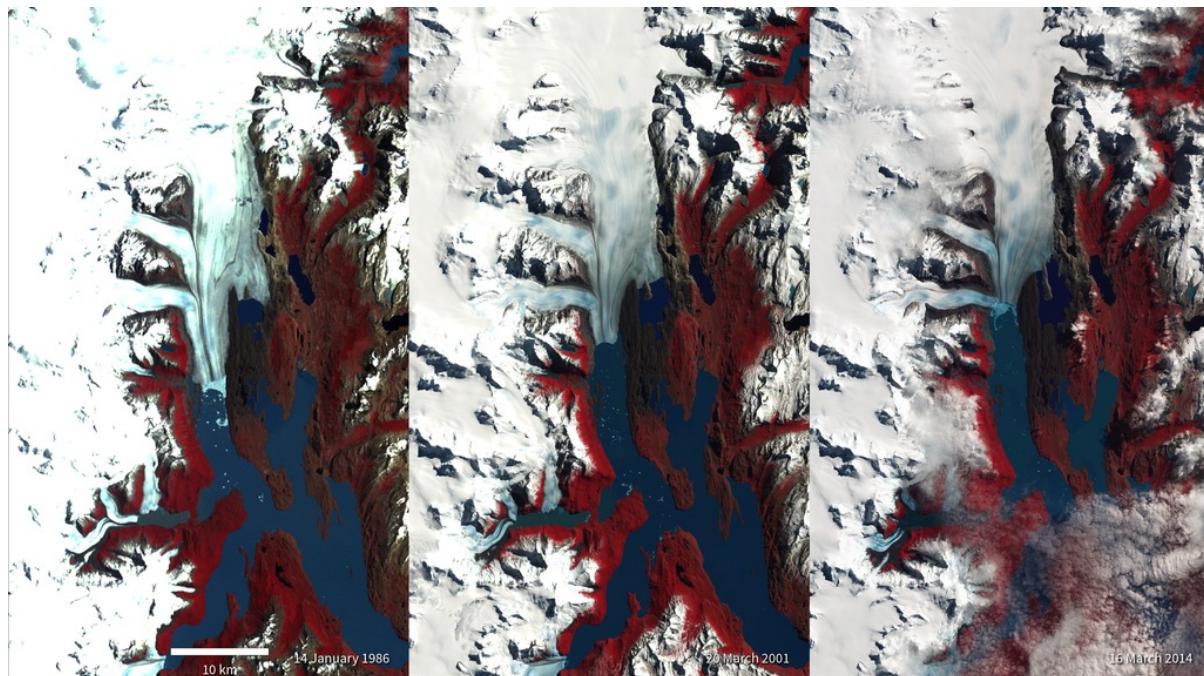


Figura 30: Glacial Upsala, Comparativa 1986-2001-2014. Fuente NASA: <https://svs.gsfc.nasa.gov/30549>

243 Las áreas costeras caracterizadas por poseer una rica diversidad de ecosistemas y por tener
244 grandes concentraciones de población serán las más vulnerables al ascenso del nivel del mar,
245 siendo las más bajas las más desprotegidas.

246 ¿Por qué es importante estudiar el Nivel Medio del Mar? La población mundial se distribuye
247 de manera desigual

248 Los cambios del nivel del mar tienen aparejados impactos en las ciudades balnearias tanto en
249 bienes privados (viviendas) o públicos (infraestructura), como, por ejemplo, eventuales aumen-
250 tos de la altura de las olas (Dragani y coautores, 2010).

251 Podrían verse afectadas algunas de las planicies de marea en la costa al sur de Bahía Blanca,
252 como Bahía Anegada y Bahía San Blas y la zona sur de la Bahía Samborombón de gran riqueza
253 en su biodiversidad.

254 En la costa marítima, las playas acotadas por acantilados o por asentamientos urbanos y fo-
255 restación, podrían perder su extensión gradualmente, e incluso desaparecer, afectando su valor
256 turístico.

257 El aumento del nivel medio del mar tiene impacto directo sobre los sistemas costeros debido
258 a que son afectados por una mayor frecuencia de inundaciones, procesos erosivos, pérdida de
259 humedales, intrusión de agua salada, etc.



Figura 31: Distribución de la población a nivel global, nótese la concentración en áreas costeras.



Figura 32: Erosión Costera en Mar del Tuyú, Pcia. de Bs. As.



Figura 33: Erosión costera en Las Toninas, Pcia. de Bs. As.



Figura 34: Planicies de marea en la costa bonaerense.



Figura 35: Zona de humedales

260 Se espera que el calentamiento global continúe en el futuro (incluso más allá del siglo 21) por
261 lo que todos estos cambios continuarán, en conjunto con una mayor recurrencia de fenómenos
262 climáticos extremos.

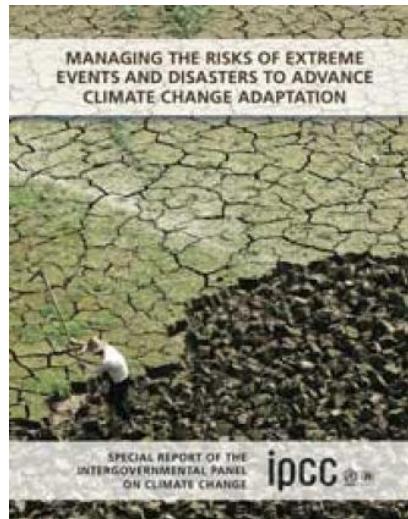


Figura 36: El IPCC lanzó reportes para adelantarse al manejo de eventos extremos del clima exacerbados por el cambio climático. Fuente: <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation/>

263 Las regiones de arrecifes de corales han sido afectadas por un proceso llamado blanqueo o
264 decoloración.

265 El incremento en la temperatura de los océanos se considera la causa más probable. Al estar
266 más caliente el mar las algas, que viven de forma simbiótica con el coral, abandonan al coral que
267 las acoge. Las algas proporcionan nutrientes y color para el coral. Sin ellas, el coral se blanquea
268 o decolora.

269 El IPCC para correr sus modelos numéricos necesita establecer distintos escenarios futuros. Los
270 escenarios son descripciones coherentes y consistentes de cómo el sistema climático de la Tierra
271 puede cambiar en el futuro.

272 Existen escenarios que son derivados de las posibles emisiones futuras de gases de efecto inver-



Figura 37: Decoloración en los arrecifes.

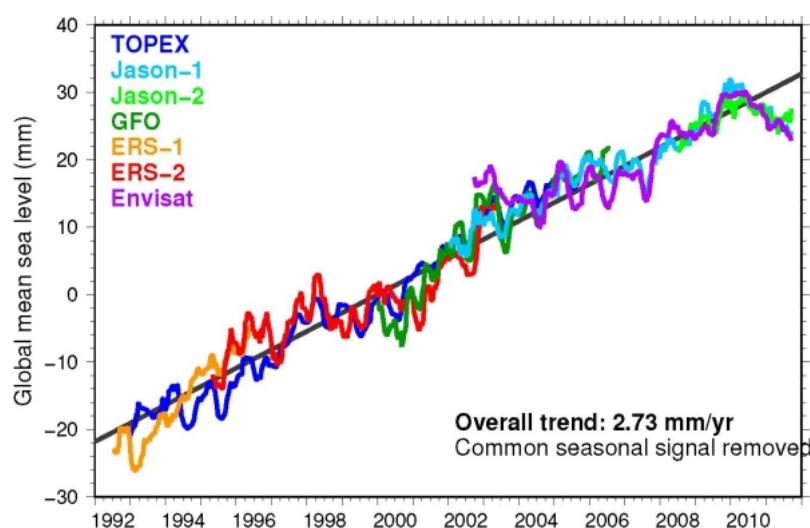


Figura 38: Tendencias del Nivel del Mar (NM), medidas por sistemas satelitales, Fuente: IPCC, 2014

273 nadero, los cuales se utilizan en modelos numéricos para el cálculo de proyecciones climáticas.
 274 Cualquier descripción posible del clima futuro dependerá de las hipótesis planteadas sobre las
 275 emisiones futuras de los gases de invernadero y otros agentes contaminantes.

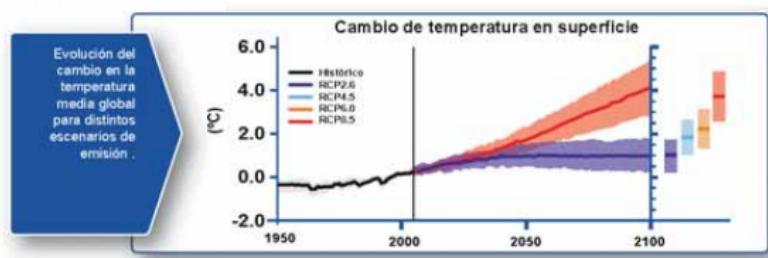
276 Escenarios climáticos

277 RCP: Representation Concentration Pathways

278 La temperatura media aumentaría en todo el país durante este siglo, tanto en un escenario
 279 de aumento de las concentraciones de GEI moderado (RCP4.5) como de aumento extremo
 280 (RCP8.5).

	Forzamiento	Tendencia del forzamiento	[CO ₂] en 2100
RCP2.6	2,6 W m ⁻²	decreciente en 2100	421 ppm
RCP4.5	4,5 W m ⁻²	estable en 2100	538 ppm
RCP6.0	6,0 W m ⁻²	creciente	670 ppm
RCP8.5	8,5 W m ⁻²	creciente	936 ppm

Figura 39: Escenarios climáticos posibles según IPCC



281 Basada en las proyecciones de temperatura realizadas por el IPCC para diferentes escenarios.
 282 Todas las proyecciones son mayores que las estimadas para el 2100 en el AR4.
 283 Fuente: Rodriguez Camino (2009).

284 Cálculo de tendencias del Nivel del Mar en la costa Argentina

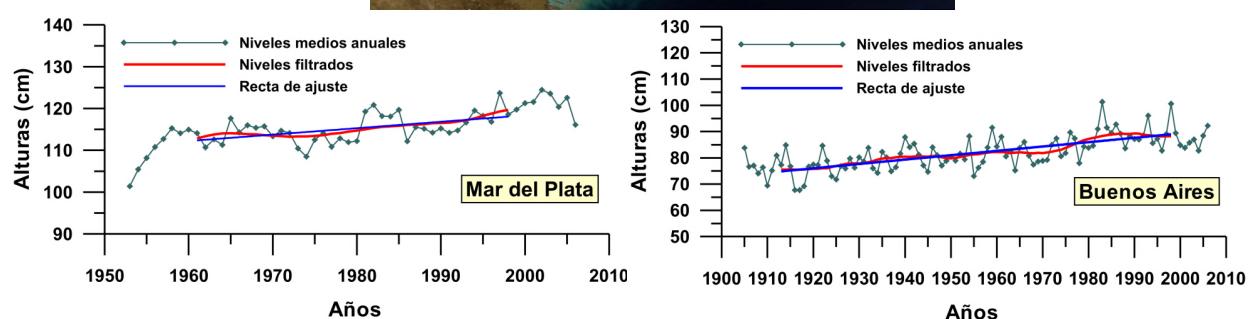


Figura 41: Tendencia en Buenos Aires $1,53 \pm 0,11$ mm/año

Figura 42: Tendencia en Buenos Aires $1,67 \pm 0,05$ mm/año

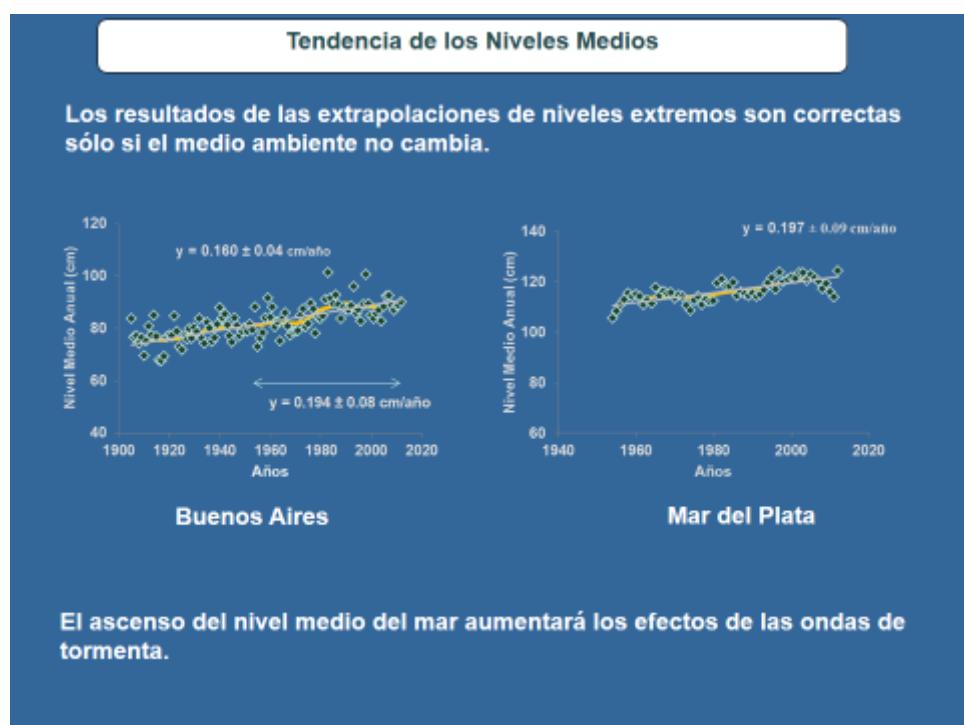


Figura 43: Otras Tendencias: Quequén: $+1,6 \pm 0,2$ mm / año, Puerto Madryn: $+3,5 \pm 0,1$ mm / año

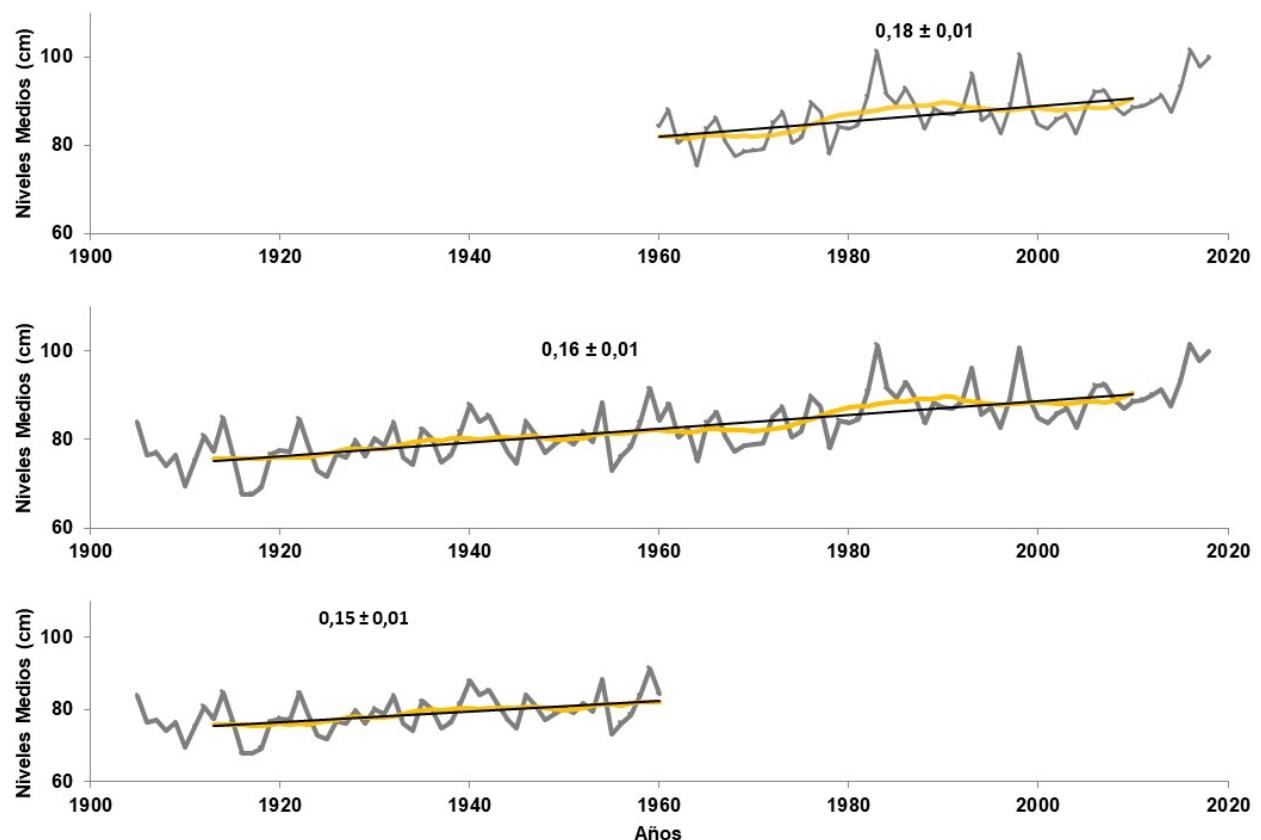


Figura 44: Bs. As., Tendencia del nivel del Río de la Plata