

El actual cambio climático: una visión holística de la crisis climática

José María Baldasano Recio



Reial Acadèmia Europea de Doctors
Real Academia Europea de Doctores
Royal European Academy of Doctors

BARCELONA - 1914



JOSÉ M. BALDASANO RECIO (Madrid, 1950), Doctor (1983) en Ciencias Químicas por la Universidad de Barcelona, Ingeniero Químico (1976) del Institut National Polytechnique de Toulouse (Francia) y Master on Science en Ingeniería Química (1979) por la Universidad de Sherbrooke (Canadá).

Catedrático de Ingeniería Ambiental en la Universidad Politécnica de Cataluña. Director del dpto. de Proyectos de Ingeniería de la UPC: 2001-2005, director del Instituto de Petrolquímica Aplicada: 1988-1991, y del Instituto de Tecnología y Modelización Ambiental: 1992-1997. Fundó y dirigió el programa de doctorado en Ingeniería Ambiental: 1986-2006 (primero en España). Fundó y co-dirigió el Master en Ingeniería Ambiental: 2006-2011. Sus actividades de I+D están centradas en la modelización de la calidad del aire, cambio climático, residuos y estudios de impacto ambiental. Fundador y director del dpto. de Ciencias de la Tierra del Barcelona Supercomputing Center: 2005-2014.

Responsable del desarrollo legislativo sobre residuos industriales en la Generalitat de Cataluña: 1981-1984, presidente del Consejo Asesor para la Gestión de los Residuos Industriales: 1991-1995, asesor de la Agencia Catalana de Residuos: 2004-2010; y desde 2011 asesor del Consejo de Expertos de Calidad del Aire. Miembro del Consejo Asesor del Ministerio de Medio Ambiente: 1994-1997. Presidente de ADECAGUA: 1989-1991. Miembro del Working Group on Hazardous Wastes de la ISWA. Consultor del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y del Banco Mundial. Miembro del Steering Group on Air Quality de la UE. Miembro del Scientific Steering Committee de PRACE HPC: 2010-2012 Experto del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Ha dirigido 33 tesis doctorales. Autor de 382 artículos, 445 comunicaciones, 241 ponencias, 102 conferencias, y co-editor y autor de 24 libros. Co-presidente de 5 conferencias internacionales. Consultor de más de 90 empresas y administraciones.

Premio Rey Jaime I de Medio Ambiente 1997, y Diploma del IPCC por el NOBEL PEACE PRIZE 2007.

El actual cambio climático: una visión holística de la crisis climática

Excmo. Sr. Dr. José M^a Baldasano Recio

El actual cambio climático: una visión holística de la crisis climática

Discurso de ingreso en la Real Academia Europea de Doctores, como Académico
Numerario, en el acto de su recepción el 16 de julio de 2019
por

Excmo. Sr. Dr. José María Baldasano Recio
Doctor en Ciencias Químicas

Y contestación del Académico de Número

Excmo. Sr. Dr. José Maria Gay de Liébana Saludas
Doctor en Económicas y Derecho

COLECCIÓN REAL ACADEMIA EUROPEA DE DOCTORES



Reial Acadèmia Europea de Doctors
Real Academia Europea de Doctores
Royal European Academy of Doctors

BARCELONA · 1914

www.raed.academy

© José María Baldasano Recio
© Real Academia Europea de Doctores.

La Real Academia Europea de Doctores, respetando como criterio de autor las opiniones expuestas en sus publicaciones, no se hace ni responsable ni solidaria.

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del “Copyright”, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamos públicos.

Producción Gráfica: Ediciones Gráficas Rey, S.L.

Impreso en papel offset blanco Superior por la Real Academia Europea de Doctores.

ISBN: 978-84-09-13018-4

Depósito Legal: B-18439-2019

Impreso en España –Printed in Spain- Barcelona

Fecha de publicación: julio 2019

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	13
INTRODUCCIÓN	17
EL ACTUAL CAMBIO CLIMÁTICO, COMO DEFINE NUESTRO FUTURO	20
INTRODUCCIÓN AL ACTUAL CAMBIO CLIMÁTICO	33
1. ¿Cómo sabemos que la Tierra se está calentando?	33
2. ¿En qué se diferencia el actual cambio climático de cambios en el pasado? ..	35
3. ¿Cuál es la diferencia entre el calentamiento global y el actual cambio climático?	38
LA CIENCIA DEL CLIMA	41
4. ¿Qué es el efecto invernadero y que gases lo provocan?	41
5. ¿Por qué las actividades humanas son la causa principal del actual cambio climático?	43
6. ¿Qué papel juega el vapor de agua?	45
7. ¿Cómo se relacionan El Niño y la variabilidad climática con el actual cambio climático?	47
PROYECCIONES CLIMÁTICAS	49
8. ¿Qué métodos se utilizan para registrar las temperaturas y medir los cambios en el clima?	49
9. ¿Hubo predicciones de enfriamiento global en la década de 1970?	51
10. ¿Cómo se proyecta que los patrones de temperatura y precipitación cambien en el futuro?	52
11. ¿Cómo modelizan los ordenadores el clima de la Tierra?	54
12. ¿Se pueden proyectar los efectos del actual cambio climático a una escala regional?	57
13. ¿Cuáles son las incertidumbres clave a la hora de proyectar el actual cambio climático?	59
14. ¿Se está calentando la Tierra en todas partes a igual velocidad?	61
15. ¿Qué se quiere decir con el «año más cálido registrado»?	64

16. ¿En qué se diferencian las proyecciones climáticas de las predicciones meteorológicas?	65
CLIMA, TIEMPO Y EVENTOS EXTREMOS	67
17. ¿Hubo un «hiato» –una interrupción- en el calentamiento global?	67
18. ¿Qué es un evento extremo?.....	68
19. ¿Ha habido cambios en los fenómenos meteorológicos extremos?	72
20. ¿Se pueden atribuir los eventos climáticos específicos relacionados con el clima al actual cambio climático?	74
21. ¿Podría el actual cambio climático empeorar los ciclones?	75
EFFECTOS AMBIENTALES	79
22. ¿Qué causa el aumento del nivel del mar y cómo afectará a las áreas costeras?	79
23. ¿Cómo afecta el calentamiento global a la cubierta de hielo marino Ártico? .	82
24. ¿La Antártida está perdiendo hielo? ¿Qué pasa con Groenlandia?.....	84
25. ¿Cuál es la respuesta de los lagos helados de agua dulce?	86
26. ¿Cómo afecta a los glaciares?.....	88
27. ¿Cómo se ven afectados los océanos?	91
28. ¿Qué es la acidificación de los océanos y cómo afecta a la vida marina? .	94
29. ¿Cómo afectan las concentraciones de CO ₂ y los efectos del actual cambio climático a las comunidades de plantas y cultivos?.....	95
30. ¿Está afectando a los incendios forestales?	97
31. ¿Aumenta la propagación de mosquitos?.....	99
EFFECTOS SOCIALES	101
32. ¿Cómo está afectando el actual cambio climático a la sociedad?	101
33. ¿Cuál es el coste social del carbono?	103
34. ¿Qué son la mitigación, adaptación y resiliencia del cambio climático? .	104
35. ¿Es importante el tiempo para la mitigación del clima?	107
36. ¿Hay beneficios con el actual cambio climático?	109
37. ¿Son algunas personas más vulnerables que otras?	110
38. ¿Cómo impactará en la productividad económica?	113
39. ¿Podemos frenar el actual cambio climático?.....	114

40. ¿Se puede utilizar la geoingeniería para eliminar el CO ₂ de la atmósfera o revertir el calentamiento global?	115
DE LA CIENCIA A LA POLÍTICA	119
41. ¿Qué es el Panel Intergubernamental sobre el cambio climático?.....	119
42. ¿Qué es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático?	121
43. ¿Qué significa e implica el Protocolo de Kioto?	123
44. ¿Qué representa el Acuerdo de París?	127
45. ¿Y si aumenta la temperatura 2 °C?.....	131
BIBLIOGRAFÍA.....	135
DISCURSO DE CONTESTACIÓN.....	147
Publicaciones de la Real Academia Europea de Doctores	161



LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Este gráfico muestra las concentraciones de CO₂ en la atmósfera durante los últimos 800,000 años, de acuerdo a los registros en los núcleos de hielo de la Antártida, completadas con las mediciones instrumentales actuales. Las concentraciones actuales de CO₂ son mucho más altas que cualquier nivel observado en los últimos 800,000 años (fuente: NASA). **Pag 36.**

Figura 4.1 El Calentamiento Global es debido a un forzamiento humano del efecto invernadero natural. **Pag 42.**

Figura 5.1 La tendencia del calentamiento global observada durante los últimos ciento cuarenta años solo puede explicarse por el efecto que las actividades humanas han tenido en el clima (fuente: NASA GISS). **Pag 45.**

Figura 7.1 Los eventos de El Niño y La Niña crean diferentes patrones climáticos con efectos globales y sin un patrón temporal predeterminado (fuente: NOAA Climate). **Pag 38.**

Figura 8.1 Todas las diferentes series de datos indican que la temperatura promedio global de la superficie de la Tierra se ha estado calentando desde principios del siglo XX. **Pag 51.**

Figura 10.1 Cambios observados y proyectados en la temperatura promedio global del aire en superficie (EC-Earth consortium meeting, Reading, May 21-23, 2019). **Pag 54.**

Figura 11.1 Diagrama de evolución con modelos climáticos globales/regionales con respecto a su resolución espacial en el tiempo (ENES 2012). **Pag 57.**

Figura 12.1 Proyección regional de la anomalía ΔT (°C) de la Temperatura Media Anual 1971-2050 con una tendencia lineal positiva media de 1,2 °C y de la anomalía ΔP (%) de la Precipitación Media Anual 1971-2050 con una tendencia lineal negativa del 7,5%, en 50 años para Cataluña. **Pag 58.**

Figura 13.1 Contribuciones relativas de tres fuentes de incertidumbre en proyecciones de clima modelo de temperatura media global de la superficie (Hawkins and Sutton, 2009). **Pag. 60.**

Figura 14.1 Tendencia de temperatura período 2000–2009. La zona Ártica se está calentando más rápidamente que el resto del planeta (fuente: NASA GISS). **Pag 62.**

Figura 18.1 Episodios de Ola de Calor en España desde 1975 (AEMET, 2018). **Pag 71.**

Figura 21.1 Recorrido de los ciclones tropicales (fuente: WMO). **Pag 76.**

Figura 23.1 Cambios observados y proyectados en la extensión del hielo en el Ártico: máximo y mínimo anual (EC-Earth consortium meeting, Reading, May 21-23, 2019). **Pag 84.**

Figura 24.1 Mediciones satelitales del cambio en la masa de hielo hasta agosto de 2016 en comparación con abril de 2002. Tanto Groenlandia como la Antártida están perdiendo hielo a medida que la atmósfera y los océanos se calientan (fuente Wouters et al., 2013). **Pag 85.**

Figura 26.1 Pérdida de masa de hielo de los glaciares a nivel mundial (fuente: Zemp, M. et al., 2019). **Pag.91.**

Figura 28.1 Se muestran los cambios proyectados en el pH de la superficie del mar en 2090–2099 en relación con 1990–1999 en el escenario de emisiones más alto (RCP8.5). Todos los océanos aumentan su acidez, y se prevé que los aumentos en el Océano Ártico se vuelvan los más pronunciados (fuente: Bopp et al., 2013). **Pag 95.**

Figura 34.1 Cadena de evaluación e intervención entre mitigación y adaptación (fuente: IPCC AR4). **Pag 105.**

Figura 34.2 Gráfico que ilustra el concepto de resiliencia. **Pag 107.**

Figura 37.1 Migraciones ambientales debidas al actual cambio climático (ONU). **Pag 112.**

Figura 42.1 Marco institucional entre el IPCC y la CMNUCC (fuente: UN-FCCC). **Pag 122.**

❖ PRESENTACIÓN

Excelentísimo Presidente de la Real Academia Europea de Doctores, Excelentísimos Académicos, querida familia, estimados y apreciados amigos.

Señalar muy especialmente que es un gran honor poder hacer ante Vds. este Discurso de Ingreso a Real Academia Europea de Doctores y que obviamente tiene mi profundo agradecimiento por el reconocimiento académico que ello significa y a la vez una alta carga emotiva.

Quiero empezarlo haciendo un breve resumen de mi trayectoria de formación académica, por lo que ello significa de esfuerzo, pero especialmente para reconocer de forma especial el largo camino y los recursos individuales y públicos que implica la formación intelectual de una persona, hecho no siempre bien reconocido y suficientemente valorado.

Me acuerdo del colegio de párvulos en Palma de Mallorca al pie del castillo de Bellver (1955); pero especialmente del colegio La Inmaculada de los HH Maristas en el Pº San Juan de Barcelona donde realice el Bachillerato (1958-1965); de la academia Granes donde curse el Preuniversitario (1966) ya combinándolo con mi primer puesto de trabajo; de mi particular paso de un año por el Instituto Químico de Sarria gracias a la beca que consiguió mi madre (1967); del día que me matricule en Ciencias Químicas en el antiguo edificio de la Universidad de Barcelona (UB) donde curse el primer curso (1968-69), del día que empezando segundo inauguramos la actual Facultad de Químicas en Pedralbes (1969-1973) y del día que presente la

Tesina de Químicas en la Facultad de Física (1974); del día que cogí el autobús para ir a Francia –salir de España, en aquellos años- para estudiar Ingeniería Química en el Institut de Genie Chimique del Institut Politechnique de Tolouse (1974-76); del día que cogí el avión para volar, ya acompañado de mi mujer Asunción, a Sherbrooke (Quebec, Canada) a la Facultad de Ingeniería de la Université de Sherbrooke (US) para hacer los dos un Master –en aquella época- (1977-1979); y finalmente presentar el Doctorado en Ciencias Químicas de nuevo en la Facultad de Químicas de la UB en Pedrabes en 1983. Ese es el ciclo de mi formación primaria, secundaria y universitaria. Lo que me ha permitido poder desarrollar posteriormente una provechosa carrera profesional y académica.

Efectuar un reconocimiento a mis padres, a ese afán de mi madre por la lectura indiscriminada, y a mis hermanos Paloma y Félix.

Pero quiero señalar un reconocimiento muy especial a mi mujer Asunción, por el soporte y apoyo continuado que siempre me ha dado. A mis hijos Hugo y Sara; en particular a Sara, casada con Dani, por las discusiones –en el sentido francés del término- de perspectiva entre una visión científica e ingenieril vs. la de una arquitecta. A mis nietos Emma, Miquel y María. A la familia de mi mujer por acogerme como uno más, en particular a mi cuñada Montse.

También a todo un conjunto de amigos, que hoy afortunadamente me acompañan, y muchos de ellos, en este viaje vital, desde la Facultad y desde el IGC.

Debo hacer un reconocimiento profundo a todos los profesores que he tenido, pero en especial a dos. Al Dr. José Costa López de la UB y al profesor Norman Therien de la US por

su especial calidad y capacidad como profesores, he intentado estar a su altura. También al profesor Esteban Chornet que me permitió descubrir y me abrió el mundo de la investigación científica.

Quiero tener un reconocimiento a todas las personas que me han permitido desarrollar mi carrera profesional primero y académica después. En particular a mi amigo el Dr. Antonio Mulet que me abrió las puertas de la Universidad Española; pero muy especialmente al Dr. Jaume Blasco Font de Rubinat que me acogió en lo que ha sido mi universidad como profesor, la Universidad Politécnica de Cataluña. Y ya en la misma un recuerdo muy particular a su primer rector el Dr. Gabriel Ferraté i Pascual. También recordar muy especialmente a dos profesores de la misma, al Dr. Santiago Gassó, que fue mi primer alumno de doctorado de un total de 33, y al Dr. Lluís Pons, miembro de esta institución.

Tuve el honor de recibir en el año 1997 el Premio Rey Jaime I de Protección del Medio Ambiente, desde aquí quiero enviar un sentido y cariñoso abrazo al profesor Santiago Grisolia, alma de los mismos, y reconocer el esfuerzo, trabajo y merito que los mismos representan para nuestro país; así como el reconocimiento internacional que tienen.

También señalar el día que recibí el diploma del IPCC como miembro del mismo donde se me reconocía mi contribución en la recepción para el IPCC del Premio Nobel de la Paz del año 2007.

Hay una persona especial, que me dio una grandísima oportunidad profesional, se trata del Dr. Mateo Valero, alma mater del Barcelona Supercomputing Center (BSC), que me permitió ser uno de sus fundadores, y creador y primer director del

Departamento de Ciencias de la Tierra, hoy día no solo reconocido internacionalmente sino puntero en dichos temas.

Gracias de nuevo, a la Real Academia, a todos los amigos académicos que me han acogido con cariño, y en especial al Dr. José María Gay de Liébana, al Dr. José Ramón Calvo, y a su presidente el Dr. Alfredo Rocafort.

Finalmente, para no olvidarme de nadie, deseo manifestar mi máxima gratitud a todos las personas y amigos que estén o no acompañándome hoy, que, de una u otra forma, personal y/o profesional, me han ayudado en mi camino vital.

Deseo también en este acto, manifestar públicamente mi firme compromiso con la Real Academia Europea de Doctores en trabajar, participar y colaborar con sus fines.



❖ INTRODUCCIÓN

La elección del tema concreto de este *discurso de ingreso* no me ha sido fácil. Lo que si estaba claro era la temática general: el medio ambiente, que ha sido el tema razón de mi vida intelectual y profesional. Pero no la temática concreta, esencialmente por dos razones, una primera, porque he tenido la suerte de evolucionar con su desarrollo temático desde su explosión en la década de los años 70's del siglo XX: agua, residuos, aire, legislación ambiental, gestión ambiental, desarrollo sostenible, cambio climático, modelización; y la segunda por la necesidad de centrarme en un tema concreto en un momento de transversalidad e híper-información desde una perspectiva específica. Finalmente, el tema escogido ha sido sobre el actual cambio climático desde una visión holística de la crisis climática y la emergencia que la misma supone.

La segunda decisión, el discurso debía responder a un enfoque específico. La solución adoptada ha sido intentar analizar tan complejo tema intentando responder a una serie de preguntas, cuarenta cinco en total, que se han considerado cruciales sobre el actual cambio climático basado en el método científico: pregunta-respuesta desde una visión holística.

La sociedad humana está realizando un largo viaje, como cualquier otra especie, al seguir el mandato de crecimiento de sus genes. Al comienzo de la era cristiana, hace dos mil años, había sobre la Tierra unos pocos cientos de millones de hombres y mujeres, que han crecido exponencialmente hasta ser hoy en día más de 7.500 millones de individuos y creciendo. Existen una serie de causas principales para este crecimiento:

1) la máquina de vapor que dio lugar en 1750 a la Revolución Industrial; 2) Pasteur que desarrolló la teoría germinal de las enfermedades infecciosas que origino en el último tercio del siglo XIX todo el proceso de la higienización que dio lugar al desarrollo de la Ingeniería Sanitaria; 3) El coronel Edwin L. Drake perforó el primer pozo petrolero del mundo en 1859, en Estados Unidos, logrando extraer petróleo de una profundidad de 21 metros dando origen al uso comercial e intensivo de los combustibles fósiles al hacer posible el uso de una energía fácilmente transportable, con una elevada potencia energética y a un precio barato; 4) Fleming comunicó su descubrimiento sobre la penicilina en el British Journal of Experimental Pathology en 1929, dando lugar al tratamiento de las infecciones mediante antibióticos; 5) la revolución verde es la denominación usada internacionalmente para describir el importante incremento de la productividad agrícola y por tanto de alimentos entre 1960 y 1980, primero en Estados Unidos y extendida después por numerosos países mediante el uso de fertilizantes, plaguicidas y riego.

Todo ello ha llevado a la explosión de las mega-ciudades. En la actualidad el 54% de la población viven en ciudades, de las cuales un 78% en los países desarrollados y un 49% en los países no desarrollados. Siendo un proceso que se ha desarrollado en los últimos 70 años después de la segunda guerra mundial.

Este conjunto de factores es lo que ha propiciado la explosión del número de individuos de la especie humana, del llamado *homo sapiens*, y a la concentración de la misma en grandes mega-ciudades. Dando origen a los actuales problemas medioambientales, de disponibilidad de recursos, de calidad del aire, de pérdida de biodiversidad, etc., y especialmente al calentamiento global que está provocando el actual cambio climático.

Como un esfuerzo de la humanidad para abordar su solución, liderado por las Naciones Unidas, hoy día hablamos de tener un “*desarrollo sostenible*”. Su definición se formalizó por primera vez en el documento conocido como el *Informe Brundtland* del año 1987, denominado así por la primera ministra noruega Gro Harlem Brundtland, fruto de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada durante la Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. Dicha definición se asumió en el Principio 3º de la Declaración de Río (1992) aprobada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. La Asamblea General de la ONU de septiembre de 2015 adoptó la ***Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible***, un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia. Los Estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron una resolución en la que reconocen que el mayor desafío del mundo actual es la erradicación de la pobreza y afirman que sin lograrla no puede haber desarrollo sostenible. La Agenda plantea 17 Objetivos (ODS) con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Dicha estrategia debería regir los programas de desarrollo mundiales en un horizonte de 15 años, desde el año 2015 al 2030. Al adoptarla, los Estados se comprometieron a movilizar los medios necesarios para su implementación mediante alianzas centradas especialmente en las necesidades de los más pobres y vulnerables. La realidad es que no se están tomando las acciones necesarias y obligadas para hacerlos realidad.

El actual cambio climático, como define nuestro futuro

Primero señalar, que en adelante me voy a referir al tema tratado, como “el actual cambio climático”, por dos razones, la primera, porque cambios climáticos la Tierra ha tenido muchos en sus más de 4.500 millones de años de vida, y la segunda, porque se trata del que la civilización de la especie humana está provocando especialmente en los últimos 300 años –geológicamente hablando, nada-, y solo me voy a referir al actual.

Fue Arrhenius (1859-1927) que en el año 1896 –finales del siglo XIX- quien avisó que si se usaban los combustibles fósiles como fuente energética podría producirse un aumento de la temperatura del planeta: “*On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground*”. En aquel entonces, según los consumos de la década de 1890, no lo vieron como un problema: en primer lugar, con esos consumos llevaría miles de años hasta que se produjera la duplicación de la concentración de CO₂; y, en segundo lugar, se pensaba que los océanos podían absorber cinco sextos de esas emisiones. En el momento en que apareció la hipótesis en un libro popular que se publicó en 1908, el consumo de combustibles ya había aumentado significativamente, por lo que, de acuerdo con ese cambio, revisaron el tiempo de duplicación hasta unos pocos siglos, pero aún era una curiosidad científica, no un problema de la humanidad. El clásico planteamiento y la grave cuestión de tratar un problema de dinámica exponencial como lineal.

Además, también el tema provocó una confrontación científica con Angstrom, que probablemente fue el primer escéptico sobre el actual cambio climático. Estos hallazgos se trataron con mucho escepticismo a principios del siglo XX: las objeciones se centraron en las afirmaciones de simplificación excesiva, la

incapacidad de tener en cuenta los cambios en la nubosidad y en los resultados de las pruebas de laboratorio de otro sueco Ångström (1857-1910). Este instruyó a un asistente de laboratorio para medir el paso de la radiación infrarroja a través de un tubo lleno de CO_2 , y llegaron a la conclusión de que las bandas de absorción del espectro de luz en el que se absorbe el CO_2 se saturaban rápidamente, de modo que su absorción no aumentaría. Otro problema que se planteó en ese momento, fue que el vapor de agua también absorbe la radiación infrarroja, y en los espectrógrafos de baja resolución disponibles y de acuerdo a los estándares de la época, las bandas de absorción de los dos gases se superponían entre sí. Se pensó, por lo tanto, que el aumento del CO_2 se contrarrestaría al no poder absorber la radiación infrarroja en bandas del espectro que el vapor de agua, mucho más abundante, bloquearía.

Sin embargo, desde entonces se ha demostrado que la precisión de las mediciones obtenidas por Ångström eran deficientes. Además, la saturación total en la atmósfera inferior no es un problema para el efecto invernadero: si las capas superiores de la atmósfera permanecen insaturadas, seguirán impidiendo que el calor salga al exterior. La atmósfera no puede tratarse simplemente como un tubo lleno de gas: tiene múltiples capas, cada una con sus propias propiedades y dinámicas temporales y espaciales.

Se llegó entonces a la conclusión de que Arrhenius estaba equivocado y a pesar de que publicó un artículo crítico respecto a esos experimentos y explicaba cómo, en las capas atmosféricas superiores que son más secas, el papel del vapor de agua tenía una importancia muy limitada. Esto fue, y sigue siendo, porque el vapor de agua en la troposfera superior se produce en concentraciones de varios órdenes de magnitud menor que en la troposfera inferior cercana al suelo. Sin embargo, nadie se

dio cuenta de eso y, en efecto, la hipótesis del efecto invernadero debido al CO₂ quedo en el olvido.

No fue hasta el año 1975, cuando Broecker publicó un artículo en la revista Science con el título “*Climate Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?*”, en el título ya unió el “calentamiento global con el cambio climático”, y a partir de dicho artículo el tema comenzó de nuevo a ser retomado y considerado. Posteriormente, en el año 1988 el científico James Hansen, director del NASA Goddard Institute for Space Studies, que en 1981 publicó en la revista Science: “*Climate Impact of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide*”, declaró ante un comité del Congreso de los Estados Unidos que existía una relación causa-efecto entre la emisión de ciertos gases a la atmósfera y el incremento de la temperatura del planeta. Ese mismo año 1988 se creaba el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (conocido como IPCC por sus siglas en inglés).

El calentamiento global está forzando un nuevo cambio climático, pero en esta ocasión la causa es la actividad de la especie humana y su modo de vida, siendo el principal reto de la humanidad para este siglo XXI. Se están alterando los patrones básicos del sistema planetario, especialmente los meteorológicos y oceánicos, pero no únicamente. Lo que produce amplios efectos sobre el planeta, modificando profundamente las condiciones ambientales, la economía y la sociedad, que pone en peligro los medios de subsistencia, la salud, el agua, la seguridad alimentaria y energética de las poblaciones. Y esto, a su vez, agudiza la pobreza, las migraciones, el desplazamiento forzado y el conflicto.

Las evidencias son inequívocas, no hay discusión científica al respecto, otra cosa diferente es a nivel político. Desde 1880 la temperatura promedio global ha aumentado ya 1 °C con-

firmado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM/WMO) y el IPCC. En el último decenio se han producido 8 de los 10 años más cálidos desde que hay registros. En el reciente informe del PNUMA, en línea con el informe del IPCC de octubre del pasado año 2018, se advierte: “*de persistir las emisiones de gases de efecto invernadero, la temperatura media global seguirá aumentando al ritmo actual y superará entre 2030 y 2050 la meta del Acuerdo de París aprobado en diciembre de 2015, es decir, se superará el 1,5 °C de incremento*”. Ya hemos consumido dos tercios de dicho umbral.

Los seres humanos comenzaron a agregar CO₂ a la atmósfera desde el momento que empezaron a usar el fuego, pero de forma cada vez más masiva hace unos 300 años por el uso progresivo de combustibles fósiles –carbón petróleo y gas natural–, en 1750 había menos de 800 millones de habitantes en la Tierra, hoy somos más de 7.500 millones y además aceleraron las emisiones debido al uso de la tierra al expandir las tierras de cultivo y los pastos, y en los últimos 25 años por un proceso de crecimiento y urbanización de las ciudades. La consecuencia de estas actividades es un aumento de la concentración atmosférica de CO₂, pasando de 280 a los 410 ppm actuales –que representa un incremento del 46% en solo 300 años–, que es la principal causa que está provocando el actual cambio climático. Todo el CO₂ que emitamos tendrá un efecto sobre el aumento de temperatura que se extenderá en el tiempo más de 1000 años, debido al tiempo de residencia de este gas en la atmósfera terrestre. Además de la contribución de los otros gases de efecto invernadero (GEI).

Para cumplir el Acuerdo de París se necesitaría reducir las emisiones de GEI entre un 40% y un 70% entre 2010 y 2050; y antes del 2070, simplemente, deberían ser cero. La solución no es nada fácil, pues implica un cambio radical del actual mo-

delo socio-económico-energético de la sociedad humana. La medida más importante y urgente, pero muy complicada de ejecutar debido a los intereses existentes, es el abandono del uso de los combustibles fósiles, unida a medidas de adaptación. Los estados se han comprometido a reducir sus emisiones; pero los esfuerzos de reducción adoptados de forma individual y voluntaria nos llevarían únicamente a un escenario donde se alcanzarían valores entre 3 y 3.5 °C, muy superior al valor acordado. Alcanzar estos objetivos se está volviendo algo extremadamente complicado y difícil.

A lo largo del siglo XXI, la mayoría de los modelos de proyección climática indican que la concentración de CO₂ debería dejar de aumentar; y mucho mejor disminuir de forma urgente para que haya una posibilidad razonable de limitar el calentamiento y los impactos asociados. Las actividades de reforestación y las tecnologías que captan el CO₂ de la atmósfera y lo devuelven a los reservorios geológicos, conocidas como tecnologías de emisiones negativas, han recibido mucha menos atención que las tecnologías de mitigación tradicionales. Si continuamos emitiendo como hasta ahora, el cambio climático se desbocará y entraremos en un período de descontrol de consecuencias impredecibles.

Pero, además, cumplir con el Acuerdo de París será más rentable para la economía mundial que no hacerlo. Alcanzar la meta de los 2 °C tiene un coste estimado de 19,5 billones de euros, pero se calcula que los ahorros en salud a nivel mundial –por la reducción de las muertes y enfermedades relacionadas por la contaminación derivada del uso de los combustibles fósiles– ascenderían a unos 47,8 billones de euros.

La cuestión no es cómo afectará, sino cómo ya nos está afectando. Los prejuicios reales y potenciales son enormes, la com-

prensión de los riesgos y daños del actual cambio climático ha mejorado, y afectan a todas las regiones del mundo. Los casquetes polares se están fundiendo- en especial el Ártico- y el nivel del mar está subiendo. Los fenómenos meteorológicos son cada vez más extremos y las inundaciones son cada vez más frecuentes, y se registran más olas de calor y sequías, por citar solo rápidamente las consecuencias y efectos más significativos e importantes.

El consumo de combustibles fósiles, la agricultura, los usos de la tierra y la producción de cemento son las fuentes humanas dominantes de la emisión de CO₂. Su reducción requiere un despliegue masivo de tecnologías bajas en carbono desde ya, el tiempo de gracia ya lo hemos consumido. Implica la producción de electricidad mediante energías renovables, y especialmente una mayor eficiencia energética. Así como, transformar las formas de movilidad que estamos utilizando. Se necesita realizar una revolución energética total, llamada “*transición energética*”. Modificar el comportamiento del “*homo energeticus*” en que se ha transformado la especie humana.

Es necesario actuar muy rápido. El debate sobre el cambio climático se remonta a los años 80's del siglo XX, pero los progresos han sido lentos, con pasos muy pequeños y limitados, frente a la magnitud del problema. No podemos esperar más años para actuar, debemos hacerlo de forma inmediata, porque se ha sobrepasado ya el punto de inflexión en el que los daños medioambientales y sus consecuencias son evidentes.

A pesar de parecer alarmista, es necesario mencionar que, según las Naciones Unidas, más de 24 billones de toneladas de suelo fértil desaparecen cada año. Hoy en día dos tercios de la Tierra están en proceso de desertificación, y si no tomamos medidas, en 2050 se perderán un millón y medio de kilómetros cuadra-

dos de tierras agrícolas más: la superficie equivalente a toda la tierra cultivable en la India. Estos suelos son vitales para mantener la biodiversidad y para alimentar a la población.

La disminución del grado de carbonización de los combustibles fósiles, es decir el paso desde el carbón y el petróleo al gas natural, es únicamente una etapa intermedia, probablemente necesaria, pero que debería ser corta y claramente insuficiente para limitar totalmente las emisiones y así contener el aumento de las concentraciones de los GEI en la atmósfera terrestre y llegar a su estabilización.

El uso de las energías renovables, el ahorro energético, y la mejora de la eficiencia energética, ya no son un deseo sino una absoluta necesidad, frente al incremento exponencial de la demanda de recursos energéticos que a escala global se continúa produciendo, no solo por el grado de desarrollo económico de los países económicamente fuertes, sino también por la emergencia y explosión de países como China y la India.

Existe una necesidad urgente de revisar en profundidad el sector del transporte –terrestre, marítimo y aéreo–, que se ha convertido en el sector con las mayores tasas de crecimiento, con una clara tendencia a incrementar dicha emisión. Debería definirse y apostarse por una modificación sustancial del mismo, orientándolo en la dirección de disminuir sus consumos energéticos, lo cual implica cambios radicales sobre el modelo existente, tanto en los tipos de motor utilizado como en los combustibles usados. El sector de la edificación y construcción también debería ser objeto de una fuerte atención afín de disminuir el gasto energético en iluminación, calefacción y climatización. La producción de energía eléctrica a partir de las energías renovables no es suficiente. Necesitamos ser mucho más eficientes.

Como muestra de la lentitud política en la toma de decisiones sobre este tema, me permito citar un artículo publicado en el 9 de Abril de 1995 en *El Periódico* con el título: “***El Clima cuestiona nuestra sociedad***” .

La humanidad se enfrenta por primera vez a un problema ambiental de complejidad global, que afecta a toda la Tierra y especialmente, a la supervivencia de nuestra actual civilización más que a la del planeta.

Puede decirse que el clima varía de forma natural a todas las escalas de tiempo. Ello es debido a diferentes factores, como son las variaciones de la órbita de la Tierra, la actividad solar, intensas erupciones volcánicas, etc. Pero a causa del incremento exponencial del número de individuos de la especie humana, del aumento de sus actividades: agrícolas, industriales, urbanas y de transporte, y de la modificación de sus hábitos de comportamiento, la humanidad se puede estar convirtiendo de forma progresiva en un nuevo factor climático.

El mecanismo por el cual el CO₂ (y otros gases con propiedades similares) calientan la atmósfera terrestre se llama efecto invernadero. Este efecto de origen natural, conocido desde finales del siglo pasado gracias al químico sueco S. A. Arrhénius, premio Nobel en 1903, se basa en la propiedad común de ciertos gases, presentes en la atmósfera terrestre, de absorber la radiación infrarroja. Esto es una cosa semejante, pero no idéntico a lo que hacen los invernaderos.

El resultado es un recalentamiento natural y permanente de las capas bajas atmosféricas. La consecuencia de este efecto invernadero es que la temperatura media del planeta sea actualmente de 15 °C, en lugar de los menos 21 °C que en

ausencia de estos gases habría, lo que hace que la Tierra sea más confortable de habitar. No hay duda, que, debido a la actividad humana, se ha incrementado durante los dos últimos siglos el contenido atmosférico de los llamados gases invernadero (CO₂, CH₄, N₂O y CFC).

Se ha estimado el contenido de CO₂ a mediados del siglo pasado, en unas 280 ppm, mientras que ahora es superior a 350 ppm. Aunque el CO₂ sea un componente natural de la atmósfera, no lo es su aumento en un 25% desde el comienzo de la revolución industrial. Este incremento se debe, principalmente: a la combustión de materiales fósiles debido tanto a procesos de urbanización, transporte e industrialización como a la explosión demográfica, así como a procesos de deforestación, de disposición de residuos, etc. La emisión a la atmósfera de los otros gases de invernadero también ha aumentado.

Los estudios científicos indican que desde finales del siglo pasado se ha producido un aumento entre 0,3 y 0,6 °C en la temperatura media del planeta y a esto puede haber contribuido la acumulación de estos gases en la atmósfera. La simulación mediante modelos numéricos del comportamiento de la atmósfera permite calcular la temperatura media del planeta bajo ciertas hipótesis, aunque los resultados entre los diversos modelos utilizados no son enteramente coincidentes, los pronósticos del aumento de temperatura media varían de 1,5 hasta 4,5 °C. Señalar que entre el último período glacial y hoy día, la temperatura ha aumentado en unos 7 °C. Por tanto, una variación de 2 a 4 °C debe ser tomada en consideración como algo claramente significativo.

Los efectos del mayor calentamiento global constituyen actualmente materia de debate e incertidumbre. Se piensa en

que se elevará el nivel del mar y que puede perturbarse la dinámica de muchos ecosistemas. Aunque el incremento inducido del calentamiento global se analiza en términos de temperaturas medias, su distribución no es uniforme, se espera aumentos más notables en latitudes más próximas a los polos en comparación con el Ecuador, con modificación de los regímenes de lluvia y su incidencia en la disminución de las cosechas.

Científicamente no se puede afirmar claramente que estemos ante un cambio climático inducido por el hombre, pero existe una fuerte corriente de opinión, la cual sostiene que la amenaza potencial que representa el cambio climático es demasiado grave para esperar a tener un mejor conocimiento de lo que está sucediendo. En consecuencia, se impone la aplicación del principio de precaución. Es decir, tomar medidas desde ahora. Este es uno de los objetivos del Convenio del Cambio Climático, firmado en Río de Janeiro (1992), cuya reunión de las partes tiene lugar estos días en la cumbre del Cambio Climático en Berlín, sin grandes acuerdos concretos.

Para reducir la posibilidad de aumentar el efecto invernadero, es necesario limitar las emisiones de los principales gases que lo provocan. Es aquí donde emergen otro tipo de problemas ¿cuánto hay que reducir? ¿en cuánto tiempo? ¿cómo o donde se puede reducir? ¿quién debe reducir? Existen profundas diferencias, en las metodologías de estimación de las emisiones, así como en las cantidades emitidas por los distintos países, especialmente entre los industrializados y los llamados en vías de desarrollo. Dos ejemplos, con datos de 1990: EEUU tiene una emisión de CO₂ por habitante de 13 toneladas mientras que China apenas llega a las 2; a nivel de ciudades, Denver (EEUU) tiene una tasa de 22

toneladas frente a Ankara (Turquía) de 3,6. Las diferencias son muy fuertes, y por consiguiente la polémica.

La humanidad se enfrenta por primera vez frente a un problema ambiental de complejidad global. Que afecta directamente a todo el planeta y en consecuencia y muy especialmente a la supervivencia de la actual civilización humana más que a la propia supervivencia del planeta.

Pero además la incidencia de las actuaciones para potenciarlo o remediarlo, pasa por un conjunto de medidas de muy amplio y distinto alcance, tanto colectiva como individualmente. Desde cuestionarse el modelo de sociedad o la política energética, a la decisión individual de poner una bombilla más eficiente en la habitación de una casa.

Es difícil imaginarse una situación futura en el que no crezcan las necesidades del conjunto total de la especie humana. Una parte muy importante de la población, que sigue creciendo y con ella la demanda energética y en bienes, tiene unas condiciones de vida de simple subsistencia, frente a otra que disfruta de un alto nivel de consumo. Las medidas que se proponen enfrentan a los países industrializados con los países en vías de desarrollo.

La dimensión del problema para la humanidad es de tal magnitud, que implica cuestionarnos muy seriamente nuestros actuales sistemas socioeconómicos, basados esencialmente en criterios de crecimiento sostenido, y ponerse a caminar hacia modelos basados en un desarrollo sostenible.

Desgraciadamente, su contenido sigue siendo totalmente actual 24 años después. Solo hay dos datos que sería necesario actualizar, y no precisamente en un sentido positivo:

“Se ha estimado el contenido de CO₂, a mediados del siglo pasado, en unas 280 ppm, mientras que ahora es superior a **410 (en lugar de 350)** ppm. Aunque el CO₂ sea un componente natural de la atmósfera, no lo es su aumento en un **46% (en lugar de 25)** desde el comienzo de la revolución industrial”

y

“Los estudios científicos indican que desde finales del siglo pasado se ha producido un aumento **1 °C (en lugar de entre 0,3 y 0,6 °C)** en la temperatura media del planeta”.

La humanidad se enfrenta a un problema de dimensión global. Las actuaciones pasan por cambiar el actual modelo de sociedad, su política energética, a la decisión individual. La dimensión del problema para la humanidad es de tal magnitud, que implica cuestionarnos seriamente nuestro actual sistema, basado en criterios de crecimiento sostenido, y a caminar decididamente hacia modelos de un desarrollo sostenible real. Es urgente una drástica corrección del rumbo, la emergencia ambiental debe ser una de nuestras principales prioridades porque los efectos del actual cambio climático tienen elevados costes que ya estamos pagando: provoca enfermedades evitables y muertes prematuras, desertifica y empobrece el planeta y afecta gravemente a la calidad de vida de los ciudadanos.

Siendo además una cuestión de justicia generacional.



❖ INTRODUCCIÓN AL ACTUAL CAMBIO CLIMÁTICO

1. ¿Cómo sabemos que la Tierra se está calentando?

Muchos indicadores muestran claramente y de manera concluyente que la Tierra se está calentando especialmente desde el siglo XIX. Además del calentamiento que se pone de manifiesto claramente en los múltiples registros de las observaciones de la temperatura atmosférica y oceánica, existen otras evidencias, como la fusión de los glaciares y las capas de hielo continentales, el aumento global del nivel del mar, cambios en las temperaturas extremas y aumentos de la humedad atmosférica. Todo consistente con un calentamiento global a largo plazo.

Los registros de la temperatura del aire de la superficie tomada tanto sobre las superficies continentales como oceánicas de la Tierra desde el siglo XIX muestran una clara tendencia al calentamiento. Las observaciones de la temperatura se han tomado de manera consistente desde la década de 1880 o antes en miles de sitios de observación en todo el mundo. Además, los instrumentos en barcos, boyas y flotadores proporcionan un registro de más de 100 años de temperatura de la superficie del mar que muestra que los 2,000 metros superiores de la columna de agua de los océanos se están calentando en todas las cuencas (Jewett and Romanou, 2017). Estas observaciones son consistentes con la información proporcionada por los satélites desde los años 70's del siglo XX que miden las temperaturas de la superficie atmosférica y marina desde el espacio.

Todo este conjunto de observaciones muestra una clara evidencia del calentamiento de la Tierra y de sus efectos en el sistema climático planetario para ver más indicadores de actual cambio climático). (<https://www.tmrow.com/climatechange#the-state-of-climate-change>; <https://climate.nasa.gov/evidence/>; <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201904>; <https://gcos.wmo.int/en/global-climate-indicators>

Científicos de todo el mundo han estado midiendo la extensión y el volumen del hielo contenido en los glaciares especialmente desde 1980. Estas mediciones muestran que, a nivel mundial, hay una gran pérdida neta del volumen del hielo glaciar desde la década de 1980. Sin embargo, la tasa de pérdida de hielo no es uniforme, varía según la región, y en algunos casos se han observado avances anuales en los glaciares. Las capas de hielo en Groenlandia y en la Antártida han estado perdiendo masa de hielo de manera constante desde 2002, cuando comenzaron las mediciones satelitales de su masa de hielo continental. La cobertura de hielo marino en el Ártico se ha monitorizado utilizando imágenes satelitales desde finales de 1970, mostrando descensos constantes y significativos a mitad del mes de septiembre, época del año en que se produce la cobertura mínima (Taylor et al. 2017).

Hay información observacional adicional que evidencia el calentamiento global. La superficie en el hemisferio norte cubierta por nieve cada primavera ahora es más pequeña en promedio que en la década de 1960 (Easterling et al. 2017). Las medidas de mareas y satélites muestran que el nivel global del mar está aumentando, ambos como resultado de la adición de agua hacia el océano desde la fusión de los glaciares y por la expansión del agua de mar a medida que este se calienta. Así mismo, otro dato de gran importancia, a medida que el aire se calienta, su capacidad para retener el vapor de agua aumenta, y las medi-

ciones muestran que la humedad atmosférica está aumentando en todo el mundo, en consonancia con un clima más cálido.

2. ¿En qué se diferencia el actual cambio climático de cambios en el pasado?

Los aumentos en la temperatura global desde la década de 1950 son inusuales por dos razones: 1) los cambios de la temperatura en el planeta y el aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera están ocurriendo a tasas de cambio mucho más rápidas que en el pasado y 2) los cambios actuales son principalmente el resultado de actividades humanas en lugar de ser debido a procesos naturales.

El clima de nuestro planeta ha estado cambiando siempre, el clima es un sistema dinámico. Hace un millón de años, el clima de la Tierra se alteró de forma abrupta. Las grandes masas de hielo continental se acumularon en las regiones polares, los ciclos glaciares se volvieron más largos y fríos –los más intensos en la historia del Cuaternario–, y como consecuencia, el sistema climático global se alteró a escala planetaria. La auténtica naturaleza de los mecanismos que transformaron de manera radical el clima del planeta en ese periodo ha sido motivo de debate en la comunidad científica internacional desde hace décadas.

La explicación es una abrupta reducción en la intensidad de la circulación oceánica profunda o termohalina hace 950.000 años que potenció el almacenamiento en el océano profundo del CO₂ a escala planetaria (Pena y Goldstein, 2014). Como efecto de esta ralentización en la circulación oceánica global, *“una parte de ese CO₂ quedó atrapada en el océano profundo y ello contribuyó a un cambio climático drástico en el sistema*

planetario”. Con estas grandes cantidades de carbono confinadas en las profundidades del océano, el nivel de CO₂ disminuyó en la atmósfera, las temperaturas globales se volvieron más frías y las capas de hielo se extendieron por el planeta durante este particular periodo del Cuaternario.

En las profundidades oceánicas, los sedimentos marinos preservan el registro climático de este período excepcional que significó un punto de inflexión en el clima de la Tierra. El análisis de la composición isotópica de los restos fosilizados de los foraminíferos planctónicos y bentónicos, organismos unicelulares capaces de generar una concha mineral de carbonato cálcico, que abundan en el registro fósil de los sedimentos oceánicos, es decisivo para conocer las características del clima y de los ecosistemas marinos del pasado.

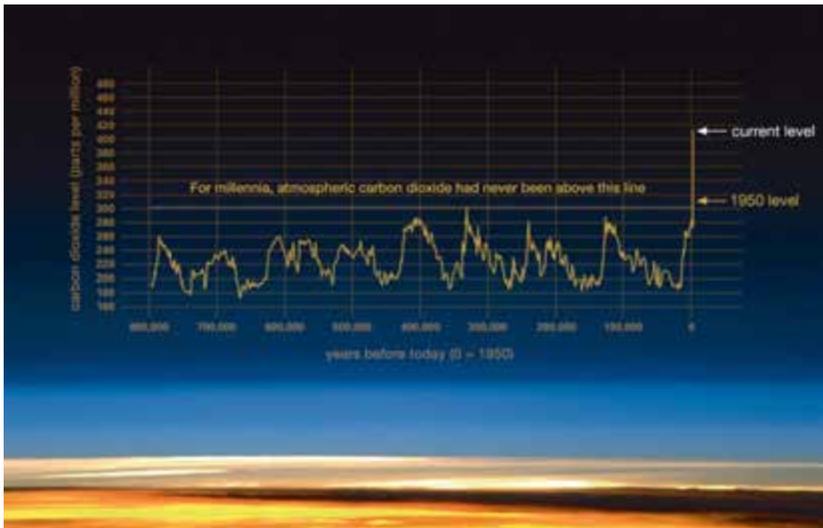


Figura 2.1 Este gráfico muestra las concentraciones de CO₂ en la atmósfera durante los últimos 800,000 años, de acuerdo a los registros en los núcleos de hielo de la Antártida, completadas con las mediciones instrumentales actuales. Las concentraciones actuales de CO₂ son mucho más altas que cualquier nivel observado en los últimos 800,000 años (fuente: NASA).

Las rocas sedimentarias y los fósiles muestran una clara evidencia de una serie de largos períodos de frío, llamados eras glaciales, seguidos de cortos períodos cálidos –interglaciales– en el último millón de años. Las medidas de paleo-clima realizadas muestran que estos ciclos de enfriamiento y calentamiento ocurrieron aproximadamente una vez cada 100,000 años durante al menos el último millón de años. Estos ciclos son explicados mediante la teoría astronómica de Milankovitch (1941).

Con anterioridad a los cambios actuales en los usos de los suelos, la industrialización y la profunda y acelerada urbanización, los cambios en la temperatura global se debían a factores naturales, incluidos los cambios regulares en la órbita de la Tierra alrededor del Sol, las erupciones volcánicas y los cambios en la energía emitida desde el Sol. Las variaciones de la órbita de la Tierra alteran la cantidad de irradiación solar que llega a las regiones Ártica y Antártica, lo que resulta en la retirada y avance de las enormes capas de hielo. Además, los períodos inactivos o activos de erupciones volcánicas también contribuyen a episodios de calentamiento o enfriamiento, respectivamente (Fahey et al. 2017).

Los factores naturales siguen afectando el clima del planeta en la actualidad. Sin embargo, desde el inicio de la Revolución industrial, el uso por el ser humano del carbón, el petróleo y el gas ha cambiado rápidamente la composición de la atmósfera. Los cambios en el uso de la tierra (como la deforestación), la producción de cemento y la producción animal para alimentos también han contribuido al aumento de los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera. A diferencia de los cambios climáticos en el pasado, el calentamiento actual se debe principalmente a la actividad humana y no a procesos físicos naturales.

El calentamiento actual también está ocurriendo mucho más rápido que en el pasado. Los registros científicos de núcleos de hielo, anillos de árboles, perforaciones en el suelo y otros “termómetros naturales”, a menudo llamados “*proxy climate data*”, muestran que el reciente aumento de la temperatura y de las concentraciones de gases de efecto invernadero es inusualmente rápido en comparación con los cambios pasados. Después de una edad de hielo, la Tierra típicamente tardó miles de años en calentarse nuevamente; la tasa observada de calentamiento en los últimos 50 años es aproximadamente ocho veces más rápida que la tasa promedio de calentamiento desde un máximo glacial hasta un período inter-glacial cálido (Wuebbles et al. 2017).

3. ¿Cuál es la diferencia entre el calentamiento global y el actual cambio climático?

Aunque algunas personas usan los términos “calentamiento global” y “cambio climático” de manera equivalente, sus significados son ligeramente diferentes. El calentamiento global se refiere solo a la creciente temperatura de la superficie de la Tierra, mientras que el cambio climático incluye efectivamente cambios de la temperatura pero a su vez representa una multitud de efectos que resultan de dicho calentamiento con retroalimentaciones positivas –en la mayoría de los casos- y también negativas, incluidos los glaciares que se derriten, aumento de la humedad, tormentas más extremas y cambios en los patrones de algunos eventos extremos relacionados con el clima.

En sí misma, la frase “calentamiento global” se refiere a aumentos en la temperatura media anual de la superficie de la Tierra. Hoy, sin embargo, cuando la gente la usa, por lo general se refieren al calentamiento reciente que es debido en gran parte al rápido aumento de los GEI en la atmósfera debido a las actividades de los

seres humanos, actividades como el uso de los combustibles fósiles para obtener energía y la deforestación. Así, el “calentamiento global” se ha convertido en una forma simple de expresión para indicar un complejo proceso científico.

La Tierra no se está calentando de forma uniforme, por un igual en todas partes. Algunas áreas pueden enfriarse (como el Océano Atlántico Norte), mientras que otras se están calentando más rápido que el promedio global (como el Ártico). El término cambio climático se refiere a la gama completa de consecuencias o impactos que se producen por el aumento de las concentraciones en la atmósfera de los GEI y como las diferentes partes del sistema terrestre responden a este aumento de la temperatura de superficie promedio más alta. Las tendencias observadas a largo plazo, como son los aumentos en la frecuencia de sequías y los eventos de fuerte precipitación, están relacionadas con el actual calentamiento y son procesos de cambio climático.



❖ LA CIENCIA DEL CLIMA

4. ¿Qué es el efecto invernadero y que gases lo provocan?

Los GEI son gases que absorben y emiten radiación infrarroja. El dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el ozono (O_3) y el vapor de agua (H_2O) son los GEI más importantes de la atmósfera terrestre. Estos gases absorben el calor emitido por la superficie de la Tierra y reemiten ese calor a la atmósfera terrestre, lo que la hace más cálida de lo que sería de otra manera, este proceso es conocido como “*efecto invernadero*”.

Los GEI, se comportan de forma muy diferente al N_2 y O_2 , los dos gases principales que conforman la composición básica de la atmósfera terrestre cuando se trata de la radiación infrarroja emitida desde la Tierra. Los GEI tienen una estructura molecular más compleja (compuestos por tres o más átomos, a diferencia de las moléculas simétricas biatómicas de N_2 y O_2 de dos átomos), y absorben parte de la energía emitida desde la superficie de la Tierra y luego re-irradian esa energía en todas las direcciones, incluida su retorno hacia la superficie. Esta finalmente atrapa la energía en la atmósfera inferior en forma de calor. Este efecto invernadero hace la temperatura promedio de la Tierra sea de + 14 °C en lugar de -19 °C, o sea 33 °C más alta de lo que sería en ausencia de estos GEI. Incluso una pequeña cantidad de los GEI puede tener un gran efecto en la cantidad de calor atrapado en la parte inferior de la atmósfera.

Muchos GEI, incluidos el CO_2 , CH_4 , vapor de agua y óxido nitroso (N_2O), se producen naturalmente en la atmósfera. Sin embargo, las concentraciones atmosféricas de estos GEI han aumentado en los últimos años como resultado de las actividades

humanas, principalmente por el uso de los combustibles fósiles como fuente energética. Así mismo, las actividades humanas han creado y añadido nuevas moléculas gaseosas artificiales con potencial para actuar como GEI, como son los clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Además, a medida que la población mundial ha aumentado, también lo han hecho las emisiones de GEI. Esto a su vez hace que el efecto invernadero sea más potente, lo que resulta en una mayor temperatura promedio en todo el Planeta.

Durante los últimos 10,000 años, la cantidad de estos gases de efecto invernadero en nuestra atmósfera ha sido relativamente estable. Desde el comienzo de la era industrial en 1750; sus concentraciones comenzaron a aumentar debido a la creciente demanda de energía causada por la industrialización y al aumento de la población, y debido a los cambios en el uso de la tierra y los patrones de asentamiento humano.

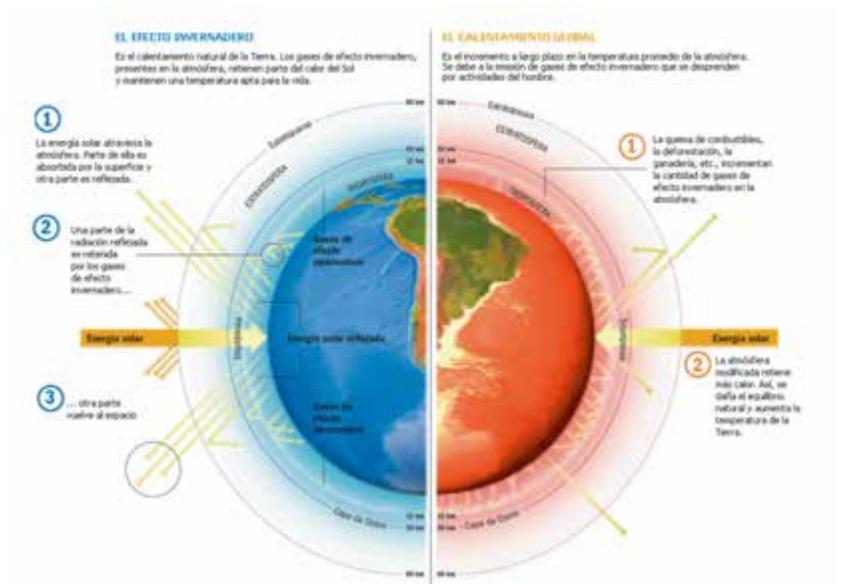


Figura 4.1 El *Calentamiento Global* es debido a un forzamiento humano del efecto invernadero natural.

5. ¿Por qué las actividades humanas son la causa principal del actual cambio climático?

Muchas evidencias independientes apoyan el hallazgo de que las actividades humanas son la causa dominante del actual cambio climático, especialmente desde 1950. Estas evidencias incluyen cambios en los registros de observación que son consistentes con nuestra comprensión de cómo el sistema clima está cambiando debido a las influencias humanas. Otra evidencia proviene de los modelos climáticos que reproducen adecuadamente el registro de temperaturas y otras variables observado.

El informe del IPCC AR5 (2013) concluye, “*las actividades humanas, especialmente las emisiones de GEI, son la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX*”. El clima de la Tierra solo se calienta o se enfría significativamente en respuesta a los cambios que afectan el equilibrio entre la energía entrante y saliente, lo que se conoce como “*heat budget*”. Durante largos periodos de tiempo (de decenas a cientos de miles de años), los ciclos orbitales producen largos periodos de calentamiento y enfriamiento. En escalas de tiempo más cortas, dos factores pueden forzar cambios en la temperatura de la Tierra en un grado medible: 1) cambios en la cantidad de energía emitida por el Sol y 2) cambios en las concentraciones de GEI en la atmósfera de la Tierra. Las mediciones recientes de la energía del Sol no muestran una tendencia de cambio en los últimos 50 años. Además, las observaciones muestran que la atmósfera inferior (troposfera) se calienta mientras la atmósfera superior (estratosfera) se ha enfriado. Si el calentamiento observado fuera debido a un aumento de la energía que se recibe del Sol, entonces todas las capas de la atmósfera de la Tierra se habrían calentado, que no es lo que se está observando. Así, se puede eliminar los cambios en la energía recibida desde el Sol como un factor importante en el calentamiento observado desde alrededor de los años 1950.

Esto nos conduce a que sean los aumentos de las concentraciones de GEI en la atmósfera la principal causa del actual calentamiento. Los niveles de CO₂ en la atmósfera han aumentado desde aproximadamente 270 partes por millón (ppm) en los tiempos preindustriales a los actuales 410 ppm observados en 2018 (<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>), niveles que exceden cualquier valor registrado durante los últimos 800,000 años. Además, las concentraciones atmosféricas de otros GEI (incluidos el CH₄ y N₂O) han aumentado también durante el mismo período de tiempo. Este aumento de las concentraciones GEI han coincidido con el aumento observado en la temperatura global. Los científicos usan métodos que proporcionan “*huellas dactilares*” químicas de la fuente de las emisiones y han demostrado que el 40% de aumento en los niveles de CO₂ atmosférico desde la Revolución Industrial es debido principalmente a actividades humanas (por el uso de los combustibles fósiles) y no debido a variaciones del carbono en el marco de su ciclo natural (Fahey et al. 2017).

Otra evidencia que atribuye a las actividades humanas ser el motor dominante del calentamiento actual proviene de estudios mediante el uso de modelos climáticos. Las simulaciones por ordenador del clima de la Tierra basadas en datos históricos de los cambios observados tanto por las influencias naturales como humanas reproducen con precisión el registro de temperatura observado en los últimos 120 años. Estos resultados muestran que, sin influencias humanas, como los aumentos observados en las emisiones de GEI, la superficie de la Tierra se habría enfriado ligeramente durante el último medio siglo. La única manera de reproducir el calentamiento observado es incluir cambios forzados naturales y humanos en los modelos climáticos. Por lo tanto, el registro observacional y las simulaciones con los modelos climáticos explican que los factores humanos son la causa principal del actual calentamiento.

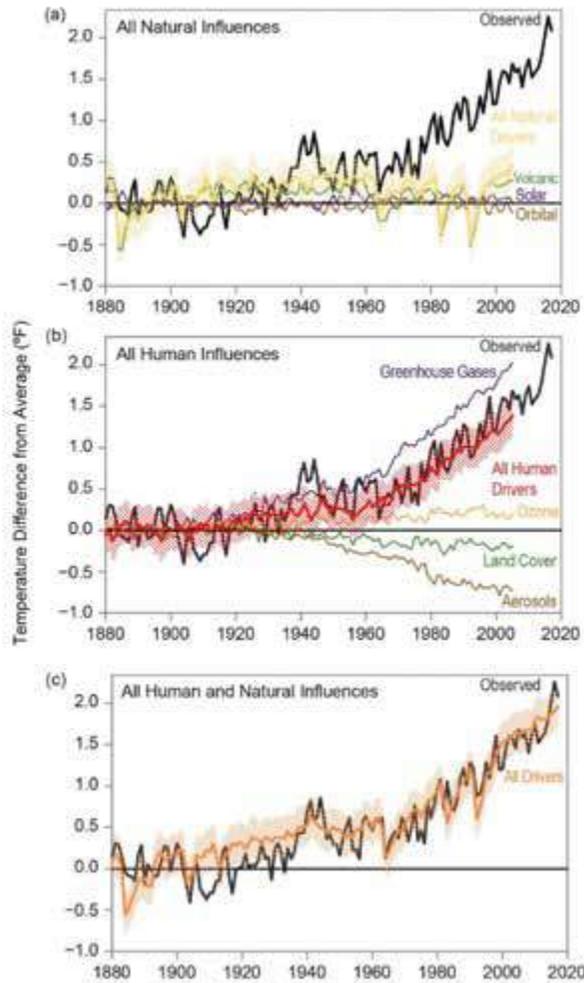


Figura 5.1 La tendencia del calentamiento global observada durante los últimos ciento cuarenta años solo puede explicarse por el efecto que las actividades humanas han tenido en el clima (fuente: NASA GISS).

6. ¿Qué papel juega el vapor de agua?

El vapor de agua es el GEI más abundante en la atmósfera y desempeña un importante papel en el clima de la Tierra, au-

mentando significativamente la temperatura de la Tierra. Sin embargo, a diferencia de otros GEI, el vapor puede condensar y precipitar, por lo que tiene un tiempo de residencia corto en la atmósfera. La temperatura del aire, y no las emisiones, controlan la cantidad de vapor de agua en la atmósfera inferior. Por esta razón, el vapor de agua se considera un agente de retroalimentación y no un motor del cambio climático.

Su contribución al efecto invernadero es aproximadamente dos o tres veces mayor que el del CO₂. Las actividades humanas añaden agua directamente a la atmósfera principalmente a través de la evaporación desde los sistemas de riego, con los sistemas de refrigeración de las plantas de energía, y el proceso de combustión de combustibles fósiles. Otros GEI, como el CO₂, no pueden condensar en la atmósfera, por lo que continuarán acumulándose en la atmósfera mientras sus emisiones continúen (Myhre et al. 2013).

La cantidad de vapor de agua en la atmósfera inferior –troposfera- está controlada principalmente por la temperatura del aire y la proximidad a una fuente de agua, como un océano o un gran lago, en lugar de por emisiones debidas a las actividades humanas. Las fluctuaciones en la temperatura del aire cambian la cantidad de vapor de agua que este puede contener, un aire más caliente es capaz de contener más humedad. El aumento del vapor de agua en los niveles de la troposfera se considera una “retroalimentación positiva” del sistema climático. A medida que aumentan las concentraciones de otros GEI (por ejemplo, CO₂, CH₄ y N₂O) que calientan la atmósfera, la cantidad del vapor de agua en la atmósfera también aumenta, amplificando así el efecto de calentamiento. Si las concentraciones atmosféricas de los GEI disminuyeran, la temperatura del aire bajaría, disminuyendo la capacidad de la atmósfera para contener vapor de agua, lo cual ayudaría a su vez a disminuir su temperatura (Myhre et al. 2013; Fahey et al. 2017).

7. ¿Cómo se relacionan El Niño y la variabilidad climática con el actual cambio climático?

El Niño y otros fenómenos que explican la variabilidad natural del clima no están causados por el hombre, pero su frecuencia, duración, alcance o intensidad pueden verse afectados por las emisiones de GEI debidas a las actividades humanas. La *variabilidad natural del clima* –conocida como “*variabilidad interna*” produce cambios regionales a corto plazo en los patrones de temperatura y clima, mientras que el actual el cambio climático causado por el hombre es un fenómeno persistente a largo plazo

La variabilidad climática se refiere a los cambios naturales que se producen en el clima y que se encuentran dentro del rango observado de extremos para una región en particular, y que se mide por la temperatura, la precipitación y la frecuencia de eventos. Uno de los fenómenos que fuerzan la variabilidad climática es el conocido con el nombre del Niño-Oscilación del Sur (ENOS/ENSO) entre otros, conocidos como teleconexiones climáticas (asociación estadística entre las variables climáticas en lugares geográficos fijos muy distantes entre sí). El ENSO es un calentamiento o enfriamiento casi periódico de la temperatura de la superficie del mar en el océano Pacífico oriental, a menudo referido por su fase de El Niño (fase cálida) o La Niña (fase fría). Estas diferentes fases tienen diferentes efectos en los distintos ecosistemas y en la economía, especialmente en ciertas comunidades pesqueras, mientras que también influye en el clima en todo el mundo.

La evidencia de los registros paleoclimáticos sugieren que ha habido cambios en la frecuencia e intensidad de los eventos ENOS en el pasado. El actual cambio climático también puede estar afectando la frecuencia y la magnitud de los eventos de ENOS y puede incrementar o aminorar los impactos regionales debidos al mismo. Por ejemplo, si hay un evento fuerte de

La Niña que provoca condiciones secas en el suroeste, esas condiciones pueden ser exacerbadas por sequías adicionales debido al cambio climático (Perlwitz et al. 2017).

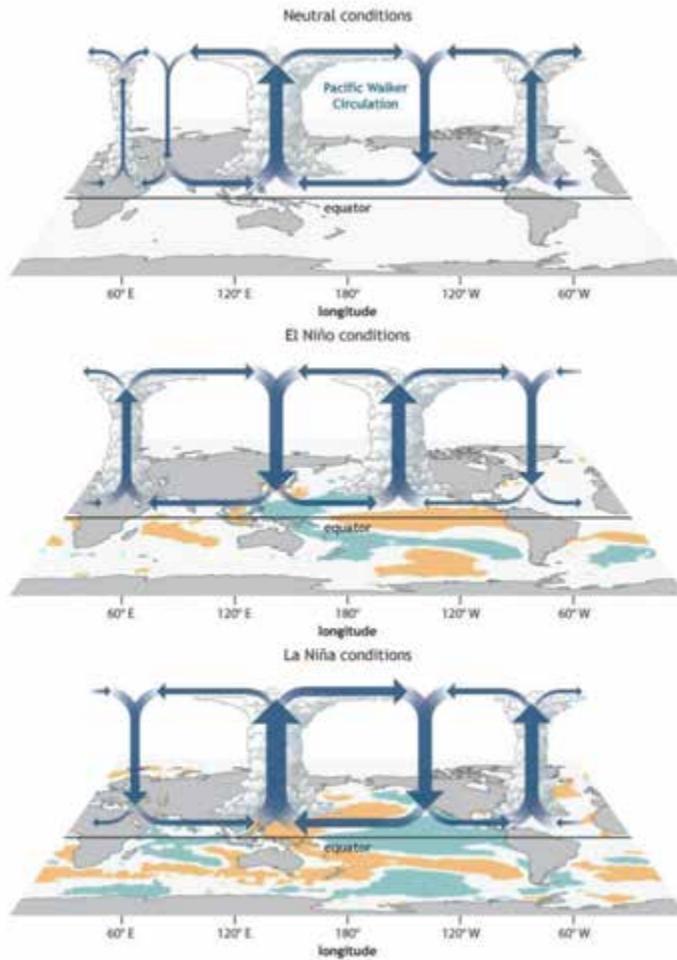


Figura 7.1 Los eventos de El Niño y La Niña crean diferentes patrones climáticos con efectos globales y sin un patrón temporal predeterminado (fuente: NOAA Climate).



❖ PROYECCIONES CLIMÁTICAS

8. ¿Qué métodos se utilizan para registrar las temperaturas y medir los cambios en el clima?

La temperatura del aire se mide en las estaciones meteorológicas en la superficie terrestre o en barcos y boyas sobre los océanos. Los registros globales de temperatura en superficie se remontan a más de 300 años en algunos lugares, y la cobertura casi global ha existido desde finales del siglo XIX. Diferentes grupos de investigación (Penn Univ., CRUE, etc.) e institucionales (NASA, NOAA, Met Office, etc.) han analizado estos registros con gran detalle, teniendo en consideración cambios en los instrumentos, la hora de las observaciones, la localización de las estaciones y cualquier otra fuente potencial de error. Aunque hay pequeñas diferencias entre los diferentes conjuntos de datos, debido al proceso de selección de los datos, técnicas de análisis y de distribución espacial, estas diferencias no cambian el claro resultado que los mismos indican, que la temperatura de la superficie global está aumentando.

La mejor manera de medir el actual cambio climático es evaluar las tendencias durante largos periodos de tiempo (generalmente mayores de 30 años; período de tiempo que la Organización Meteorológica Mundial (OMM) ha definido como representativo del clima de un período determinado), lo que significa que necesitamos registros globales de temperatura de la superficie que incluyan datos anteriores a la era del satélite, así como de otras variables meteorológicas. Los científicos que obtienen, digitalizan y compaginan registros de temperatura a largo plazo tienen mucho cuidado de garantizar que cualquier medida po-

tencialmente distorsionada, como un cambio en el método o la ubicación del instrumento o un cambio en la hora del día en que se realiza la medida, no afecte la integridad del conjunto de los datos. Se examinan rigurosamente las series de datos para identificar y ajustar estos efectos antes de usarlos para evaluar las tendencias climáticas a largo plazo. Diferencias en las técnicas de selección, análisis y cálculo de promedios realizadas por varios equipos de investigación independientes significan que cada conjunto de datos varía ligeramente. Sin embargo, incluso con estas variaciones, los resultados múltiples producidos de forma independiente están muy de acuerdo en las escalas global y regional. Todos estos diferentes análisis sobre los distintos conjuntos de datos indican que la temperatura de la superficie de la Tierra se ha estado calentando desde principios del siglo XX.

Los científicos también consideran otras influencias que podrían afectar los registros de la temperatura, como si los datos de los termómetros ubicados en ciudades estuvieran sesgados por el efecto de isla de calor urbano, donde el calor absorbido por los edificios y el asfalto hace que las ciudades sean más cálidas que las zonas periféricas circundantes. Al determinar las tendencias climáticas, las correcciones de datos de los registros de temperatura han tenido en cuenta adecuadamente este y otros efectos. A escala global, se observa la evidencia de un calentamiento global en los últimos 50 años, incluso si todas las estaciones urbanas se eliminarán del registro de temperatura global. Numerosos estudios también han demostrado que las tendencias de calentamiento de las áreas rurales y urbanas cercanas coinciden esencialmente, a pesar de que las áreas urbanas pueden tener temperaturas más altas en general (Knutson et al, 2017).

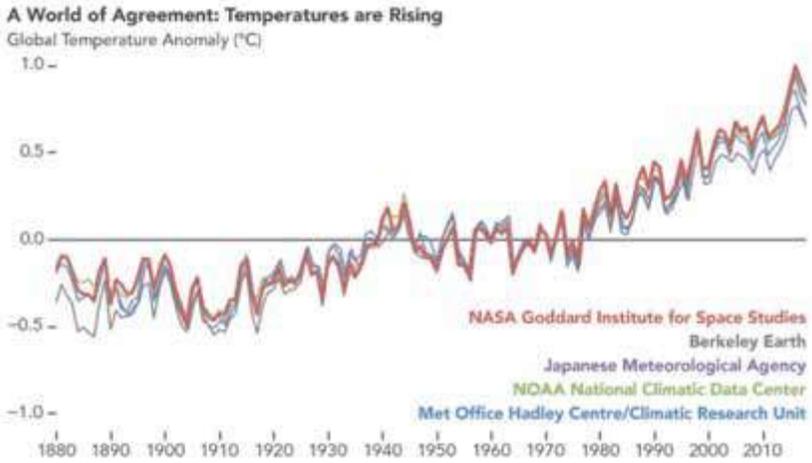


Figura 8.1 Todas las diferentes series de datos indican que la temperatura promedio global de la superficie de la Tierra se ha estado calentando desde principios del siglo XX.

9. ¿Hubo predicciones de enfriamiento global en la década de 1970?

Una revisión de la literatura científica de la década de los años 70's del siglo XX muestra que la comunidad científica del clima no predijo el “enfriamiento global” o una “glaciación” inminente de una forma amplia. Por el contrario, incluso entonces, las discusiones sobre el calentamiento relacionado con los seres humanos dominaron las publicaciones científicas sobre el clima y las influencias humanas.

La comprensión científica de los llamados ciclos de Milankovitch (cambios cíclicos en la órbita de la Tierra que explican el inicio y el final de las eras de hielo en el último millón de años) llevó a algunos científicos en la década de 1970 a contemplar que el actual período interglacial cálido podría terminar pronto, lo que conduciría a una nueva edad de hielo en los próximos siglos. Es-

tas limitadas especulaciones fueron recogidas y amplificadas por los medios de comunicación. Pero en ese momento había muchos más artículos científicos que describían cómo se produciría el calentamiento a partir del aumento de las concentraciones atmosféricas de GEI debido a las actividades humanas, debidas al uso de combustibles fósiles. La información más reciente sugiere que si el clima de la Tierra estuviera siendo controlado principalmente por factores naturales, el próximo ciclo de enfriamiento comenzaría en algún momento en los próximos 1.500 años. Sin embargo, la actividad humana ha alterado tanto la composición de la atmósfera que la próxima edad de hielo probablemente ahora se ha retrasado (Walsh et al, 2014).

10. ¿Cómo se proyectan los patrones de temperatura y precipitación en el futuro?

El planeta continuará calentándose en el futuro debido a las emisiones históricas de GEI, pero la cantidad de calentamiento dependerá en gran medida del nivel de las futuras emisiones de GEI. Si la especie humana continúa quemando combustibles fósiles a la tasa actual o por encima de ella hasta fines del siglo XXI, las proyecciones indican que la Tierra se calentará a aproximadamente entre 3 y 5 °C, en relación con los tiempos preindustriales (antes de 1750). Debido al tiempo de residencia medio de los GEI en la atmósfera, en particular por el CO₂.

Se proyecta que las precipitaciones seguirán siendo variables según la temporada y la región, pero en promedio, las proyecciones muestran que las áreas de latitudes altas son cada vez más húmedas y las áreas subtropicales cada vez más secas. Se espera que la frecuencia y la intensidad de precipitaciones muy intensas aumenten, lo que aumenta la probabilidad de tormentas e inundaciones. El actual cambio climático no afectará a todos

los lugares de la misma manera o en el mismo grado, pues presenta una gran variación a nivel regional.

En las próximas décadas, se proyecta que la temperatura promedio global continuará aumentando, aunque la variabilidad natural continuará desempeñando un papel importante en los cambios año a año. Se pueden producir variaciones considerables de los cambios promedio globales a nivel regional. Incluso si se reducen drásticamente las actuales emisiones de GEI, el calentamiento a corto plazo todavía se producirá porque existe un retraso en la respuesta de la temperatura a los cambios en la composición atmosférica.

Durante las próximas dos décadas, la variabilidad natural y la respuesta del sistema climático de la Tierra a las emisiones históricas serán los principales determinantes del calentamiento observado. Sin embargo, después de aproximadamente el año 2050, la tasa y la cantidad de emisiones de GEI emitidas por las actividades humanas, así como la respuesta del sistema climático de la Tierra a esas emisiones, serán los principales factores determinantes de los cambios en la temperatura global y regional. Esfuerzos para la reducción rápida y significativa de las emisiones de GEI todavía puede limitar el aumento de la temperatura global a 2 °C para finales de siglo XXI en relación con los niveles preindustriales (DeAngelo et al., 2017).

También, se espera que los patrones de precipitación sigan cambiando a lo largo de este siglo, y que las tendencias observadas en las últimas décadas continúen, y se proyecta que la precipitación caiga en forma de tormentas más intensas. Estos eventos aumentan la probabilidad de inundaciones, incluso en áreas propensas a la sequía. Al igual que con los aumentos en la temperatura promedio global, se espera cambios a gran escala hacia condiciones más húmedas o más secas y los aumen-

tos proyectados en las precipitaciones intensas sean mayores en los escenarios de emisiones de GEI más altos (por ejemplo, RCP8.5) en comparación con los más bajos (por ejemplo, RCP4.5). También se espera que el calentamiento proyectado conduzca a un aumento en la fracción de precipitación total que no caiga como nieve sino en forma de lluvia, lo que reduce la cantidad de nieve en las áreas que ahora tienen una acumulación confiable de nieve durante la temporada fría, y actúan como depósitos invernales de agua.

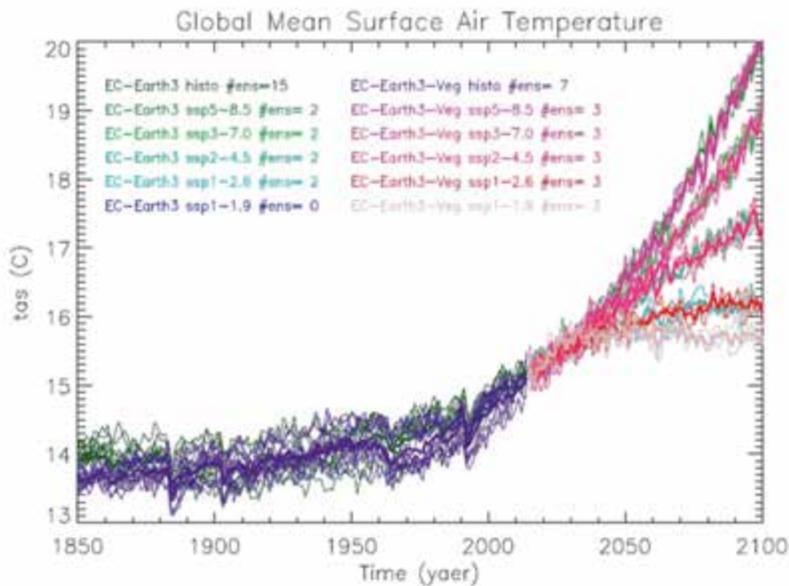


Figura 10.1 Cambios observados y proyectados en la temperatura promedio global del aire en superficie (EC-Earth consortium meeting, Reading, May 21-23, 2019).

11. ¿Cómo modelizan los ordenadores el clima de la Tierra?

Los modelos climáticos globales permiten a los científicos crear “códigos de ordenador”, donde se puede analizar las causas y los efectos de los cambios en la temperatura, la pre-

precipitación y otras variables climáticas. Los modelos climáticos actuales permiten reproducir con precisión las características generales del clima pasado y actual, como la tendencia del comportamiento de la temperatura y la precipitación, la ubicación y la fuerza de la corriente en chorro, la distribución espacial y el ciclo estacional de precipitación, la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, las olas de calor y de frío, sequías, inundaciones y huracanes, etc. También pueden reproducir ciclos naturales históricos, como la aparición periódica de las edades de hielo y los períodos cálidos interglaciales, así como el calentamiento global que se ha producido en los últimos años. Mientras progresivamente se reducen los factores de incertidumbre, los resultados obtenidos y evaluados permiten confiar en las proyecciones realizadas sobre cómo está cambiando el clima y de cómo es probable que cambie en el futuro en respuesta a variables clave como es el forzamiento radiativo debido al aumento de las emisiones de GEI causadas por las actividades humanas.

Los modelos climáticos se basan en ecuaciones matemáticas que representan las leyes fundamentales de la naturaleza y los numerosos procesos que afectan al sistema climático de la Tierra. Al dividir la atmósfera, la tierra y el océano en unidades espaciales más pequeñas para resolver las ecuaciones, los modelos climáticos capturan los patrones de evolución de las presiones atmosféricas, los vientos, las temperaturas y las precipitaciones. Sobre períodos de tiempo más largos, estos modelos simulan patrones de viento, sistemas de altas y bajas presiones, corrientes oceánicas, acumulación y desaparición de hielo y nieve, humedad del suelo, fenómenos climáticos extremos y otras características que conforman el sistema climático.

Entre los diferentes puntos a considerar, está el estudiar el ciclo hidrológico global y su respuesta, que es primordial pues

afecta al vapor de agua y a su comportamiento como GEI específico que es. En una situación de clima cambiante, dependemos metodológicamente de los modelos climáticos globales (GCM) y de los modelos hidrológicos globales (GHM). La resolución espacial de trabajo con estos modelos es básica, ya que condiciona el límite de los procesos y el nivel de detalle con que se pueden resolver. Por lo tanto, el aumento en la potencia de la computadora permite un aumento en la resolución que es clave, pero entonces nos debemos hacer una pregunta crítica: ¿Qué elementos debemos profundizar o mejorar para aprovechar donde se invierte mejor esta mejora de resolución?, ya que requiere un esfuerzo computacional en potencia de cálculo y en gestión de datos no desdeñable (Benedict et al. 2019).

Los resultados de los modelos climáticos globales desarrollados para la próxima evaluación del IPCC sobre el calentamiento global, prevista para el año 2021, muestran una tendencia desconcertante pero innegable: indican un mayor calentamiento. La duplicación del CO₂ atmosférico sobre los niveles preindustriales lleva a predecir un aumento entre 2 ° C y 4.5 ° C de calentamiento. Pero en al menos ocho de los modelos de próxima generación, esa “sensibilidad climática de equilibrio” ha llegado a 5 ° C o más (Voosen, 2019).

La nueva generación de modelos de tiempo y clima tiene un nivel de resolución y complejidad sin precedentes, y ejecutar estos modelos de manera eficiente requiere aprovechar la potencia de cálculo de los supercomputadores y el uso de hardware heterogéneo (Hatfield et al. 2019). En este momento se están instalando supercomputadores que tienen una potencia de cálculo de 200 Petaflops (potencia de 10¹⁷) y el objetivo cercano es llegar en los próximos años a una potencia de Exaflops (10¹⁸), lo que permitiría efectuar simulaciones climáticas con una resolución espacial de 1 km² (ENES, 2012).

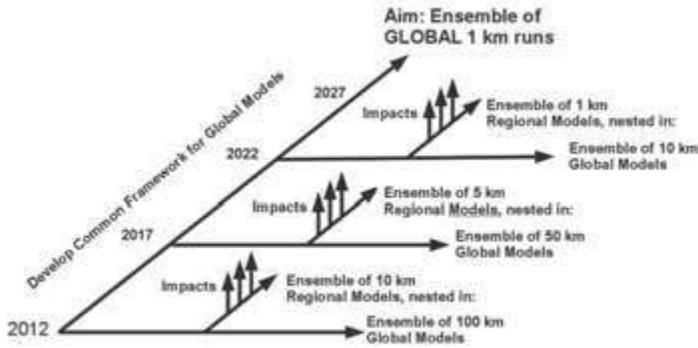


Figure 3: evolution diagram with global/regional models and resolution

Figura 11.1 Diagrama de evolución con modelos climáticos globales/regionales con respecto a su resolución espacial en el tiempo (ENES 2012).

12. ¿Se pueden proyectar los efectos del actual cambio climático a una escala regional?

Con los avances en la potencia de cálculo de los supercomputadores, los efectos futuros del cambio climático se pueden proyectar con mayor precisión para las comunidades locales. La modelización del clima a una escala local de alta resolución (escala reducida) se puede usar para producir resultados a una escala de 1 a 20 km. Estas proyecciones a escala reducida muestran los impactos relacionados con el clima a nivel local y son una herramienta importante para la planificación y la toma de decisiones.

Un foco de investigación importante reciente ha sido desarrollar modelos de impactos climáticos a una escala geográfica relativamente pequeña. La mayoría de las proyecciones climáticas globales utilizan unidades de mado que pueden ser demasiado grandes para representar correctamente los diferentes accidentes topográficos. Se han utilizado dos enfoques diferentes para proyectar las condiciones climáticas locales.

El primero es un enfoque estadístico que utiliza observaciones locales junto con modelos globales para proyectar cambios futuros. Las observaciones locales requeridas para este enfoque están disponibles solo para regiones limitadas y para algunas variables climáticas (principalmente temperatura y precipitación).

El segundo método es el llamado enfoque dinámico que utiliza un modelo de alta resolución, similar a un modelo de predicción del tiempo (tipo NWP), para dar cuenta de la topografía compleja y usos del suelo que pueden afectar al clima a nivel local. Los modelos dinámicos de alta resolución son lo suficientemente completos como para simular numerosas variables climáticas (temperatura, precipitación, vientos, humedad, etc.) y no requieren de las observaciones locales requeridas en el enfoque estadístico. Sin embargo, estos modelos requieren una gran cantidad de potencia de cálculo.

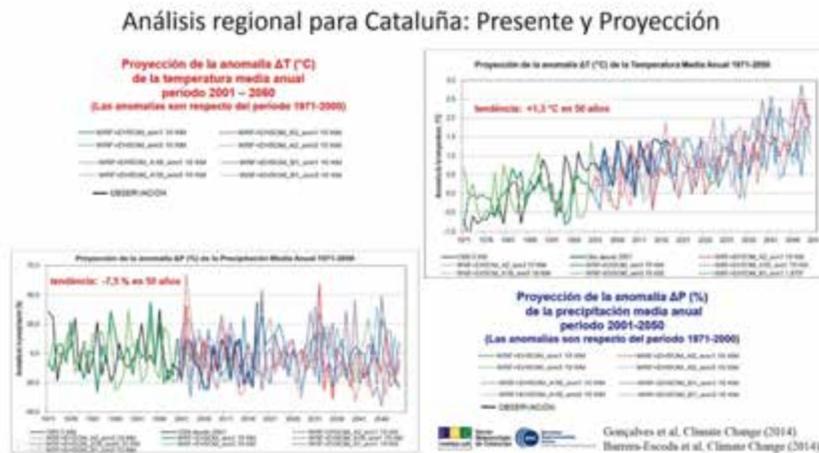


Figura 12.1 Proyección regional de la anomalía ΔT (°C) de la Temperatura Media Anual 1971-2050 con una tendencia lineal positiva media de 1,2 °C y de la anomalía ΔP (%) de la Precipitación Media Anual 1971-2050 con una tendencia lineal negativa del 7,5%, en 50 años para Cataluña.

Las supercomputadoras más poderosas de hoy permiten examinar los efectos del cambio climático de forma que era imposible hace solo unos pocos años. Durante la próxima década, se pronostica que las velocidades de las computadoras aumentarán 100 veces o más, mejorando las proyecciones y los modelos climáticos tanto a nivel global como local, mejorando sustancialmente la resolución espacial de cálculo.

También se debe tener en cuenta que tanto los enfoques estadísticos como los dinámicos tienen sesgos y errores que se combinan con las incertidumbres de las simulaciones de los modelos globales (Thrasher et al., 2013).

13. ¿Cuáles son las incertidumbres clave a la hora de proyectar el actual cambio climático?

El conocimiento preciso de la evolución del actual cambio climático durante este siglo XXI está sujeto a un grado significativo de incertidumbres, principalmente debido al comportamiento de las emisiones, a la variabilidad natural del clima y a las limitaciones de los modelos climáticos (Hawkins and Sutton, 2009).

Primero, las proyecciones de los cambios climáticos futuros generalmente se basan en escenarios (o conjuntos de supuestos) sobre cómo las emisiones futuras pueden cambiar debido a los cambios en la población, el uso de la energía, la tecnología y la economía. La sociedad puede optar por reducir las emisiones o continuar por un camino de aumento de las mismas. Las decisiones humanas, tal y como se reflejan en los escenarios, se convierten en el principal elemento determinante del futuro del cambio climático.

Una segunda fuente de incertidumbre es la variabilidad natural climática, que afecta el clima en escalas de tiempo de meses a décadas. Estas variaciones naturales son en gran medida impredecibles, como una erupción volcánica, y se superponen al calentamiento global. Es decir, variabilidad interna (forzamiento natural) versus variabilidad externa (forzamiento antrópico).

Una tercera fuente de incertidumbre implica las limitaciones de nuestro conocimiento científico actual. Los modelos climáticos difieren en la forma en que representan diversos procesos (por ejemplo, propiedades de las nubes, circulación oceánica y efectos de los aerosoles). Además, la sensibilidad climática, o cuánto se calentará el clima con un aumento dado de GEI (a menudo una duplicación de GEI con respecto a los niveles preindustriales), sigue siendo una fuente importante de incertidumbre. Como resultado, diferentes modelos producen pequeñas diferencias en las proyecciones del cambio medio global. Se usan múltiples modelos para explicar la variabilidad y representar esto como un rango de resultados proyectados.

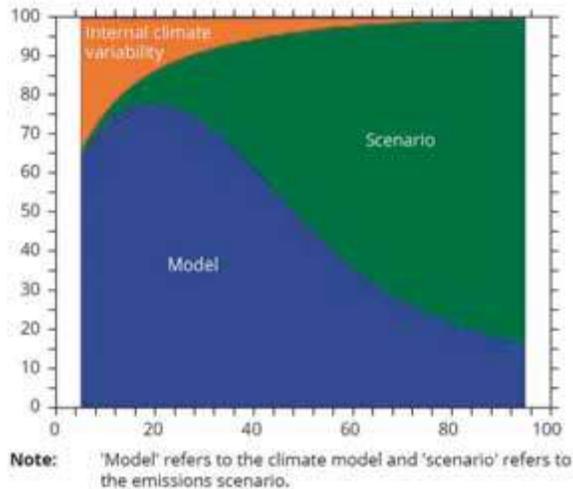


Figura 13.1 Contribuciones relativas de tres fuentes de incertidumbre en proyecciones de clima modelo de temperatura media global de la superficie (Hawkins and Sutton, 2009).

Además, existe la posibilidad de que haya procesos y retroalimentaciones que aún no se incluyan en las proyecciones del clima futuro. Por ejemplo, a medida que el Ártico se calienta, el carbono atrapado en el permafrost en forma de metano puede ser liberado a la atmósfera, lo que aumentaría el calentamiento, o la capa de hielo puede colapsar, lo que lleva a un avance más rápido de lo esperado del aumento del nivel del mar.

Sin embargo, para un escenario posible dado, la intensidad del actual cambio climático a futuro se puede especificar dentro de términos plausibles con un marco temporal limitado en el tiempo, con esos límites determinados no solo por las diferencias en la forma en que el clima responde al aumento de las concentraciones de GEI entre los modelos, sino también utilizando información sobre los cambios climáticos en el pasado (Harrison and Stainforth, 2009).

14. ¿Se está calentando la Tierra en todas partes a igual velocidad?

Toda la Tierra se está calentando, el conjunto existente de observaciones lo confirman, pero las temperaturas no están aumentando de la misma forma en todas partes del planeta. Se proyecta que la temperatura global promedio continuará aumentando debido a las emisiones de GEI. Se espera que las latitudes altas continúen calentándose más que las latitudes más bajas; así como que las regiones costeras e insulares se calienten menos que las regiones continentales. No obstante, las temperaturas no son sino únicamente una parte del problema.

El Ártico se está calentando dos veces más rápido que el promedio mundial desde mediados del siglo XX –lo que se conoce como “*la amplificación ártica*”. Las temperaturas promedio

en el período 2014–2016 fueron notablemente más cálidas en comparación con las últimas décadas. Las altas temperaturas diarias récord ahora ocurren con el doble de frecuencia que las temperaturas bajas récord. En Alaska, a partir de la década de 1990, las temperaturas récord se produjeron tres veces más que los mínimos históricos, y en 2015, nueve veces más.

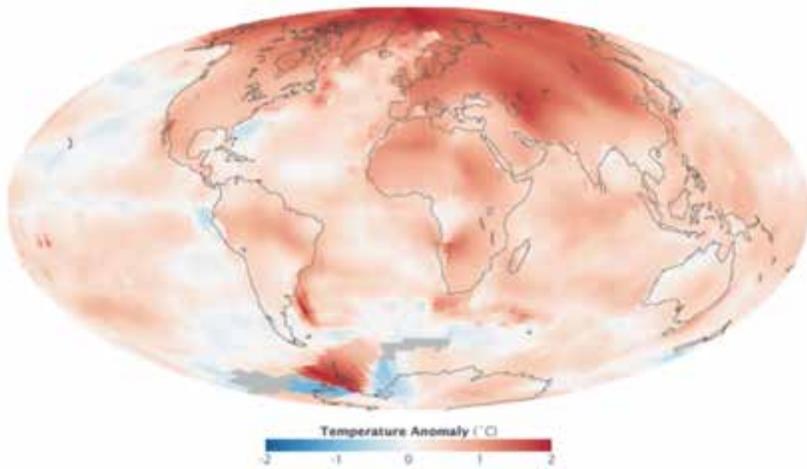


Figura 14.1 Tendencia de temperatura período 2000–2009. La zona Ártica se está calentando más rápidamente que el resto del planeta (fuente: NASA GISS).

No obstante, los cambios de temperatura en una ubicación determinada son función de múltiples factores, tanto globales como locales, tanto por las influencias naturales como humanas. Aunque la temperatura promedio de la Tierra está aumentando, algunos lugares podrían estar enfriándose debido a factores locales. En algunos lugares las temperaturas no muestran una tendencia al calentamiento en todo el siglo pasado, aunque han aumentado desde la década de 1960. La posible causa del no calentamiento en algunas zonas se puede deber a un aumento de la capa de nubes y la precipitación, a aumentos de la presencia de aerosoles en la atmósfera -especialmente de partículas finas-, bosques en expansión, disminución de la cantidad de calor proveniente de la tierra por los aumentos en

la irrigación y la variabilidad multidecadal en las temperaturas de la superficie del mar, tanto en el Atlántico norte como en el océano Pacífico. La falta de calentamiento o la disminución de la temperatura en una ubicación específica no niega el hecho de que, en general, el planeta se está calentando.

Debido a que el balance energético del sistema climático de la Tierra aún tiene capacidad para acumular más energía, el calentamiento global aún no se ha equilibrado debido al aumento de GEI que ya se ha acumulado en la atmósfera, -los océanos todavía se están calentando en muchas capas desde la superficie hacia las aguas profundas-. Algunos GEI tienen una larga vida útil (por ejemplo, el CO₂ tiene tiempos de residencia en la atmósfera superiores a un siglo). Por lo tanto, incluso si las emisiones de GEI se redujeran drásticamente, se estima que la Tierra está ya comprometida con un calentamiento global de más de 1 °C para el año 2100.

Dentro de la dinámica temporal del clima, habrá años que serán más fríos que los anteriores; algunas décadas incluso podrían ser más frías que la década anterior. Se puede esperar que continúen en el futuro breves períodos de aumentos de temperatura más rápidos y también disminuciones temporales de la temperatura global debido a la variabilidad natural del clima y otros factores. No obstante, cada década sucesiva en los últimos 30 años ha sido la más cálida en el período de registros instrumentales fiables. De hecho, la tasa de calentamiento se ha acelerado en las últimas décadas, y 17 de los 18 años más cálidos han ocurrido desde 2001. Sobre la base de este registro histórico y de los escenarios evaluados para el futuro, se espera que las temperaturas globales futuras, promediadas en escalas climáticas de 30 años o más, sean superiores a los períodos anteriores como resultado de las emisiones de CO₂ y otros GEI debido al actual modelo socio-económico-energético que gobierna las actividades humanas.

15. ¿Qué se quiere decir con el “año más cálido registrado”?

Cuando los científicos señalan el dato de la temperatura promedio de un año como el “*año más cálido registrado*”, significa que es el año más cálido desde que se inició el registro de la temperatura de la superficie global en 1880. Los datos de temperatura global muestran que el año 2016 mantiene el título de más cálido, con 1,2 °C por encima de esa referencia preindustrial. La Organización Meteorológica Mundial (<https://unfccc.int/es/news>) ha confirmado los años 2015, 2016, 2017 y 2018 como los cuatro más cálidos jamás registrados desde que comenzaron los registros en 1880, lo que confirma la continuidad del actual cambio climático provocado por las concentraciones atmosféricas de GEI. No obstante, la tendencia a largo plazo de la temperatura es mucho más importante que la clasificación de los años individuales. Y esa tendencia es ascendente.

El “año más cálido registrado” significa que es el año más cálido en más de 130 años de registro de la temperatura de la superficie global del planeta. Antes de 1880, las observaciones no cubrían un área suficientemente grande de la superficie de la Tierra como para permitir un cálculo preciso de la temperatura promedio global. Para calcular el valor en tiempos recientes, se evalúan datos de aproximadamente 6,300 estaciones en todo el mundo, no solo en tierra, sino también con información de barcos y boyas. Las medidas registradas de la temperatura del aire muestran que 17 de los 18 años más cálidos han ocurrido desde el año 2001, es decir durante este siglo XXI. Sin embargo, dado que la temperatura global de la superficie terrestre se ve afectada por la variabilidad natural además de por el forzamiento antrópico actual, no se puede esperar que cada año se establezca un nuevo récord de temperatura.

16. ¿En qué se diferencian las proyecciones climáticas de las predicciones meteorológicas?

El conjunto de posibles condiciones meteorológicas en un lugar específico en un día determinado puede variar considerablemente. El clima varía mucho menos para esa misma ubicación, porque es una medida de las condiciones meteorológicas promediadas en 30 años o más. Por ejemplo, la temperatura más alta durante el día en un lugar determinado puede variar en 15 °C o más en el transcurso de un solo día, mientras que la temperatura promedio anual durante 30 años puede variar en no más de unos pocos grados.

Proyectar cómo será la tendencia climática en las próximas décadas es un problema científico diferente al pronóstico del tiempo para los próximos días. La predicción del tiempo significa determinar la ubicación exacta, el momento y la magnitud de eventos específicos. Debido a que el conjunto de posibles condiciones meteorológicas puede variar tanto, el pronóstico del tiempo es extremadamente sensible incluso a las incertidumbres o errores más pequeños en la descripción del estado de la atmósfera al inicio de un pronóstico, lo que se conoce como condiciones iniciales. El impacto de esas incertidumbres aumenta con la duración temporal del pronóstico, lo que hace que sea difícil predecir eventos meteorológicos específicos en un lugar determinado con más de una o dos semanas.

Debido a que el conjunto de posibles condiciones climáticas en un lugar determinado es mucho más pequeño que el conjunto de posibles condiciones meteorológicas, ello permite proyectar las condiciones climáticas en el futuro. Cómo el clima cambia con el tiempo en respuesta a los forzamientos naturales, caso de los cambios de la radiación solar entrante, y también en respuesta a las actividades humanas, como es el aumento

de la concentración atmosférica de GEI o la disminución de la contaminación por partículas/aerosoles, estas proyecciones generalmente se expresan en términos de probabilidades que describen un conjunto de resultados posibles, no en el lenguaje determinista de los pronósticos meteorológicos.



❖ CLIMA, TIEMPO Y EVENTOS EXTREMOS

17. ¿Hubo un «hiato» –una interrupción- en el calentamiento global?

Los registros de temperatura muestran que la tendencia a largo plazo (30 años o más) en el aumento de las temperaturas no ha cesado. La tasa de calentamiento ha sido más rápida durante algunas décadas y más lenta durante otras, pero estos períodos de tiempo relativamente cortos no son una base que permita concluir de forma rotunda que se está produciendo un calentamiento global sostenido.

El “*calentamiento global*” se refiere al aumento en la temperatura media global de la superficie terrestre que se ha observado durante más de un siglo. Este calentamiento se evidencia claramente tanto en el registro de las medidas de la temperatura en superficie como en las mediciones satelitales de la temperatura de la atmósfera inferior (troposfera). Si bien la tendencia a largo plazo muestra un calentamiento, es esperable que la tasa de calentamiento varíe de un año a otro o de una década a otra debido a la variabilidad natural inherente del sistema climático, o debido a cambios a corto plazo en los forzamientos climáticos, como los aerosoles. (polvo, contaminación o partículas volcánicas) o energía solar entrante.

Desaceleraciones temporales en la tasa de calentamiento se han producido anteriormente, incluso cuando las concentraciones de CO₂ y otros GEI han continuado aumentando. También se han producido aceleraciones temporales, sobre todo desde principios de 1900 hasta 1940 y desde 1970 hasta finales de los

90. Las simulaciones, tanto del clima histórico como del futuro, producen variaciones similares en la tasa de calentamiento, lo que hace que las variaciones recientes en las tendencias de temperatura a corto plazo no sean sorprendentes (Trenberth, 2015).

Desde mediados de la década de 1940 hasta mediados de la década de 1970, casi no hubo un aumento en la temperatura global, se considera que está relacionado con un aumento de la actividad volcánica y/o a las emisiones de aerosoles realizadas por el hombre (uso de combustibles fósiles con un elevado contenido de Azufre). En particular, durante los 15 años posteriores al evento El Niño de 1997–1998, la tasa observada de aumento de la temperatura fue menor que la proyectada por algunos modelos climáticos. Sin embargo, durante este período, y esto es importante, otros indicadores del cambio climático continuaron con tendencias asociadas con el calentamiento global, como el aumento del contenido de calor de los océanos y la disminución de la extensión del hielo marino del Ártico. Es muy importante señalar que el actual cambio climático esta soportado por un número significativo de diferentes indicadores climáticos, y no toma como único indicador la temperatura de la superficie terrestre, aunque esta sea fundamental.

18. ¿Qué es un evento extremo?

Un evento extremo es un fenómeno meteorológico relacionado con el tiempo o el clima que es particularmente raro en un momento determinado por su localización y por el año o período estacional en que tiene lugar. Entre los eventos extremos se incluyen sequías, incendios forestales, inundaciones, tormentas severas -incluidos huracanes; medicanes en el caso del Mar Mediterráneo-, olas de calor, y lluvias intensas. Tienen o pueden

tener efectos devastadores en zonas locales o regionales, en las infraestructuras, en la economía, en la agricultura y en el medio natural.

Se determina si un evento es extremo o no comparando las mediciones de las variables meteorológicas y climáticas (lluvia, velocidad del viento, temperatura, etc.) con los valores umbrales de dichos fenómenos. Los eventos por encima o por debajo de determinados umbrales/niveles se consideran ocurrencias raras, caso de los eventos que se ubican en el 5% más alto o más bajo de los valores observados. Se pueden usar varios umbrales para definir si un solo evento se considera extremo, y el umbral puede cambiar dependiendo del período de interés (día, mes, año, etc.) y el período de referencia elegido (por ejemplo, 1961–1990 versus 1900–2000).

Es posible que un solo evento cumpla con la definición de evento extremo, pero no tenga un gran impacto. A la inversa, es posible que varios tipos de eventos que no se consideren extremos individualmente causen impactos catastróficos cuando se toman juntos, como una secuencia de días calurosos que ocurren durante condiciones de sequía que empeoran una sequía, o varios eventos de lluvia que ocurren uno tras otro que producen inundaciones (Knutson et al. 2017; Kossin et al. 2017).

La frecuencia e intensidad de los eventos extremos ha aumentado. Hasta hace poco, era difícil atribuir claramente estos eventos al cambio climático. Ahora, observaciones más precisas y el progreso en su modelización han establecido de forma clara su relación causal. Las tormentas son cada vez más húmedas y lentas. Ser más lentas significa que la tormenta en su conjunto es probable que pase más tiempo en un solo lugar. Esto, combinado con ser más húmedas, aumenta el riesgo de inundaciones. El nivel de precipitación liberado por el huracán Harvey

es estadísticamente extremadamente raro, con una probabilidad una vez por cada 9,000 años. Tormentas récord similares se registraron en 2018, como el huracán Florence y el tifón Mangkhut, en Asia, con derrumbes masivos, fuertes vientos y mareas de tormenta que azotaron la región.

Las tormentas también ocurren con mayor frecuencia fuera de su patrón meteorológico habitual. Por ejemplo, después de la extremadamente activa temporada de huracanes del Atlántico en el año 2017, la tercera más activa en el registro, la NOAA predijo que el año 2018 estaría por debajo del promedio, en parte debido a las condiciones de El Niño. Sin embargo, a mediados de septiembre, la temporada de huracanes en el Atlántico ya había superado la previsión de 13 tormentas con nombre, y dos meses y medio restantes de temporada.

Los patrones de lluvia no solo se han vuelto más intensos con el cambio climático, sino que también cambian de forma húmeda a seca más erráticamente. Si las emisiones de CO₂ continúan aumentando, es probable que la mitad de toda la lluvia adicional provocada por el cambio climático ocurra dentro de los seis días más húmedos del año. Las consecuencias de tales cambios pueden verse en Kerala (India), este año. Después de 20 días con 164% más de lluvia de lo normal, el suelo se derrumbó, causando deslizamientos de tierra en todo el estado y expulsando a más de 1 millón de personas de sus hogares.

Los registros de las olas de calor caracterizaron el verano del hemisferio norte del año 2018, los resultados de los modelos sugirieron que el cambio climático hizo que las olas de calor tuvieran el doble de probabilidades en muchos lugares. Japón declaró un desastre nacional en julio cuando una ola de calor barrió todo el país. Se registró un nuevo récord, 41.1 °C, en

Kumagaya (Japón). En el Círculo Polar Ártico, se registraron temperaturas superiores a 30 °C e incendios forestales. Los lagos y las aguas marinas eran de 5 a 6 °C más cálidos de lo normal en Finlandia, lo que provocó la proliferación severa de algas. La temperatura más alta que jamás se haya medido de manera confiable en África, 51.3 °C, se registró en el desierto del Sahara en Argelia en julio y la temperatura más alta conocida en el mundo, 42.6 °C en la parte más fresca de la noche, se registró en Omán.

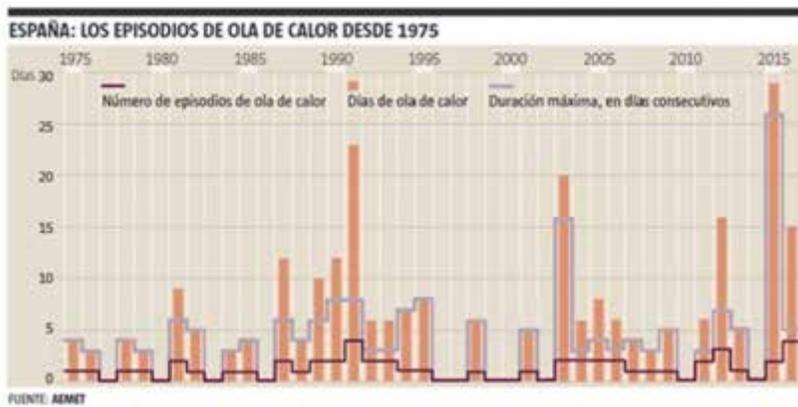


Figura 18.1 Episodios de Ola de Calor en España desde 1975 (AEMET, 2018).

La ola de calor en el norte de Europa agravó una sequía existente, provocada por los meses de mayo y junio excepcionalmente secos y cálidos. Suecia sufrió algunos de sus peores brotes registrados de incendios forestales, lo que llevó a la mayor respuesta de emergencia de incendios de la UE coordinada. La sequía también tuvo grandes implicaciones para la agricultura, con un 30-50% del rendimiento esperable menor para los cultivos. Con un incremento de 1,5 °C y 2 °C de calentamiento global, los eventos de olas de calor podrían ser amplificadas por la humedad.

19. ¿Ha habido cambios en los fenómenos meteorológicos extremos?

El actual cambio climático ha alterado la frecuencia, la intensidad, la duración o el tiempo de cierto tipo de eventos meteorológicos extremos en comparación con períodos de tiempo pasados. Los efectos negativos de un tiempo más severo y extremo aumentan la preocupación sobre cómo el cambio climático podría estar alterando el riesgo de tales eventos.

Si bien siempre ha habido eventos extremos debido a causas naturales, la frecuencia y la gravedad de algunos tipos de eventos ha aumentado. A medida que la temperatura del aire y de los océanos se ha calentado debido a las emisiones de GEI por las actividades humanas, las temperaturas más altas se han vuelto más frecuentes y las temperaturas frías menos frecuentes. Con los aumentos continuos de la concentración de los GEI en la atmósfera, las posibilidades de temperaturas cada vez más elevadas continuarán aumentando, y la aparición de temperaturas más bajas será cada vez menos frecuente. Incluso con temperaturas medias mucho más cálidas a finales del siglo XXI, es posible que aún haya récord ocasional de períodos fríos, aunque los casos de calor récord serán más comunes.

Debido a que el aire más cálido puede contener más humedad, los eventos de lluvia intensa se han vuelto más frecuentes y severos en algunas áreas y se proyecta que aumentarán en frecuencia y gravedad a medida que la Tierra continúe calentándose. Asimismo, se considera que tanto la intensidad como las tasas de lluvia de los huracanes aumentarán ya que se fortalecen en un clima más cálido. Investigaciones recientes han demostrado cómo el calentamiento global puede alterar la circula-

ción atmosférica y los patrones climáticos, como la corriente en chorro, que afectan la ubicación, la frecuencia y la duración de estos y otros extremos.

Se necesita mejorar la comprensión científica de cómo el actual cambio climático afectará a otros tipos de fenómenos meteorológicos extremos. Estos eventos ocurren en escalas mucho más pequeñas de espacio y tiempo, lo que hace que las observaciones y su modelización sea más compleja y difícil. Proyectar la influencia futura del actual cambio climático en estos eventos extremos también puede complicarse por el hecho de que algunos de los factores de riesgo de estos eventos pueden aumentar, mientras que otros pueden disminuir (Kossin et al. 2017).

Casi 62 millones de personas sufrieron los efectos de fenómenos meteorológicos extremos en 2018. Se contabilizaron 10.733 muertes como consecuencia de los desastres naturales, según las Naciones Unidas (2019). Ninguna parte del mundo se salvó de su impacto. Las inundaciones, sequías, tormentas, e incendios afectaron a 57.3 millones de personas. Los incendios forestales provocaron estragos en Europa y América del Norte. Grecia, por ejemplo, sufrió el incendio forestal más mortal de su historia (126 víctimas), en el caso de Estados Unidos, sufrió el incendio forestal más mortal en más de un siglo (88 víctimas) y el incendio forestal más costoso (16.5000 millones de dólares). Las estadísticas de las Naciones Unidas constatan que 9,3 millones de personas sufrieron periodos de sequía, como en Kenia (3 millones), Afganistán (2,2 millones) y América Central (2,5 millones), incluidos los puntos críticos de migración de Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua.

20. ¿Se pueden los atribuir eventos meteorológicos específicos relacionados con el clima al actual cambio climático?

Si bien es difícil atribuir un evento meteorológico específico a una sola causa, el actual cambio climático puede influir en que sea más probable que ocurra un evento, también puede contribuir en la severidad de estos eventos. Nuestra capacidad para detectar la influencia del calentamiento global en determinados tipos de eventos extremos depende tanto de la longitud y la calidad de los registros históricos de estos eventos como de cómo se puede simular los procesos y fenómenos que los producen y sustentan.

Es necesario señalar la dificultad en discernir sobre un evento meteorológico extremo, que parte se debe a las condiciones meteorológicas concretas provocadas por la variabilidad natural del clima y que otra parte es debida al forzamiento antrópico del actual cambio climático. La acumulación de observaciones e información, permiten estar en la vía para poder realizar objetivamente dicha discriminación.

La atribución de eventos extremos es un avance científico relativamente reciente que busca determinar si el actual cambio climático alteró la probabilidad de ocurrencia de un evento extremo dado (Knutson et al. 2017; Wehner et al. 2017) Se necesita un registro de datos con una larga extensión temporal y de alta calidad de un tipo determinado de evento y un modelo capaz de producir una simulación realista del evento para evaluar la influencia del cambio climático. Debido a estas limitaciones de datos y modelos, nuestra capacidad para detectar la influencia del calentamiento global en las olas de calor y, en menor medida, en los eventos de fuertes lluvias es mejor en la actualidad que nuestra capacidad para detectar su

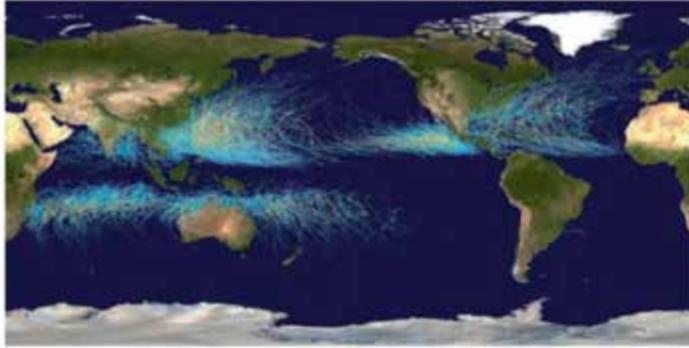
influencia en tornados o huracanes. A medida que se recopilen más datos y desarrollen herramientas más avanzadas, se podrá cuantificar mejor las relaciones de causa y efecto en los diferentes componentes del sistema climático, lo que debería mejorar la capacidad para atribuir cuánto contribuyen el actual cambio climático.

Un ejemplo de la atribución de eventos proviene de procesos de sequía, donde se atribuye que el cambio climático contribuye entre un 8% y un 27% a la gravedad de las mismas (Williams et al. 2015). Las sequías son frecuentes y ocurren independientemente de la actividad humana, pero el actual cambio climático provoca un aumento de la evaporación, una disminución de la humedad y un aumento de la porosidad del suelo; intensificándose las sequías durante los períodos de poca lluvia (Knutson et al. 2017).

21. ¿Podría el actual cambio climático empeorar los ciclones?

El término ciclón tropical se usa para referirse a un sistema tormentoso caracterizado por una circulación cerrada alrededor de un centro de baja presión que produce fuertes vientos y abundante lluvia. Los ciclones tropicales extraen su energía de la condensación de aire húmedo, produciendo fuertes vientos. Dependiendo de su fuerza un ciclón tropical puede llamarse depresión tropical, tormenta tropical, huracán y dependiendo de su localización se pueden llamar tifón (especialmente en las Islas Filipinas, Taiwán, China y Japón) o simplemente ciclón como en el Índico.

Tropical cyclone tracks



Map of the cumulative tracks of all tropical cyclones during the 1985–2005 time period. The Pacific Ocean west of the International Date Line sees more tropical cyclones than any other basin, while there is almost no activity in the Atlantic Ocean south of the Equator.

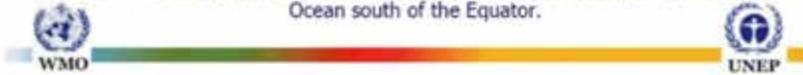


Figura 21.1 Recorrido de los ciclones tropicales (fuente: WMO).

La actividad de huracanes en el Atlántico ha aumentado desde la década de 1970, pero la duración relativamente corta y de alta calidad de los registros de huracanes aún no permite decir cuánto de ese aumento es natural y cuánto puede deberse al actual cambio climático. Con el calentamiento futuro previsto, especialmente de las aguas oceánicas, es probable que aumenten las tasas de huracanes más intensos, según la teoría y los modelos numéricos. Sin embargo, los resultados de las simulaciones no están de acuerdo sobre si el número total de huracanes en el Atlántico aumentará o disminuirá. El aumento del nivel del mar contribuirá a aumentar la amenaza de inundaciones por mareas durante los huracanes.

La actividad de huracanes está indudablemente relacionada con las temperaturas de la superficie del mar; aguas más cálidas producen huracanes más fuertes con lluvias más intensas.

El Océano Atlántico tropical se ha calentado durante el siglo pasado. Sin embargo, los registros de alta calidad de los huracanes del Atlántico son demasiado cortos en el tiempo para poder separar de manera fiable las tendencias a largo plazo en la frecuencia, intensidad, marejada ciclónica o las tasas de lluvia a partir de la variabilidad natural (Kossin et al. 2017). Esto no significa que no haya tendencias, solo que el registro de datos no es lo suficientemente largo para determinar claramente la causa (Kossin et al. 2017).

La mayoría de los resultados de las simulaciones hechas están de acuerdo en que es probable que el actual cambio climático a lo largo del siglo XXI incremente la intensidad promedio y las tasas de lluvia de los ciclones. Pero hay menos certeza acerca de si el número promedio de tormentas por temporada aumentará o disminuirá. Los primeros resultados plantearon la posibilidad de un aumento futuro significativo en el número de tormentas de categoría 4 y 5. Si bien eso sigue siendo posible, resultados más recientes con mayor resolución proporcionan mensajes mixtos: algunos proyectan aumentos en el número de tormentas más fuertes, y otros las disminuyen.

Independientemente de los cambios en la frecuencia o intensidad de las tormentas, el aumento del nivel del mar aumentará la amenaza de inundaciones por mareas de tormenta durante los ciclones.



❖ EFECTOS AMBIENTALES

22. ¿Qué causa el aumento del nivel del mar y cómo afectará a las áreas costeras?

A lo largo del último millón de años de la historia de la Tierra, el nivel del mar ha disminuido durante los períodos glaciales, el agua de mar se transfiere a los continentes en forma de hielo, y aumenta durante los períodos interglaciales que se caracterizan por sus temperaturas globales cálidas. Durante el último Máximo Glacial (hace 26.000 años), el nivel del mar era aproximadamente 125 m más bajo que hoy (Peltier y Fairbanks, 2006). Entre 1900 y 2016, el nivel del mar aumentó entre 16–21 cm (USGCRP, 2017), y datos más precisos recopilados de las mediciones desde satélites revelaron un aumento acelerado de 7.5 cm desde 1993 a 2017 (WCRP 2018). Un promedio de 1,7 mm/año en el último siglo y de 3,2 mm/año desde 1993 hasta 2010 (Church et al., 2013).

Las variaciones en el nivel del mar están determinadas por tres causas principales, las dos primeras están afectadas por el calentamiento global:

- 1) expansión térmica de las aguas oceánicas, por cambios de su densidad, que está influenciada principalmente por la temperatura, además de por su salinidad;
- 2) aumento la masa de los océanos por la fusión del hielo de los glaciares, capas de hielo de las zonas criogénicas del planeta y cambios en la hidrología terrestre;

- 3) variaciones en la forma del suelo oceánico y la superficie terrestre debido a los ajustes a largo plazo de la corteza terrestre.

Otras variables que pueden influir en el nivel relativo del mar a nivel local, se debe a los patrones de variabilidad natural del clima -por ejemplo, por los eventos de El Niño / La Niña- (Sweet et al. 2017).

La expansión térmica se refiere al aumento del volumen del agua a medida que se calienta. El deshielo de los glaciares de montaña y las capas de hielo de la Antártida y Groenlandia aporta agua adicional a los océanos, lo que eleva el nivel medio global del mar. Se estima que la expansión térmica provoca de 0,2-0,4 m/°C (Reto y Stocker 2000), la fusión del hielo de Groenlandia provocaría un aumento de 7,3 m (Bamberg et al. 2001), y el hielo Antártico del orden de 57 m (Lythe et al. 2001).

El aumento del nivel del mar contribuirá cada vez más a inundaciones de marea alta e intensificará la erosión costera, que ya está afectando a muchos lugares (las proyecciones relativas al aumento del nivel del mar local se pueden visualizar en <http://flood.firetree.net/>). Las inundaciones durante la marea alta con o sin efecto de tormenta, la erosión costera y la pérdida de playas y humedales son cada vez más comunes debido a décadas de aumento relativo del nivel del mar local (Sweet et al. 2017). Se espera que el nivel del mar continúe aumentando a un ritmo acelerado, ya sea en un escenario de emisiones más o menos intenso, lo que aumenta la frecuencia de las inundaciones de marea alta, intensificando la erosión costera y la playa y la pérdida de humedales, y causando un mayor daño a las propiedades, estructuras e infraestructuras costeras debido a fuertes oleadas durante las tormentas.

Las zonas costeras están aumentando de nivel en algunos lugares y en otros se están hundiendo debido a causas naturales (por los cambios tectónicos) y las actividades humanas que generan procesos de subsidencia (como la extracción de hidrocarburos o uso de las aguas subterráneas).

Aunque hay varias misiones satelitales que miden el aumento del nivel del mar (por ejemplo, Jason-3, SWOT, GRACE-FO, ICESat-2), varios aspectos geofísicos importantes no están siendo adecuadamente considerados, como son: 1) el movimiento vertical de la Tierra, 2) la capa de hielo y deshielo de la superficie de los glaciares, y 3) la ubicación y propiedades de la topografía de roca de fondo de la capa de hielo. La falta de conocimiento de estos parámetros continúa limitando nuestra capacidad para proyectar el aumento futuro del nivel del mar.

Las zonas costeras representan solo el 2 por ciento de la superficie terrestre total, pero generan más del 10% del PIB mundial, y alrededor de 600 millones de personas viven en la costa. Un estudio reciente estimó costes de hasta 25.000 millones de €/año para 2080 solo para los países europeos debido al aumento del nivel del mar (Hanson et al. 2011), mientras que para países como Bangladesh, Vietnam y pequeños estados insulares en el Pacífico occidental, o incluso las costas de Florida (Estados Unidos), las posibles consecuencias serán más severas.

En las próximas décadas el aumento del nivel del mar representa una preocupación importante para la sociedad humana. Incluso un aumento moderado del nivel del mar durante este siglo XXI dará lugar a aumentos significativos de inundaciones costeras y marejadas ciclónicas, así como la intrusión de agua salada en los acuíferos costeros. *El aumento del nivel del mar es una de las consecuencias más graves y tangibles del actual cambio climático.*

Los tiempos de respuesta del nivel del mar al calentamiento global son lentos; van desde 10 a 100 años por contribuciones desde los glaciares, hasta miles de años para contribuciones de calentamiento del océano profundo y derretimiento de las zonas criogénicas. El aumento global del nivel del mar de estas contribuciones combinadas continuará así durante muchos milenios, incluso si las temperaturas se estabilizan. Nuevas investigaciones calculan que incluso si el mundo logra alcanzar el objetivo de 2 °C, por cada 5 años de retraso en el máximo de las emisiones de CO₂, esto compromete un aumento adicional del nivel del mar de 20 cm.

La tasa de pérdida de hielo en la Antártida está aumentando y ahora es un 80% más alta que las proyecciones realizadas por el IPCC en 2014. Continuar con esta trayectoria significaría un aumento de 10 a 15 cm adicionales en el nivel mundial del mar en 2100. Sin embargo, las proyecciones el IPCC de 2014 no consideraron las respuestas dinámicas de la capa de hielo y sus puntos de inflexión potenciales, estos aspectos podrían provocar un aumento considerable. Una mayor pérdida de hielo de la Antártida Occidental y Groenlandia podría ocurrir debido a la inestabilidad de la capa de hielo marino y al aumento de la fusión, respectivamente. Esto podría causar un aumento de varios metros en el nivel del mar en los próximos años.

23. ¿Cómo afecta el calentamiento global a la cubierta de hielo marino Ártico?

La región ártica se ha calentado en aproximadamente 2 °C desde 1900, el doble que la temperatura global, este hecho es conocido con el nombre de “*amplificación ártica*”. En consecuencia, la cubierta de hielo marino Ártico ha disminuido significativamente en las últimas cuatro décadas –tanto en superficie como

en espesor-. En el verano y el otoño, el área de hielo marino ha disminuido en un 40% y el volumen de hielo marino ha disminuido en un 70% en comparación con los años 70 y anteriores del siglo XX.

Hoy en día, el hielo marino del Ártico se encuentra en un proceso significativo de reducción, como lo muestran las mediciones satelitales que comenzaron a finales de 1970, y su tasa actual de pérdida de hielo marino tampoco tiene precedentes en el registro de observaciones. La cubierta de hielo marino del Ártico es sensible al actual cambio climático porque están en juego fuertes procesos de retroalimentación positiva. A medida que el hielo marino se derrite, se expone más mar abierto. El océano abierto absorbe mucha más luz solar (una superficie oscura $\approx 95\%$) que el hielo marino (una superficie blanca reflectante $\approx 10\%$). Esa luz solar extra absorbida conduce a un mayor calentamiento local, que a su vez derrite más hielo marino, creando una retroalimentación positiva. La extensión promedio anual del hielo marino en el Ártico ha disminuido entre 3.5% y 4.1% por década desde principios de la década de 1980. La extensión del hielo marino de septiembre, cuando el hielo marino del Ártico es mínimo, ha disminuido de un 10,7% a un 15,9% por década desde los años 80's del siglo XX. Se proyectan veranos sin hielo marino en el Ártico para la década de 2040.

El hielo marino del Ártico desempeña un papel vital en los ecosistemas árticos. Los cambios en la extensión, la duración y el espesor del hielo marino, junto con el aumento de la temperatura del océano y su acidez, alteran la distribución de las pesquerías y la ubicación de los osos polares y las morsas. El hielo marino de invierno puede seguir formándose en un mundo más cálido, pero podría reducirse mucho en comparación con el presente.

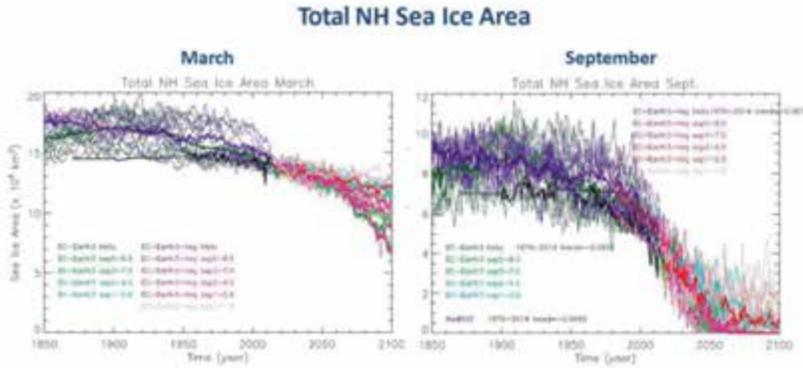


Figura 23.1 Cambios observados y proyectados en la extensión del hielo en el Ártico: máximo y mínimo anual (EC-Earth consortium meeting, Reading, May 21-23, 2019).

24. ¿La Antártida está perdiendo hielo? ¿Qué pasa con Groenlandia?

En general, las capas de hielo en Groenlandia y en la Antártida, las zonas criogénicas más grandes del planeta, están perdiendo hielo a medida que la atmósfera y los océanos se calientan. Esta pérdida de hielo es importante tanto como evidencia de que el planeta se está calentando como porque contribuye al aumento del nivel del mar.

La capa de hielo de la Antártida, que se estima se congeló hace al menos 23 millones de años y acumula el 90% del hielo de todo el planeta, contiene suficiente agua para elevar el nivel del mar unos 57 m. Debido a las temperaturas tan frías que hay en la Antártida hay poca fusión de la capa de hielo, incluso en verano. Sin embargo, el hielo fluye hacia el océano, donde el agua oceánica por encima del punto de congelación acelera el proceso de fusión, lo que rompe el hielo en grandes plataformas y en icebergs flotantes. El deshielo, el flujo de hielo en los océanos

alrededor de la Antártida, especialmente en la península Antártica, se han acelerado en las últimas décadas, y el resultado es que la Antártida está perdiendo alrededor de 100 mil millones de toneladas de hielo por año (Sweet et al. 2017). Aunque ha habido un ligero aumento en algunas partes de la capa de hielo de la Antártida, la ganancia no compensa la pérdida de su masa en otras partes, especialmente en la Antártida Occidental y en la península Antártica. La capa de hielo de la Antártida Occidental, que contiene suficiente hielo para elevar el nivel global del mar en 3 m, es probable que pierda hielo mucho más rápidamente si sus plataformas se desintegran. Además, el calentamiento de los océanos debajo de la capa de hielo está derritiendo las áreas donde estas salen a flote en la Antártida Occidental, lo que aumenta el riesgo de una fusión más rápida en el futuro.

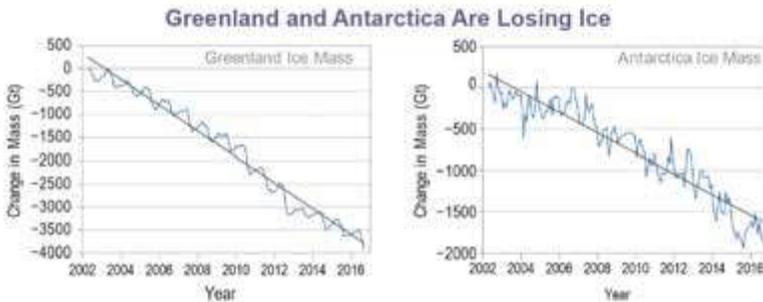


Figura 24.1 Mediciones satelitales del cambio en la masa de hielo hasta agosto de 2016 en comparación con abril de 2002. Tanto Groenlandia como la Antártida están perdiendo hielo a medida que la atmósfera y los océanos se calientan (fuente Wouters et al., 2013).

Groenlandia contiene solo una décima parte del hielo que la Antártida, pero si la capa de hielo de Groenlandia se derritiera por completo, el nivel global del mar todavía aumentaría unos 7 m. Las temperaturas de la superficie en Groenlandia son más cálidas que en la Antártida, por lo que cada verano se derrite una gran parte de la superficie de la capa de hielo de Groenlandia. El área de fusión de Groenlandia ha aumentado en las

últimas décadas. La capa de hielo de Groenlandia actualmente se está adelgazando en los bordes (especialmente en el sur) y se está engrosando lentamente en el interior, lo que aumenta la inclinación de la capa de hielo, lo que ha acelerado el flujo de hielo hacia el océano durante la última década. Esta tendencia probablemente continuará a medida que el océano circundante se calienta. La pérdida de hielo en Groenlandia ha aumentado sustancialmente en la última década, perdiendo hielo a una tasa promedio de alrededor de 269 mil millones de toneladas por año desde abril de 2012 hasta abril de 2016 (Mouginot et al. 2019).

El agua del deshielo de la capa de hielo de Groenlandia ha elevado los niveles del mar en 13,7 milímetros desde 1972, la mitad de los cuales ocurrió durante los últimos 8 años. Un estudio que analizó la masa de la capa de hielo desde 1972 revela que ha perdido 4,976 Gt (Gigatoneladas) de agua en el océano en ese momento. La tasa de pérdida se ha multiplicado por seis desde la década de 1980, desde menos de 50 Gt/año hasta casi 300 Gt/año en la última década.

25. ¿Cuál es la respuesta de los lagos helados de agua dulce?

La superficie de miles de lagos se congela de forma intermitente en invierno debido al cambio climático. Una reciente investigación (Sharma et al, 2019) señala que 14.800 lagos-lagunas del hemisferio norte (HN) presentan ya este problema y advierte que la cifra oscilará entre 35.000 y 230.000 a final de siglo XXI. El estudio se basó en la información recopilada desde 1970 en 514 lagos del HN, que permitió el desarrollo de un modelo para identificar qué características eran las más significativas en los lagos con superficies de hielo intermitentes; se tomaron en cuenta factores tales como la altitud, la profundidad, la forma

de las costas, la temperatura del aire, el viento y las precipitaciones. El modelo tuvo una tasa de éxito del 95% e identificó que la temperatura media anual del aire era la variable más importante, lo que permitió su extrapolación a la base de datos de Hydrolakes, que cuenta con alrededor de 1.4 millones de lagos”. Así, se pudo calcular que, debido al incremento de la temperatura, unos 14.800 lagos tienen actualmente un congelamiento intermitente de su superficie.

Lo que subraya el impacto negativo de este fenómeno tiene dos aspectos. El hielo sobre la superficie permite que el agua de los lagos se mantenga fría y tranquila. De no ser así, se pone en riesgo la alimentación y el desove de distintas especies acuáticas. A su vez, los lagos que no se congelan cortan el acceso a un número importante de grupos humanos, ya que son utilizados como vía de transporte. Asimismo, las fuentes de proteínas de estas comunidades se reducen por los problemas de reproducción de los peces. Incluso los expertos subrayan la dificultad de realizar actividades deportivas al aire libre en los meses invernales, un asunto que no es menor en varias zonas del mundo.

Según las previsiones, unos 35.000 lagos -repartidos en 50 países- pueden correr con la misma suerte a finales de este siglo XXI si el clima aumenta 2 °C; incluso si las temperaturas del aire se incrementan en 4,5 °C, las latitudes norte pueden experimentar el doble de este calentamiento debido a la amplificación ártica”.

Estos resultados ponen de manifiesto que otro de los impactos debidos al actual cambio climático es la pérdida de hielo de agua dulce. En este sentido, justifican su investigación asegurando que no existía “una evaluación exhaustiva a gran escala de la pérdida de hielo en los lagos”. En 2014, una investigación publicada en 2014 (Surdu et al, 2014) señalaba que 400 lagos

de Alaska permanecen congelados 24 días menos que en 1950, y que el enfriamiento lacustre se redujo un 22% entre 1991 y 2011.

26. ¿Cómo afecta a los glaciares?

En todo el mundo, los glaciares en la mayoría de las cadenas montañosas están retrocediendo a una velocidad sin precedentes y eso representa otra más de las evidencias importantes del calentamiento global. Muchos glaciares han desaparecido por completo en este siglo (caso de España), y se espera que muchos más desaparezcan en las próximas décadas. Los glaciares seguirán existiendo dentro del próximo siglo, pero estarán más aislados, y tendrán un tamaño menor, se situarán más cerca de los polos y en altitudes más altas.

Los glaciares –sin considerar las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida– cubren un área de aproximadamente 706.000 km² a nivel mundial, con un volumen total estimado de 170.000 km³, lo que significa un potencial de 40 cm de aumento del nivel del mar. Un estudio reciente (Zemp et al. 2019), mejorando las metodologías de trabajo anteriores mediante la combinación de observaciones de campo con mediciones satelitales, pudieron reconstruir los cambios en el espesor del hielo de más de 19,000 glaciares en todo el mundo. Esto fue posible gracias a la base de datos compilada por el Servicio Mundial de Monitorización de Glaciares (World Glacier Monitoring Service, <https://wgms.ch/>), que indica que los glaciares contribuyeron 27 ± 22 mm al aumento medio mundial del nivel del mar desde 1961 hasta 2016, lo que resulta en una contribución global al nivel del mar de 0.92 ± 0.39 mm/año. La pérdida de masa del glaciar actual es equivalente a la contribución al aumento del nivel del mar de la

capa de hielo de Groenlandia, y claramente supera la pérdida de la capa de hielo la Antártida, y representa del 25 al 30 % del total observado de la subida del nivel del mar. Las tasas actuales de pérdida de masa indican que los glaciares podrían casi desaparecer en algunas cadenas montañosas en este siglo XXI, mientras que las regiones fuertemente glaciares continuarán contribuyendo al aumento del nivel del mar más allá de 2100. Los glaciares han perdido más de 9,625 millones de toneladas de hielo entre 1961 y 2016, lo que ha provocado un aumento del nivel mundial del mar de 27 mm en este período. Los principales contribuyentes fueron los glaciares en Alaska, seguidos por los campos de hielo en fusión en la Patagonia y los glaciares en las regiones árticas. Las famosas nieves del Kilimanjaro son hoy una cuarta parte de lo que eran hace un siglo, los glaciares de los Alpes han perdido dos metros de altura en la última década (Zemp et al. 2019).

Los glaciares son depósitos críticos de agua dulce que la liberan lentamente durante los meses más cálidos, lo que ayuda a mantener los flujos de agua dulce que proporcionan agua potable y de riego; así como, también energía hidráulica, su dinámica afecta la escorrentía regional especialmente en el caso de las grandes cuencas hidrográficas. El aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones que caen en forma de nieve son los principales impulsores de su retroceso. Los glaciares se retiran cuando la fusión y la evaporación superan la acumulación de nieve nueva. La pendiente, la altitud, el flujo de hielo, la ubicación y el volumen también contribuyen a la velocidad y el alcance de la retirada de los glaciares, lo que complica la relación entre el aumento de la temperatura y el deshielo de los glaciares. Debido a estos factores con elementos locales, no todos los glaciares están retrocediendo globalmente con la misma magnitud. Como es un proceso dinámico en el tiempo, el deshielo puede disminuir

a medida que los glaciares se retiran a las laderas superiores, bajo los muros y acantilados empinados hacia áreas con más sombras.

Hasta un tercio del agua dulce del planeta está en el Himalaya. De sus más de 50.000 glaciares se alimentan ríos como el Ganges, Indo, Bramaputra, Yamuna o el Yangtsé. Y de su agua viven más de mil millones de personas. Por eso es vital determinar cómo está afectando el calentamiento global a esta zona del mundo. El análisis de los glaciares de la gran cordillera presenta retos adicionales a los de los polos. Un estudio sobre el impacto del aumento de las temperaturas y la alteración del Monzón muestra que los hielos de las montañas más altas del mundo desaparecerán entre un 70% (escenario optimista) y un 99% (escenario pesimista) para finales del siglo XXI. Buena parte de la respuesta de los glaciares se debe a los cambios en el nivel de congelación, la altitud donde la temperatura media mensual no supera los 0 °C. Se trata de glaciares más cortos y de menor volumen; aunque los hay de hasta 620 m de altura, la media es apenas de 200 m. La orografía y la gran altitud son variables también a tener en consideración. Para complicar las cosas, están los vientos monzónicos que traen la humedad del océano Índico. En esta región, el 80% de la precipitación anual se produce durante el monzón, de junio a septiembre, siendo la temporada más cálida del año, en la que los glaciares ganan masa por las nevadas en las altitudes superiores mientras que la pierden por el deshielo en las inferiores. Este delicado equilibrio es el que estaría alterando el actual cambio climático (Shea et al, 2015).

Los estudios a largo plazo del tamaño de los glaciares han demostrado que la tasa de fusión ha fluctuado en respuesta a los ciclos climáticos de una década y que ha aumentado abruptamente desde 1980. Durante los próximos 30 años, los glaciólogos proyectan que la mayoría de los glaciares se derretirán hasta

un punto donde sean demasiado pequeños para ser glaciares activos, y algunos pueden desaparecer por completo.

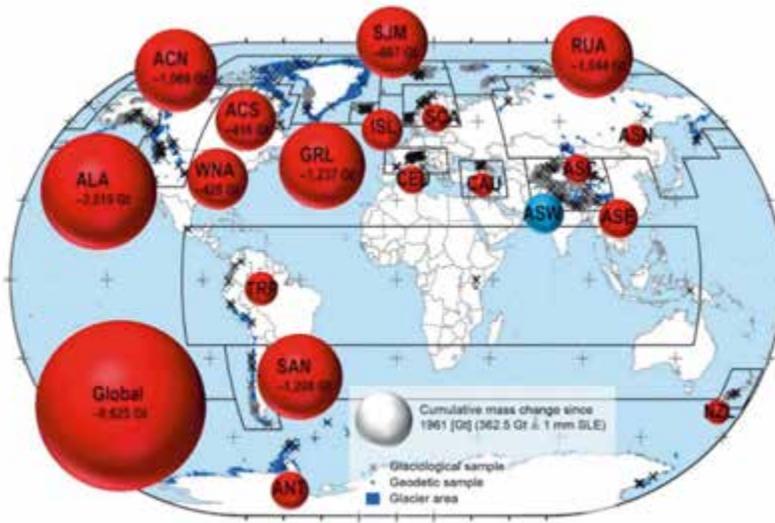


Figura 26.1 Pérdida de masa de hielo de los glaciares a nivel mundial (fuente: Zemp, M. et al., 2019).

27. ¿Cómo se ven afectados los océanos?

Los océanos han absorbido más del 90% del exceso de la energía térmica y más del 25% del CO₂ emitido a la atmósfera. Debido a estos aumentos, todas las cuencas oceánicas se están calentando y experimentando cambios en su patrón de circulación y modificando la química del agua de mar, todo lo cual está modificando la estructura de sus diferentes ecosistemas y la biodiversidad marina.

Los océanos del mundo han sido y seguirán estando afectados por el actual cambio climático. Más del 50% de los ecosistemas marinos del mundo ya están expuestos a condiciones de temperatura, oxígeno, salinidad y pH que están fuera del

rango normal de la variabilidad climática natural, y este porcentaje aumentará a medida que el planeta se caliente (Jewett and Romanou, 2017). El calentamiento global está alterando la capacidad de las especies para sobrevivir y puede reorganizar los ecosistemas, creando nuevos hábitats y/o reduciendo la biodiversidad. Algunas especies están respondiendo al aumento de la temperatura del océano cambiando sus zonas geográficas, generalmente a latitudes más altas (Burrows et al. 2011) Otras especies no pueden adaptarse debido a que sus hábitats se deterioran (por ejemplo, debido a la pérdida de hielo marino) o la tasa de cambios relacionados con el clima ocurre de forma más rápida de lo que pueden moverse (por ejemplo, en el caso de los organismos sésiles, como las ostras y los corales).

El plancton es un componente esencial de los ecosistemas de los océanos, que produce una gran parte del oxígeno de la Tierra y que alimenta a casi todos los animales marinos, está «migrando» en busca de aguas más frías. Hay pruebas de que el calentamiento global de origen humano, que ha aumentado la temperatura de los océanos en 0,7 °C desde finales del siglo XIX, está afectando al plancton en todo el planeta. Los cambios en las comunidades de foraminíferos muestran, de forma indudable, que la influencia humana ha alterado considerablemente sus comunidades por todo el globo (Jonkers et al. 2019). Los pescadores que faenan en el Mediterráneo han empezado a detectar peces nunca vistos en la zona, como especies tropicales, una demostración de que el cambio climático está provocando invasiones biológicas (Azurro et al. 2019).

También se pueden producir cambios físicos en el sistema oceánico. Las observaciones y proyecciones sugieren que, en los próximos 100 años, la Corriente del Golfo (parte de la “cinta transportadora oceánica” más grande, conocida con el

nombre “circulación termohalina”) podría desacelerarse como resultado del cambio climático, lo que podría provocar el aumento del nivel regional del mar y alterar profundamente los patrones climáticos globales (Perlwitz et al. 2017), provocando un cambio climático abrupto. La capacidad de absorber CO₂ podría verse reducida a medida que la circulación oceánica se vea afectada.

Además de causar cambios en la temperatura, la precipitación y la circulación, el aumento de los niveles atmosféricos de CO₂ tiene un efecto directo en la química oceánica. El CO₂ disuelto reacciona con el agua de mar haciéndola más ácida. Esta acidificación ya se está produciendo y afecta a la vida marina, como los mariscos y los corales, lo que hace más difícil para estos animales calcificantes hacer sus estructuras externas duras.

Durante los últimos 50 años, los mares interiores, los estuarios y los océanos costeros y abiertos han experimentado grandes pérdidas de oxígeno. *Un océano más cálido contiene menos oxígeno*. El calentamiento también cambia la mezcla física de las aguas del océano y puede interactuar con otros cambios inducidos por el hombre. Por ejemplo, por la escorrentía con material fertilizante (debido a su contenido de N y P) puede estimular la proliferación de algas dañinas –dando lugar a procesos de eutrofización-, estas floraciones eventualmente se descomponen, creando grandes “zonas muertas” de agua con muy poco oxígeno, provocando zonas anóxicas.

Otro fenómeno que está emergiendo se refiere a un aumento de las *olas de calor marinas*, que son períodos en los que la temperatura superficial del agua es inusualmente alta. Estas olas de calor no solamente afectan gravemente a especies clave como lo son los corales y las algas marinas, sino que nos afectan también a otras especies (Hurd et al. 2018).

28. ¿Qué es la acidificación de los océanos y cómo afecta a la vida marina?

Los océanos actualmente absorben alrededor de un 25% de las emisiones de CO₂ emitidas a la atmósfera. El cual reacciona con el agua de mar para formar ácido carbónico, lo que aumenta la acidez de las aguas del océano. Cuando el agua de mar alcanza un determinado nivel de acidez, afecta a las conchas y esqueletos de los mariscos, corales y otras especies.

Desde el comienzo de la Revolución Industrial, la acidez de las aguas superficiales del océano ha aumentado aproximadamente un 30%. Los océanos continuarán absorbiendo el CO₂ que se emite, haciendo que la acidez aumente aún más. Las aguas oceánicas no se están acidificando a la misma velocidad en todo el mundo, en gran parte debido a las diferencias térmicas entre océanos. Las aguas más cálidas y de baja latitud contienen naturalmente menos CO₂ y, por lo tanto, tienden a ser menos ácidas. Las aguas más frías y en latitudes más altas contienen más CO₂, tienen mayor acidez y están más cerca del umbral donde las conchas y los esqueletos se ven afectados. Las aguas costeras y de estuarios también están acidificadas por fenómenos locales.

En los últimos cinco años, las conchas de pequeños caracoles planctónicos (llamados pterópodos) ya están parcialmente disueltas en lugares donde la acidificación de los océanos ha hecho que las aguas oceánicas se vuelvan más agresivas, como en el noroeste del océano Pacífico y cerca de la Antártida. Los pterópodos son una importante fuente de alimento para el salmón del Pacífico, por lo que los impactos podrían causar cambios en la cadena alimentaria. La acidificación también ha afectado a los criaderos de ostras comerciales en el noroeste del Pacífico, donde las aguas acidificadas perjudican su crecimiento y la supervivencia de las larvas de ostra.

Debido a que las especies marinas varían en su sensibilidad a la acidificación de los océanos, se espera que algunas especies disminuyan y otras aumenten en abundancia en respuesta a esta transformación ambiental. Los cambios relativos en el rendimiento de las especies pueden proyectarse a través de la cadena alimentaria, reorganizando los ecosistemas a medida que aumenta o disminuye el equilibrio entre los depredadores y los cambios de presas y las especies que forman hábitats. Las especies formadoras de hábitat, como los corales y las ostras, que crecen al utilizar minerales del agua de mar para construir masas, son particularmente vulnerables. Es difícil predecir exactamente cómo la acidificación de los océanos cambiará los ecosistemas.

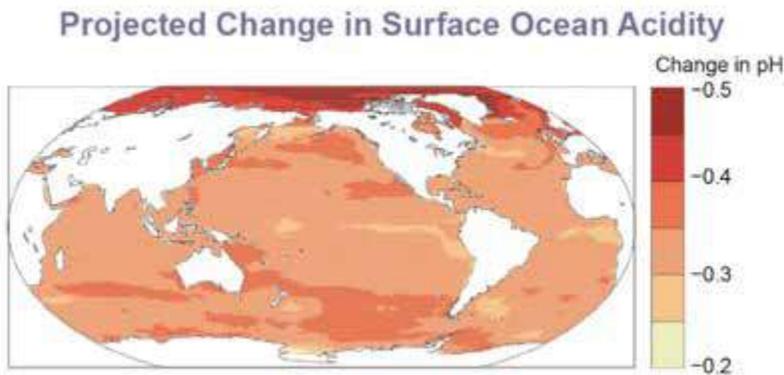


Figura 28.1 Se muestran los cambios proyectados en el pH de la superficie del mar en 2090–2099 en relación con 1990–1999 en el escenario de emisiones más alto (RCP8.5). Todos los océanos aumentan su acidez, y se prevé que los aumentos en el Océano Ártico se vuelvan los más pronunciados (fuente: Bopp et al., 2013).

29. ¿Cómo afectan las concentraciones de CO₂ y los efectos del actual cambio climático a las comunidades de plantas y cultivos?

Las comunidades de plantas y los cultivos responden a concentraciones más elevadas de CO₂ en la atmósfera de múltiples

maneras. Algunas especies de plantas son más sensibles a los cambios en CO₂ que otras, lo que dificulta su proyección a nivel de las distintas comunidades de plantas. Para aproximadamente el 95% de todas las especies de plantas, un aumento en CO₂ representa un aumento en un recurso necesario y podría estimular su crecimiento, asumiendo que otros factores como el agua y los nutrientes no son limitantes y las temperaturas permanecen en un rango de crecimiento adecuado. Lo que se conoce como: el *efecto de fertilización con CO₂*.

Junto con el agua, los nutrientes y la luz solar, el CO₂ es uno de los cuatro recursos básicos necesarios para que las plantas crezcan. A nivel de una sola planta, un aumento en CO₂ tenderá a acelerar el crecimiento debido a una fotosíntesis acelerada, pero la capacidad de una planta para responder al aumento del CO₂ puede estar limitada por los nutrientes extraídos del suelo, o bien por los cambios de temperatura. Saber cuánto será la estimulación del crecimiento varía significativamente de una especie a otra. Sin embargo, la interacción entre las plantas y su entorno circundante complica la relación. A medida que aumenta el CO₂, algunas especies pueden responder en mayor grado y volverse más competitivas, lo que puede llevar a cambios en la composición de la comunidad vegetal.

Se espera que algunos cultivos que no experimentan estrés por los nutrientes, el agua o el estrés biótico, como las plagas y las enfermedades, se beneficien de los aumentos de CO₂ en términos de crecimiento. Sin embargo, la calidad de esos cultivos puede sufrir, ya que los niveles crecientes de CO₂ en la atmósfera pueden disminuir el hierro y otros micronutrientes, así como sufrir por el aumento de la aridez en ciertas zonas. Las plantas a menudo se vuelven menos estresadas por el agua a medida que aumentan los niveles de CO₂, ya que un CO₂ atmosférico alto permite que las plantas hagan la fotosíntesis con menores

pérdidas de agua y mayor eficiencia en su uso. La magnitud del efecto varía mucho de un cultivo a otro. Sin embargo, es probable que los beneficios se compensen en su mayoría o en su totalidad por el aumento de las tensiones, como temperaturas más altas, disminución de la calidad del aire y disminución de la humedad del suelo (Ziska et al. 2012).

Sin embargo, también hay estudios que sugieren que el aumento de CO₂ puede reducir la calidad nutricional (proteínas y micronutrientes) de los principales cultivos. El cambio climático también influye en la cantidad y el momento de la producción de polen. El aumento de CO₂ y la temperatura están relacionados con una producción de polen más temprana y mayor y una temporada de alergias más prolongada.

Todo ello nos lleva a otro aspecto también sustancial ¿Cómo se pueden ver afectados la producción de alimentos por el conjunto de consecuencias que están siendo provocadas por el actual cambio climático?, que ya están afectando a la supervivencia del cultivo de determinadas especies.

Desde otra perspectiva, ¿cuál podría ser el papel de los cultivos para actuar como secuestrante del CO₂, que las plantas sean capaces de absorber más CO₂ que las normales?

30. ¿Está afectando a los incendios forestales?

Es difícil determinar el papel que ha desempeñado el cambio climático en la reciente actividad de incendios forestales. Sin embargo, el clima es generalmente considerado como uno de los principales impulsores de incendios forestales. Durante el siglo XX, el área de incendios forestales quemada fue mayor durante los períodos de baja precipitación, sequía y altas tem-

peraturas. El aumento de las temperaturas y la severidad de la sequía con el actual cambio climático probablemente aumentarán el área de incendios en las regiones propensas a los mismos. El clima es un determinante importante de la composición y productividad de la vegetación, que afecta directamente al tipo, la cantidad y la estructura del combustible disponible para incendios. Las condiciones meteorológicas de cada año afectan la humedad del combustible y la duración de la temporada de incendios. Temperaturas más altas y precipitaciones más bajas dan como resultado una menor humedad del combustible, lo que hace más probable que se propague el incendio cuando se produce una ignición. En las zonas montañosas, las temperaturas más altas, la capa de nieve más baja y el deshielo previo provocan una temporada de incendios más prolongada, una menor humedad del combustible y una mayor probabilidad de grandes incendios. Las prácticas de gestión forestal también son un factor para determinar la probabilidad de ignición, como duración, extensión e intensidad del fuego.

Los largos registros de incendios proporcionados por los anillos de árboles muestran que el clima es el principal impulsor de incendios en escalas de tiempo que van desde años hasta milenios (Littell et al. 2009). A nivel mundial, la duración de la temporada de incendios (la época del año en que el clima y las condiciones climáticas son propicias para el fuego) ha aumentado en un 19% entre 1979 y 2013 (Jolly et al. 2015).

Con el cambio climático, las temperaturas más altas y sequías más severas probablemente conducirán a un aumento del área quemada en muchos ecosistemas. Con el tiempo, el aumento del área quemada puede alterar la composición de la vegetación y su productividad, que a su vez afectan la ocurrencia de incendios. En las regiones áridas, la productividad de la vegetación puede disminuir lo suficiente como para que el fuego sea me-

nos frecuente. En otras regiones, el clima puede convertirse en un factor limitante para el fuego y los combustibles pueden ser más importantes para determinar la gravedad y extensión del fuego (McKenzie and Littell (2017)). En un clima más cálido, se espera que los incendios forestales sean un catalizador para el cambio de los ecosistemas en todos los que son propensos a incendios.

Las áreas con clima Mediterráneo son especialmente sensibles a sufrir incendios. El calentamiento global hará que la extensión de las zonas quemadas por los incendios forestales en la Europa mediterránea aumente. Con un aumento de la temperatura de 1,5 °C, el área quemada todavía podría crecer un 40 % con respecto a las estimaciones que no consideran el calentamiento futuro (sobre todo, en la península Ibérica); si el calentamiento es de 3 °C, este aumento sería del 100 %. Lo cual podría implicar superar los esfuerzos de prevención de incendios, y por tanto, en un futuro próximo se necesitarán más recursos para gestionar este problema (Turco et al., 2019).

En la región del bosque boreal, la cual representa alrededor de un tercio de la cubierta forestal mundial, el aumento de la superficie afectada por incendios en los últimos cuatro decenios se ha vinculado a temperaturas más altas. Se proyecta que esta tendencia continúe conforme la severidad del tiempo atmosférico para los incendios y la intensidad del fuego aumentarán bruscamente hasta 4-5 veces los valores máximos actuales a finales del siglo (de Groot W.J. et al., 2013).

31. ¿Aumenta la propagación de mosquitos?

El cambio climático puede contribuir a la propagación de mosquitos. Un clima más cálido aumenta la idoneidad de los há-

bitats que antes eran demasiado fríos para soportar las poblaciones de mosquitos, lo que permite que estos vectores, y las enfermedades que transmiten, invadan nuevas áreas (Beard et al. 2016).

Los mosquitos dependen de fuentes externas para el calor del cuerpo, por lo que se desarrollan de huevo a adulto más rápidamente en condiciones más cálidas, lo que produce más generaciones en menos tiempo. El calentamiento también acelera el crecimiento de la población de los parásitos y patógenos que transmiten los mosquitos (incluidos los agentes del virus Zika, la fiebre del dengue, el virus del Nilo Occidental y la malaria), así como la velocidad a la que los mosquitos pican a las personas y otros huéspedes. Además, las condiciones más cálidas facilitan la propagación de mosquitos al aumentar la duración de la temporada de crecimiento y al disminuir la probabilidad de muerte en el invierno debido al frío extremo.



❖ EFECTOS SOCIALES

32. ¿Cómo está afectando el actual cambio climático a la sociedad?

El actual cambio climático está alterando el mundo de forma cada vez más evidente con cada década que pasa. Los sistemas naturales y humanos de los que dependemos están siendo impactados por eventos de precipitación más intensos, por el aumento del nivel del mar y por un océano más caliente, y se verá afectado por los aumentos proyectados en la frecuencia de sequías y olas de calor y otros fenómenos meteorológicos extremos.

Muchas personas ya están siendo afectadas por los cambios que están ocurriendo, y más se verán afectadas a medida que estos cambios continúen desarrollándose. Los cambios en el calendario de las estaciones y los cambios en la ubicación de plantas y animales ya están afectando a los recursos para fines turísticos, económicos y/o culturales. Con efectos de retroalimentación, tanto positiva como negativa, que solo empezamos a conocer.

Los cambios no solo están ocurriendo en los océanos y en la costa. Los sistemas agrícolas y ganaderos ya se ven afectados adversamente por temperaturas más cálidas, una mayor frecuencia de olas de calor y un número cada vez mayor de noches cálidas. Deberán adaptarse tanto al aumento de la frecuencia de las sequías como a la mayor cantidad de lluvia que cae en forma de tormentas, mientras que el deterioro de las infraestructuras hidráulicas aumenta esos riesgos. Se proyecta que el rango geográfico y la distribución de algunas plagas y

patógenos cambien en algunas regiones, exponiendo el ganado y los cultivos a factores de estrés nuevos o adicionales y exponiendo a más personas a las enfermedades transmitidas por esas plagas.

Las infraestructuras que apoyan la actividad económica, está siendo probada e impactada cada vez más por el actual cambio climático, incluidas las pistas de los aeropuertos afectadas por el aumento de la temperatura de la superficie y las calles costeras inundadas por las inundaciones de marea alta. Gran parte del entorno construido actual se ha desarrollado sobre la base del supuesto de que el clima futuro será similar al del pasado, y ya no es un supuesto válido. En general, cuanto más grandes y rápidos sean los cambios en el clima, más difícil será para los sistemas humanos y naturales adaptarse. Los esfuerzos de adaptación no solo ayudan a las comunidades a ser más resilientes, también pueden crear nuevos empleos y ayudar a estimular las economías locales.

A modo de referencia, se comenta brevemente dos casos de afectación. Geográficamente hablando Holanda es un delta, en concreto el delta de los ríos Rin y Mosa. Una parte de su geografía está conformada por pólders, superficie terrestre ganada al mar, y se encuentra muy por debajo del nivel de este. Debido a la extracción de gas, y al cambio climático, el suelo de Holanda se hunde de forma inesperadamente veloz especialmente en el lado oeste del país. El hundimiento del terreno es aún más pronunciado, porque en los últimos años hubo veranos más calurosos que aceleraron el proceso. Según la Agencia de Evaluación Medioambiental Holandesa, subsanar las consecuencias de este hundimiento costará 22.000 millones de euros para 2050; para reforzar sus infraestructuras, tales como diques, barreras y compuertas, entre otras medidas. La Federación de Regantes de la Cuenca del Ebro (FEREBRO), programa en su

última reunión anual de 2019 una sesión dedicada a los “Impactos y vulnerabilidad en el ciclo del agua frente al actual cambio climático” (Baldasano, 2019).

33. ¿Cuál es el coste social del carbono?

El coste social del carbono es una estimación del valor monetario de los daños acumulados causados por el actual cambio climático a largo plazo debido a la cantidad adicional de CO₂ emitido. Este valor cuantifica los beneficios potenciales de una reducción de las emisiones de CO₂.

El *coste social del carbono* (conocido por sus siglas en inglés como SCC) incluye los costes económicos del cambio climático que se sentirán en sectores del mercado como la agricultura, los servicios de energía y los recursos costeros, así como los impactos no relacionados con el mercado sobre la salud humana y los ecosistemas, por nombrar algunos (Diaz and Moore 2017). Los valores de SCC se calculan simulando la “cadena causal” de las emisiones de GEI a los daños climáticos que permite estimar los daños adicionales en el tiempo incurridos por una tonelada adicional de CO₂ (Rose et al. 2017). Este valor se puede usar para informar decisiones de gestión de riesgos climáticos a diferentes niveles organizativos e institucionales, así como en el análisis del impacto regulatorio para evaluar los beneficios de las reducciones marginales de CO₂; por ejemplo, en las normas que afectan la eficiencia de los electrodomésticos, la generación de energía, la industria y el transporte. Al igual que con muchos sistemas complejos e interactivos, es un desafío desarrollar estimaciones completas de SCC, pero esta es un área activa de investigación guiada por las recomendaciones recientes de las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina para mantenerse al día con el estado actual del conocimiento cientí-

fico, que caracterice mejor las incertidumbres clave y mejore la transparencia (NAoSEaM 2017). En particular, la estimación del SCC depende de los valores sociales normativos, como la preferencia temporal, la aversión al riesgo y las consideraciones de equidad que pueden llevar a un rango de valores. Las colaboraciones interdisciplinarias en curso y los resultados de las investigaciones sobre los impactos del actual cambio climático, y en particular sobre la adaptación y la vulnerabilidad, se están utilizando para mejorar la solidez de la cuantificación del daño climático y, por lo tanto, las estimaciones de SCC.

34. ¿Qué son la mitigación, adaptación y resiliencia del cambio climático?

“Mitigación”, “adaptación” y “resiliencia” son términos que están profundamente relacionados, pero con significado e implicaciones muy diferentes. La *mitigación* se refiere a las acciones que reducen la cantidad y la velocidad del cambio climático al reducir las emisiones de GEI o secuestrar el CO₂ de la atmósfera. La *adaptación* se refiere a los ajustes en los sistemas naturales o humanos en respuesta a un entorno nuevo o cambiante que explota oportunidades beneficiosas o efectos negativos moderados. Por lo tanto, la adaptación está estrechamente relacionada con la *resiliencia*, que en este contexto se habla de *resiliencia climática*, es la capacidad de prevenir, resistir, responder y recuperarse de una interrupción con un daño mínimo para el bienestar social, la economía y el medio ambiente.

Los esfuerzos de mitigación conllevan reducir las emisiones o aumentar el almacenamiento de los GEI. Por ejemplo, el cambio de combustibles fósiles a fuentes de energía renovables (eólica, solar, etc.) debería permitir una reducción de las emisiones de GEI; cómo el usar transporte público, edificios con una me-

por eficiencia energética y cambiar los vehículos con motor de combustión interna (la eficiencia energética de su ciclo de vida se sitúa entre 16-19%) a vehículos eléctricos (la eficiencia energética de su ciclo de vida se sitúa en un 69%, produciendo las baterías y la electricidad con un 100% de energía renovable). Los cambios en el uso de la tierra que aumentan la cantidad de carbono almacenado en el suelo y la biomasa, constituyen también esfuerzos de mitigación ya que extraen el CO₂ de la atmósfera.

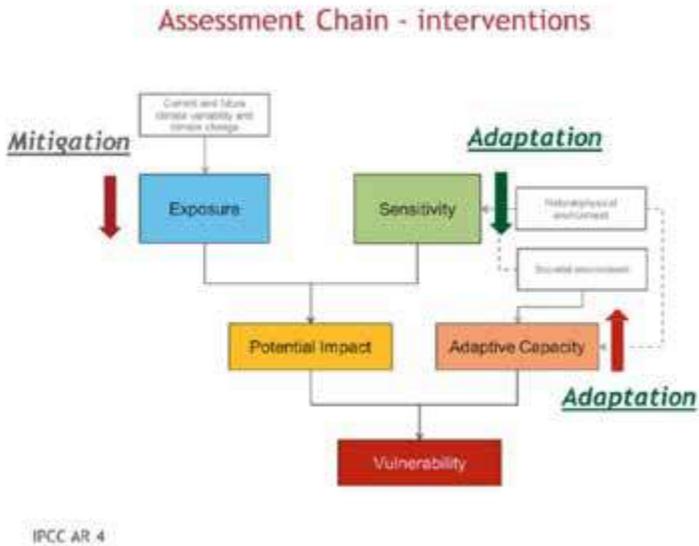


Figura 34.1 Cadena de evaluación e intervención entre mitigación y adaptación (fuente: IPCC AR4).

La adaptación implica políticas, estrategias y tecnologías diseñadas para reducir el riesgo de los daños causados por los impactos relacionados con el cambio climático. Algunas acciones de adaptación son soluciones de ingeniería técnica diseñadas para abordar impactos específicos, como la construcción de un dique frente al aumento del nivel del mar o la obtención de nuevos cultivos que funcionan bien en un contexto de se-

quía. Otras acciones de adaptación implican procesos de toma de decisiones, políticas o enfoques que reúnen a las personas para apoyar una acción coordinada. La adaptación a menudo implica ajustes incrementales sobre los sistemas actuales, pero pueden ser necesarias transformaciones más grandes, especialmente cuando algunos sistemas alcanzan umbrales o puntos de inflexión.

Se puede y se debe emprender acciones de mitigación y adaptación simultáneamente para reducir las concentraciones de GEI en la atmósfera y al mismo tiempo reducir el riesgo de impactos relacionados con el clima. Tanto la adaptación como la mitigación pueden tener beneficios colaterales, beneficios sociales que no están necesariamente relacionados con el cambio climático. Por ejemplo, un nuevo proyecto de restauración costera para plantar un bosque eliminará el CO₂ de la atmósfera al tiempo que proporcionará servicios eco-sistémicos valiosos: un amortiguador contra las tormentas, la reducción de la erosión, y la mejora del hábitat de la vida silvestre.

La resiliencia se puede definir como la magnitud de la perturbación que el sistema puede tolerar y aún persistir; la capacidad de un sistema y sus componentes para anticipar, absorber, acomodar o recuperar los efectos de un choque o estrés de manera oportuna y eficiente. La resiliencia climática se refiere a la capacidad de un sistema humano o natural para responder y recuperarse de los peligros relacionados con el clima, como las sequías o las inundaciones, de manera que mantienen su identidad, funciones y estructura esenciales o valoradas. Los sistemas resilientes responden a los factores de estrés o impacto del clima con menos daño, al tiempo que mejoran su capacidad para absorber impactos futuros y mantienen la capacidad de adaptación y aprendizaje. La resiliencia puede verse reforzada por la diversidad (como la diversidad de especies o la diversidad en el empleo), la redundan-

cia (la capacidad de una parte del sistema para asumir funciones esenciales si otra está dañada), las redes sociales, el intercambio de conocimientos y la buena gobernanza



Figura 34.2 Gráfico que ilustra el concepto de resiliencia.

35. ¿Es importante el tiempo para la mitigación del clima?

Las elecciones, decisiones o acciones hechas hoy determinan en gran medida qué impactos pueden ocurrir en el futuro. El CO₂ emitido puede permanecer en la atmósfera durante más de un siglo, por lo que las emisiones emitidas ahora seguirán afectando al clima en los próximos años. Cuanto antes se reduzcan las emisiones de GEI, más fácil será limitar los daños y costes a largo plazo debidos al actual cambio climático. Es probable que la espera para comenzar a reducir las emisiones aumente los daños causados por eventos extremos relacionados con el clima (como olas de calor, sequías, incendios forestales, inundaciones repentinas y tormentas más fuertes debido a los mayores niveles del mar y huracanes más poderosos).

El efecto del aumento de las concentraciones atmosféricas de CO₂ y otros GEI en el sistema climático puede tardar décadas en materializarse. El cambio resultante en el clima y los impactos de esos cambios pueden persistir durante siglos. Cuanto más tiempo continúen estos cambios en el clima, mayores serán los impactos resultantes. Es posible que algunos sistemas no puedan adaptarse si el cambio es demasiado rápido.

La temperatura de equilibrio a largo plazo de las emisiones de GEI es función de las emisiones acumuladas a lo largo del tiempo, no a las emisiones específicas producidas de año en año. Por lo tanto, mantenerse dentro de un objetivo específico de calentamiento dependerá de las emisiones netas totales (incluidos los aumentos en la absorción de carbono) durante un período futuro determinado.

El momento y la naturaleza de los cambios son importantes tanto para reducir el calentamiento a corto plazo como para cumplir con cualquier límite particular de calentamiento a largo plazo. Las reducciones a largo plazo en la tasa y la magnitud del calentamiento global se pueden lograr reduciendo las emisiones totales de GEI, especialmente de CO₂. También se pueden lograr reducciones en la tasa de cambio climático reduciendo las emisiones de otros GEI, que tienen un tiempo de permanencia en la atmósfera menor, pero su capacidad de forzamiento radiativo del calentamiento es mayor, caso del metano (CH₄) y los HFC, debido a su potencial de calentamiento global.

La Unión Europea (https://ec.europa.eu/clima/citizens/eu_es) en el marco de su política de “Acción por el clima” se ha fijado los siguientes objetivos para reducir las emisiones de GEI, bien definidos a cumplir en 2020, 2030 y 2050. En el año 2020 con una reducción del 20%, un 20% del consumo total de energía

que debe provenir de energías renovables y un incremento del 20% de la eficiencia energética; para el año 2030 una reducción de al menos el 40% de las emisiones de GEI, al menos el 27% del consumo total de energía procedente de energías renovables y un incremento de al menos el 27% de la eficiencia energética; y para el año 2050 reducir sustancialmente sus emisiones en un 80-95%. La reducción de las emisiones de los GEI es con respecto a los niveles de 1990, punto no siempre bien valorado y tenido adecuadamente en consideración. Con una visión de unir así sus esfuerzos a los del conjunto de los países desarrollados. Pero, además, hacer una economía de alta eficiencia energética y baja en emisiones de CO₂, que debería dar impulso a la economía, crear empleo y mejorar la competitividad de Europa, es decir *descarbonizar la economía europea*. Para ello, también se obliga a los estados miembros la adopción de planes nacionales para su cumplimiento.

36. ¿Hay beneficios con el actual cambio climático?

Si bien algunos de los efectos del cambio climático tienen efectos beneficiosos para sectores o regiones específicas, muchos estudios han concluido que el actual cambio climático generalmente traerá más efectos negativos que positivos. Por ejemplo, los beneficios actuales del calentamiento incluyen temporadas de crecimiento más largas para la agricultura, más CO₂ para las plantas, etc. Sin embargo, las estaciones de crecimiento más largas, junto con temperaturas más altas y los niveles más elevados de CO₂, pueden aumentar la producción de polen, intensificando y alargando la temporada de alergias.

Los efectos negativos se deben en gran parte a que nuestra sociedad e infraestructura se ha construido para el clima del pasado, y los cambios de esas condiciones climáticas históricas

imponen costes y desafíos de gestión. Por ejemplo, si bien las temporadas cálidas más largas pueden proporcionar un beneficio económico temporal a las comunidades costeras que dependen del turismo, muchas de estas mismas áreas son vulnerables no solo al aumento del nivel del mar sino también a los riesgos de la acidificación de los océanos y que aguas más cálidas pueden afectar a los ecosistemas (como los arrecifes de coral, o bien a procesos de floración de algas). Otro ejemplo, aunque algunos estudios han demostrado que ciertos cultivos en ciertas regiones pueden beneficiarse del CO₂ adicional en la atmósfera (a veces denominado efecto de fertilización con CO₂), se espera que estas ganancias potenciales se vean compensadas por el estrés del cultivo causado por las temperaturas más altas, por el deterioro de la calidad del aire, por la disponibilidad de agua, etc. Además, es probable que los beneficios acumulados sean de corta duración y se deprecien significativamente a medida que el calentamiento global aumente de intensidad.

37. ¿Son algunas personas más vulnerables que otras?

El actual cambio climático afecta a ciertas personas y poblaciones de manera diferente que a otras. Algunas comunidades tienen mayor exposición y sensibilidad a los impactos y peligros relacionados con el clima que otras. Algunas comunidades tienen más recursos para prepararse y responder a un cambio rápido que otras. Las comunidades que tienen menos recursos, que viven con una infraestructura limitada o en deterioro (como los diques dañados) o carecen de redes de seguridad financiera, son más vulnerables a los impactos del cambio climático.

La vulnerabilidad aquí se refiere al grado en que los sistemas físicos, biológicos y socioeconómicos son susceptibles y no pue-

den hacer frente a los impactos negativos debidos al cambio climático. La vulnerabilidad abarca la sensibilidad, la capacidad de adaptación, la exposición y los impactos potenciales. Por ejemplo, las personas mayores que viven en ciudades sin aire acondicionado tienen menos capacidad de adaptación y mayor sensibilidad y vulnerabilidad al estrés por calor durante eventos de olas de calor. Las comunidades que viven en atolones en las Islas Marshall tienen una alta exposición y corren un grave riesgo de aumento del nivel del mar y la intrusión de agua salada debido a la baja altura de la tierra y la pequeña área de la tierra. Una situación de abandono, político o de otro tipo, en una comunidad o territorio determinado puede resultar tener una infraestructura en condiciones insuficientes o deficientes, lo que a su vez puede llevar a situaciones de vulnerabilidad a las inundaciones y a otros impactos potenciales. La pobreza puede dificultar la evacuación durante los eventos de fuerte precipitación y puede dificultar la reconstrucción o la reubicación después de un evento extremo. En algunas comunidades, la falta de sistemas de agua y saneamiento puede poner a las personas en riesgo durante la sequía. Además, algunas subpoblaciones ya están más afectadas por las exposiciones ambientales, como la contaminación del aire o el calor extremo. Si las comunidades o los individuos experimentan una combinación de estos factores de vulnerabilidad, corren un riesgo aún mayor. Las comunidades e individuos vulnerables se enfrentan a estas disparidades hoy y probablemente enfrentarán mayores desafíos en el futuro bajo un clima de cambio acelerado.

Todo este conjunto de circunstancias provoca lo que se conoce como *migraciones climáticas*, que comprende todos aquellos desplazamientos causados, directa o indirectamente, por el cambio climático. Son un fenómeno complejo y heterogéneo, que abarca situaciones tan diferentes como las de las comunidades que, ante una fuerte sequía, pierden sus cultivos y se

ven obligados a emigrar; por ejemplo, en la zona del Sahel en África. Alrededor de 64 millones de personas en el mundo se han visto obligadas a desplazarse como consecuencia del cambio climático, y esta cifra podría alcanzar los 1.000 millones en los próximos 50 años, según ACNUR.



Figura 37.1 Migraciones ambientales debidas al actual cambio climático (ONU)

Las consecuencias derivadas del calentamiento global generarán importantes movimientos migratorios: según ha revelado el último Informe Global sobre Desplazamientos Internos (GRID, 2019). Las sequías y el avance de la desertificación, así como la falta de cosechas, las lluvias torrenciales, la alteración de las estaciones y las temperaturas extremas son solo algunos de los motivos que desencadenan este tipo de migraciones.

38. ¿Cómo impactará en la productividad económica?

Se espera que muchos impactos del actual cambio climático tengan efectos negativos en la productividad económica, como el aumento de los precios de los bienes y servicios. Por ejemplo, una mayor exposición al calor extremo puede reducir las horas en que algunas personas pueden trabajar. El capital físico, como alimentos, equipos y propiedades, que se deriva de la producción de bienes y servicios puede verse afectado debido a una menor producción y mayores costes. El aumento del nivel del mar, las precipitaciones en forma de tormenta causando inundaciones pueden interrumpir las cadenas de suministro o dañar las propiedades, estructuras e infraestructuras que forman la columna vertebral de la economía de un territorio.

Se prevé que las altas temperaturas y la intensidad de las tormentas, ambas relacionadas con más muertes y enfermedades, aumenten debido al cambio climático, lo que a su vez aumentaría los costes de atención y tratamiento médico. Al mismo tiempo, estos efectos en la salud afectan directamente a los mercados laborales. Los trabajadores en las industrias con mayor exposición a condiciones climáticas extremas pueden disminuir la cantidad de tiempo que pasan en el trabajo, mientras que los trabajadores en una amplia gama de sectores pueden ver afectada su productividad en el trabajo. Estos impactos en el mercado laboral se traducen en menores ingresos para los trabajadores y para las empresas.

Es probable que el cambio climático afecte el capital físico que sirve como un importante insumo para la producción económica. En la agricultura, donde el clima es un factor determinante clave del rendimiento agrícola, el aumento de la temperatura y las sequías pueden llevar a una disminución neta en su producción. Mientras que el aumento del nivel del mar y la

mayor intensidad de las tormentas pueden destruir el equipo y la propiedad en todo tipo de actividades económicas a lo largo de las costas.

Además de dañar la propiedad privada, el aumento de los extremos climáticos puede destruir una infraestructura pública vital, como: carreteras, puentes, puertos, etc. Dado que esta infraestructura es una parte integral de las cadenas de suministro que impulsan la economía, una interrupción en su accesibilidad, o incluso su destrucción, puede tener un gran impacto en las ganancias corporativas, mientras que sus reparaciones requieren un desvío de recursos de otros proyectos, o un aumento de los impuestos para financiar la reconstrucción.

39. ¿Podemos frenar el actual cambio climático?

Si bien no podemos detener el actual cambio climático de forma inmediata, de la noche a la mañana, o incluso durante las próximas décadas, podemos limitar su evolución al mitigar/reducir las emisiones de GEI emitidas por el hombre. Incluso si todas las emisiones de CO₂ y de los otros GEI se detuvieran hoy, es decir si fuéramos capaces de descarbonizar totalmente nuestro modelo socio-económico-energético, la temperatura de la Tierra continuaría aumentando durante varias décadas y luego comenzaría a declinar lentamente. En última instancia, el calentamiento podría revertirse reduciendo la cantidad de GEI en la atmósfera. El desafío de frenar o revertir el cambio climático es encontrar una manera de hacer estos cambios a una escala global que sea técnica, económica, social y políticamente viable. A pesar de las cuestiones y problemas geopolíticos que ello implica.

La forma más directa de reducir significativamente la magnitud del actual cambio climático es reducir las emisiones globales

de GEI. Estas emisiones pueden reducirse de muchas maneras, aumentar la eficiencia energética es un componente no solo importante sino fundamental de las distintas estrategias potenciales.

El sector del transporte es el único que ha aumentado sus emisiones en la UE, el vehículo eléctrico presenta una eficiencia energética en su ciclo de vida del 69% usando fuentes energéticas renovables, en el caso de vehículos con motor de combustión interna dicha eficiencia es inferior al 20%, es necesario desarrollar y conducir vehículos más eficientes y que no contribuyen a las emisiones de GEI, lo cual permitiría tener ciudades con un aire limpio y con menos ruido, es decir más saludables.

Una gran cantidad de energía también se utiliza para calentar y climatizar edificios, por lo que los cambios en el diseño y rehabilitación de los edificios podría reducir drásticamente el uso de energía. Si bien no existe un enfoque único que resuelva todos los desafíos planteados por el cambio climático, hay muchas opciones que pueden ayudar a reducir las emisiones y a prevenir algunos de sus impactos potencialmente más graves.

40. ¿Se puede utilizar la geoingeniería para eliminar el CO₂ de la atmósfera o revertir el calentamiento global?

En teoría, puede ser posible revertir algunos aspectos del calentamiento global a través de intervenciones tecnológicas llamadas *geoingeniería*, que pueden complementar las acciones o actuaciones de mitigación y adaptación. Pero este tema genera más preguntas que respuestas. Los enfoques de geoingeniería se están centrando principalmente en dos categorías: 1) la captación y la secuestro de CO₂ y 2) la reducción de la cantidad de energía solar que llega a la superficie de la Tierra.

Debido a los costes y riesgos inciertos de algunos enfoques de geoingeniería, las acciones de mitigación más tradicionales para reducir las emisiones GEI generalmente se consideran más factibles para evitar los impactos del cambio climático en la actualidad. Sin embargo, existen estudios dirigidos para determinar la viabilidad, los costes, los riesgos y los beneficios de varias técnicas de geoingeniería.

La captación del CO₂ de la atmósfera podría llevarse a cabo mediante la aplicación de métodos de gestión que aumenten el almacenamiento de carbono en los bosques, suelos, humedales y otros reservorios de carbono terrestres o acuáticos. Los árboles y las plantas extraen el CO₂ de la atmósfera durante la fotosíntesis y lo almacenan. Reforestar grandes extensiones de tierras ayudaría a reducir las concentraciones atmosféricas de CO₂. Las nuevas tecnologías también podrían usarse para capturar y secuestrar el CO₂ directamente de la atmósfera o en el punto donde se produce (como en las centrales eléctricas de carbón) y almacenarlo bajo tierra. Sin embargo, la secuestro de CO₂ es costosa y tiene largos tiempos de implementación, y además debe ser permanente y es geolocalizada.

La gestión de la radiación solar (GRS) es un esfuerzo que pretende reducir la cantidad de luz solar que puede llegar a la superficie de la Tierra al aumentar la cantidad de luz solar reflejada de nuevo hacia el espacio, reduciendo la cantidad de luz solar que llega a la atmósfera, lo que contrarrestaría el calentamiento global. Idea emitida por el premio Nobel de Química de 1995 en el año 2006 (Crutzen, 2006), así como también lanzó el término “*Antropoceno*” (Crutzen, 2003).

Dado que la GRS no revierte el aumento de las concentraciones de CO₂ y otros GEI en la atmósfera, este enfoque no aborda los impactos directos de una concentración elevada de CO₂,

como es el daño en los ecosistemas marinos por el aumento de la temperatura y la acidificación de los océanos. Este enfoque aumenta la influencia humana en el sistema climático con la intención de laminar parcialmente algunos de los efectos debidos al aumento de la concentración de los GEI en la atmósfera. Los métodos de GRS incluyen hacer que las nubes sean más brillantes y más reflexivas, mediante la inyección de aerosoles (material particulado) reflectantes en la atmósfera superior o inferior, o aumentar la *reflectividad* de la superficie de la Tierra.

La GRS puede funcionar junto con la reducción de CO₂ y otros esfuerzos de mitigación y puede eliminarse gradualmente con el tiempo. Sin embargo, este método requeriría costes sostenidos, y podría tener consecuencias inesperadas y/o perjudiciales no intencionadas, como podría ser un efecto negativo en los cultivos de alimentos básicos como arroz, soja, trigo y maíz; o bien afectar a la capa de ozono estratosférico.



❖ DE LA CIENCIA A LA POLÍTICA

41. ¿Qué es el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)?

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, conocido por el acrónimo en inglés IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), es una organización internacional, que fue establecida por primera vez en 1988 por las Naciones Unidas, conjuntamente entre la Organización Meteorológica Mundial (OMM/WMO) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), y posteriormente ratificado por la Asamblea General de las Naciones Unidas.

Su misión es proveer evaluaciones científicas exhaustivas sobre la información científica, técnica y socio-económica actual sobre la ciencia básica del clima de la Tierra y el riesgo de actual cambio climático, sus potenciales consecuencias medioambientales y socioeconómicas, y las posibles opciones para adaptarse a esas consecuencias o mitigar sus efectos.

El IPCC no lleva a cabo su investigación propia, ni lleva a cabo por sí mismo el trabajo de monitorización de fenómenos relacionados con el clima, eso es función de la OMM en el marco de las Naciones Unidas. La principal actividad del IPCC es publicar informes especiales sobre asuntos relevantes a la implementación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en in-

glés). Ha producido cinco evaluaciones principales del estado actual del conocimiento sobre el clima y el cambio climático: FAR (1990), SAR (1995), TAR (2001), AR4 (2007) y AR5 (2013/2014), el sexto informe está en fase de redacción y evaluación. Sirven como referencias clave para el conocimiento sobre el actual cambio climático por parte de la comunidad global, tanto para los políticos como para la población en general. Ofrece autoridad científica internacionalmente aceptada sobre cambio climático, sus informes gozan del acuerdo de todos los científicos dedicados al estudio del clima y el consenso de cada uno de los gobiernos participantes.

Recibió el Premio Nobel de la Paz de 2007, compartido, a partes iguales, entre el IPCC y Al Gore.

Se estructura en tres Grupos de Trabajo y un Grupo de Operaciones (Task Force), con los siguientes campos de trabajo:

Grupo de Trabajo I: evalúa aspectos científicos del sistema climático y del cambio climático.

Grupo de Trabajo II: evalúa la vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos y naturales al cambio climático, sus consecuencias y las opciones de adaptación.

Grupo de Trabajo III: evalúa las opciones para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, así como otras políticas de mitigación del cambio climático.

Grupo de Operaciones: sobre Inventarios de Gases de Efecto Invernadero, elaborando guías metodológicas y evaluando los inventarios nacionales.

42. ¿Qué es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático?

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992, suscrita ese mismo año dentro de lo que se conoce como la “Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro”, y entró en vigor el 21 de marzo de 1994 después de ser ratificada. En 2006 se enmendó en Nairobi y se tenía previsto adoptar un nuevo protocolo en el año 2009 en Copenhague, que se tuvo que retrasar y pasar a México en el 2010. A partir de 2014, tiene 196 partes, incluidos todos los estados miembros de las Naciones Unidas.

De acuerdo con lo indicado en su artículo n° 2: *“El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”.*

En la definición de este objetivo es importante destacar dos aspectos:

1. No se determinan los niveles de concentración de los GEI que se consideran interferencia antropogénica peligrosa en el sistema climático, reconociéndose así que en aquel momento no existía certeza científica sobre qué se debía entender por niveles no peligrosos.

2. Se sugiere el hecho de que el cambio del clima es algo ya inevitable por lo cual, no sólo deben abordarse acciones preventivas (para frenar el cambio climático), sino también de adaptación a las nuevas condiciones climáticas.

La COP (Conferencia de las Partes) es el “órgano supremo” de la Convención, es decir su máxima autoridad con capacidad de decisión. Es una asociación de todos los países que son Partes en la Convención. Y se soporta científicamente en el IPCC.

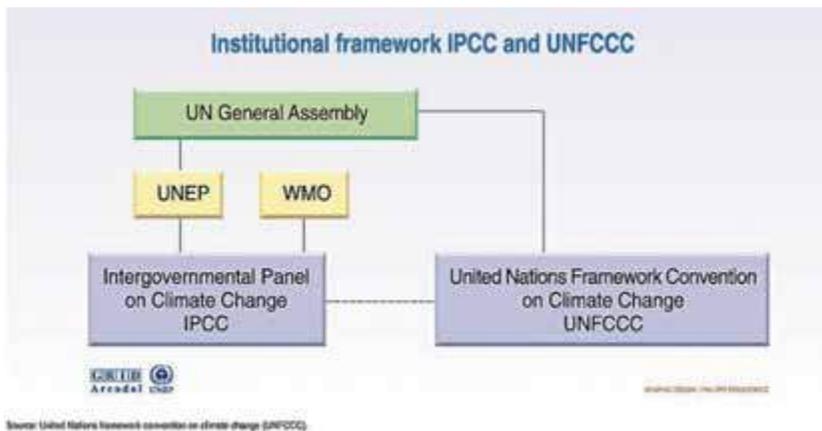


Figura 42.1 Marco institucional entre el IPCC y la CMNUCC (fuente: UNFCCC).

La COP se encarga de mantener los esfuerzos internacionales por resolver los problemas del cambio climático. Examina la aplicación de la Convención y los compromisos de las Partes en función de los objetivos de la Convención, los nuevos conocimientos científicos y la experiencia conseguida en la aplicación de las políticas relativas al cambio climático. Una labor fundamental de la COP es examinar las comunicaciones nacionales y los inventarios de emisiones presentados por las Partes. Tomando como base esta información, evalúa los efectos de las medidas adoptadas por las Partes y los progresos realizados en el logro del objetivo último de la Convención.

Al distinguir entre países industrializados y países en vías de desarrollo, la CMNUCC reconoce que los países industrializados son responsables de la mayoría de las emisiones mundiales de GEI y también que poseen las capacidades institucionales y financieras para reducirlos. Las Partes se reúnen anualmente para comprobar los avances y debatir otras medidas. Existen asimismo varios mecanismos mundiales de control e información para vigilar las emisiones de gases de efecto invernadero.

La COP se reúne todos los años desde 1995 después de su entrada en vigor, normalmente entre la última semana del mes de Noviembre y la primera de Diciembre. La primera reunión tuvo lugar en Berlín, y la última el pasado año 2018 en Katowice (Polonia). Ha habido un total de 24 COP's.

Los dos actos más importantes adoptados por la CMNUCC han sido: en 1997, se acordó incorporar una adición al tratado, conocido con el nombre de Protocolo de Kioto, que implica medidas de reducción de emisiones de GEI jurídicamente vinculantes; y en Diciembre de 2015 se aprobó lo que se conoce como el Acuerdo de París, que es un acuerdo mínimo de voluntades no obligatorias y que no entra en vigor hasta el año 2020. Entre la adopción de la CMNUCC (1992) y el Acuerdo de París (2015/2020) han pasado 28 años, una generación, periodo temporal en el cual las emisiones de GEI han continuado aumentando de forma exponencial.

43. ¿Qué significa e implica el Protocolo de Kioto?

El Protocolo de Kioto (PK) se desarrolla a partir de CMNUCC con categoría de acuerdo internacional y tiene por objetivo reducir las emisiones de los seis gases de efecto invernadero principales que provocan el calentamiento global, que son el dió-

xido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), y los otros tres son tipos de gases industriales fluorados: los hidrofluorocarburos (HFC), los perfluorocarburos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆).

En el PK se acordó una reducción de al menos un 5,2%, de las emisiones promedio de estos gases en el período 2008-2012 en relación a las emisiones de 1990, tomado como año de referencia. Esto no significa que cada país se comprometía a reducir sus emisiones de los gases regulados en un 5,2% como mínimo, este es un porcentaje correspondiente a un compromiso global promedio y cada país suscribiente del PK tenía sus propios compromisos de reducción de emisiones.

El PK fue adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto (Japón), pero no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005. En noviembre de 2009 eran 187 los estados que lo habían ratificado. Estados Unidos, que cuando se firmó el protocolo era el mayor emisor de GEI -desde 2005 lo es China-, nunca lo ratificó. El PK se volvió legalmente vinculante al ser ratificado por al menos 55 países, emitiendo al menos el 55% de las emisiones abordadas por el Protocolo. Con la aprobación del PK por parte de Rusia que lo suscribió el 18 de noviembre de 2004, el PK se convirtió el 16 de febrero de 2005 en una ley internacional vinculante para los países que lo habían ratificado. Sin embargo, los Estados Unidos y Australia mostraron su falta de voluntad para ratificar el tratado y permanecer fuera del marco de PK.

Este acuerdo legalmente vinculante comprometía a los países industrializados a reducir sus emisiones colectivas, los objetivos de las emisiones globales para los seis GEI se combinarían para dar una cifra única en forma de *“equivalentes de CO₂”*, lo cual permite acumular las cantidades emitidas de los diferentes GEI

referenciadas a un único gas, que es el CO₂, de acuerdo al potencial de calentamiento global específico de cada uno de ellos.

La reducción de emisiones recae en los países industrializados con objetivos numéricos de reducción vinculantes, son los 39 países que figuran en el “Annex I Parties”, ya que eran los responsables de haber producido la mayor parte de la emisión antrópica de GEI hasta esa fecha. Los países en desarrollo pueden ser signatarios del PK con el entendimiento de que no tienen objetivos vinculantes de reducción de emisiones y son los países que figuran en el “non Annex I Parties”. Sin embargo, los países en desarrollo pueden participar en proyectos de reducción de emisiones a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

El PK contempla tres «mecanismos flexibles» basados en el mercado: 1) implementación conjunta de proyectos (JI), 2) el mecanismo para un desarrollo limpio (MDL/CDM) y 3) el comercio de derechos de emisión (ET), que deberían facilitar a los países industrializados cumplir sus objetivos mediante el comercio de derechos de emisión entre ellos y la obtención de créditos para proyectos de limitación de las emisiones fuera de su territorio. La implementación conjunta se refiere a proyectos en países que también tienen objetivos de emisión y el mecanismo para un desarrollo limpio, a proyectos en los países en vías de desarrollo sin objetivos de reducción.

La justificación de estos tres mecanismos radica en que las emisiones de GEI son un problema mundial y el lugar donde se consigan las reducciones reviste escasa importancia. De esta manera, las reducciones pueden hacerse donde los costes sean más bajos, por lo menos en la fase inicial de lucha contra el cambio climático. Se procedió a fijar normas detalladas y estructuras de control para velar que no se abuse de estos mecanismos.

Al no poderse alcanzar un segundo acuerdo internacional, la decimoctava Conferencia de las Partes (COP 18) que tuvo lugar en Doha (Qatar) ratificó el segundo periodo de vigencia del Protocolo de Kioto desde el 1 de enero de 2013 hasta el 31 de diciembre de 2020. La duración de este segundo periodo del Protocolo de ocho años, se acordaron metas concretas para el año 2020. Sin embargo, este proceso denotó un débil compromiso de los países industrializados, tales como Estados Unidos, Rusia, y Canadá, los cuales decidieron no respaldar la prórroga. La canalización de financiamiento y tecnología de apoyo a países en desarrollo tuvo avances importantes. Los países desarrollados reiteraron su compromiso de continuar el financiamiento a largo plazo, con miras a movilizar 100 mil millones de dólares para adaptación y mitigación hasta el 2020.

El PK ha sido visto por amplios sectores sociales como un fracaso, aspecto que no comparto, creo que ha permitido avanzar en las políticas de mitigación y en caminar en la concienciación del problema, aunque sí que es verdad que con pasos muy limitados. Las causas han sido varias.

Una primera, el movimiento sobre el escepticismo o negacionismo sobre que el actual cambio climático estuviera provocado por el hombre fue muy activo, presentando una forma interesada de ver el problema -no he dicho creer-, como muestra el siguiente texto: “...*que no existe evidencia suficiente, ni convincente que apoye la existencia de un calentamiento global, y de ocurrir, que ello sea perjudicial para la humanidad*”. No se puede dejar de mencionar lo que se conoció como el *climagate*, cuyas acusaciones se han demostrado que no estaban fundadas. Entre los líderes de los negacionistas está el danés Bjorn Lomborg, director del Instituto Medioambiental de Dinamarca, autor de *El ecologista escéptico*, sostiene que la mano del hombre no sólo no ha empeorado el clima, sino que lo ha mejorado. Pero más

grave, ha sido la *Global Climate Coalition*, un grupo creado por British Petroleum, Exxon, Shell Oil USA, Ford, General Motors y DaimlerChrysler, entre otras grandes multinacionales, para oponerse al protocolo de Kioto.

Otra segunda, no menos importante: “... algunos grupos insisten en la necesidad de reducir la emisión de CO₂, lo que sin duda lleva a limitar el uso de energía y a frenar el desarrollo de los países desarrollados. De ocurrir, ello repercutirá en los países en vías de desarrollo, cuyas exportaciones van a estos países (los que tendrán menos recursos para comprar) e importan bienes necesarios de ellos, los que sin duda van a subir de precio, al subir el precio de la energía. Si de todos modos vamos a tomar acciones para reducir las emisiones de gases invernadero, debemos hacerlo sin que ello afecte la economía de los países que firman el tratado”; un fuerte posicionamiento neoliberal de la economía mundial en dicho periodo de tiempo.

Y finalmente una tercera causa: la imposición a los Estados de obligaciones internacionales que han sido vistas como una limitación a la soberanía nacional, una de las razones por las cuales no ha sido ratificado por Estados Unidos.

44. ¿Qué representa el Acuerdo de París?

El Acuerdo de París (AP) es un acuerdo internacional aprobado en el contexto de la CMNUCC que establece medidas para la reducción de las emisiones de GEI a través de la mitigación, adaptación y resiliencia con el objetivo de paliar los efectos del calentamiento global, su aplicación es a partir del año 2020, cuando finaliza la vigencia de la extensión del Protocolo de Kioto. El acuerdo fue negociado durante la XXI Conferencia sobre Cambio Climático (COP 21) en París por los 195 países

miembros, adoptado el 12 de diciembre de 2015 y firmado el 22 de abril de 2016 para celebrar el Día de la Tierra. En esta ocasión, se cumplió rápidamente, en unos meses, la condición necesaria para la entrada en vigor del acuerdo al ser ratificado por más de 55 partes que suman más del 55 por ciento de las emisiones globales de GEI, en solo unos meses frente a los más de siete años del PK.

El 1 de junio de 2017, el presidente Donald Trump anunció la retirada de Estados Unidos de este Acuerdo –que el presidente Obama lo firmo en París pero luego no ha sido ratificado (paso lo mismo con el PK)-, dadas sus promesas de campaña en pro de los intereses económicos, en particular del sector del carbón. No obstante, ha habido fuertes reacciones e iniciativas, de soportar el AP tanto desde los Estados como del sector empresarial, como Beyond Carbon, United States Climate Alliance, etc. Pero, además, debido al redactado del AP, no puede abandonarlo en cuatro años.

Todos los demás países del mundo han reiterado su compromiso y comunicado que no se iban a retirar del acuerdo, aunque Estados Unidos lo hiciese. Los países latinoamericanos que más se habían involucrado en la consecución de los objetivos fijados en el acuerdo expresaron su preocupación por la reducción de transferencia de tecnología y financiación internacional que supondría la retirada de Estados Unidos para su proceso de transición energética.

Conforme al propio texto del Acuerdo, tal como señala en su Artículo 2, que define como objetivo “*reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza*” para lo cual determina tres acciones concretas:

- a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático;
- b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos;
- c) Elevar las corrientes financieras a un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

Las contribuciones de reducción de emisiones de GEI que cada país de forma individual puede establecer para conseguir el objetivo global se denominan **contribuciones previstas determinadas a nivel nacional** (*Nationally determined contributions, NCDs*) El artículo 3 requiere que sean “ambiciosas”, “que representen un progreso a lo largo del tiempo” y se establezcan “para conseguir el propósito de este Acuerdo”. Los países pueden cooperar y poner en común sus contribuciones definidas a escala nacional. Las contribuciones deberán tener un informe de evaluación cada cinco años y estar registradas por la Secretaría de la CMNUCC. Cada progreso debería ser más ambicioso que el previo, conocido como el “*principio de progresión*”. Las contribuciones determinadas a nivel nacional comprometidas durante la COP 21 de 2015 sirven -a menos que se consigan de otra manera- como la contribución inicial a escala nacional.

El nivel de las Contribuciones Previstas Determinadas a Nivel Nacional (INCD) se establece que cada país definirá sus propios objetivos. Sin embargo las “contribuciones” no son obligaciones similares a la legislación internacional, ni tienen la especificidad de carácter normativo, u obligatorio necesario para crear normas que hay que cumplir. Además, no contempla mecanismo para forzar a un país a establecer un objetivo en su Contribución, que es determinada a escala nacional para una fecha concreta, ni la ejecución si el objetivo establecido no se alcanza. Según dispone el Acuerdo no hay consecuencias si los países no alcanzan sus compromisos, la conclusión en este punto es muy frágil. La salida poco a poco de las naciones del Acuerdo puede desencadenar la retirada de más gobiernos, provocando un colapso total del acuerdo.

Entre el PK y el AP hay una diferencia sustancial, sin la cual el AP no se hubiera alcanzado. En el PK se acordó un esquema obligatorio de reducción de las emisiones para los países industrializados, los países emergentes y en vías de desarrollo no tenían objetivos de reducción; los objetivos, aunque limitados, están fijados en términos de reducción de las emisiones de GEI que son el factor causal del calentamiento global. Mientras que en el AP el objetivo se transfiere sobre uno de los indicadores que reflejan los efectos del calentamiento global como es limitar el aumento de la temperatura, y el factor causal, las emisiones, se trata de una forma voluntaria y no obligada. Esta diferencia sustancial y limitante de la solución, es lo que permitió alcanzar el Acuerdo de París.

Otro elemento especial, que llama profundamente la atención del Acuerdo de París se refiere a la energía. Este acuerdo implica proceder a un cambio radical del modelo energético mundial, lo que se ha llamado “*transición energética*”. Pues bien, el término energía no aparece mencionado ni una sola vez. Única-

mente es mencionado en el artículo 16 punto el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), en calidad de estar representados como observadores.

En la última COP24, que tuvo lugar en Katowice (Polonia) entre los días 2-15 Diciembre 2018. Si bien todos los países reconocen la necesidad de abordar el cambio climático, uno de los debates de esta COP fue, si el informe del IPCC [20181008 Global Warming of 1.5 °C Sr15] debe ser “aceptado” o simplemente “tomado nota”. EE.UU. y Arabia Saudita junto Rusia y Kuwait lo pusieron en duda, dado el mensaje claro que el mismo contiene: la absoluta necesidad de reducir las emisiones de GEI. ¿Qué hay detrás de estas posiciones? Evitar una TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y ECOLÓGICA.

45. ¿Y si aumenta la temperatura 2 °C?

En el Acuerdo de París, los países del mundo acordaron mantener por debajo de 2 °C el incremento de la temperatura global del planeta y hacer esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C. La fecha fijada para llegar a estos objetivos es el año 2050. Pero la realidad es que, a este paso, en algo más de 20 años habremos superado el primero de los límites.

La comunidad científica estima, aun así, que cada vez **tenemos menos opciones para atajar el problema**. Solamente, si se toman medidas drásticas que transformen el sistema energético y los hábitos de consumo sociales, y contamos con el compromiso de todos los actores sociales: gobiernos, sector privado y sociedad, estaremos a tiempo de frenar este aumento descontrolado.

La pregunta es ¿qué pasa si los países no cumplen? ¿si la humanidad no cumple? En el último informe del IPCC

[20181008 Global Warming of 1.5 °C Sr15] sobre qué impacto tendría en el planeta si el **calentamiento global** alcanzara el techo de 1,5 °C y/o el de 2 °C y las conclusiones son claras: o actuamos de inmediato o las consecuencias son gravísimas. Nuestro mundo ya ha sido testigo en el último siglo de una **vertiginosa subida de su temperatura**: 1 °C desde la época preindustrial hasta nuestros días. Si este aumento progresivo alcanza los 2 °C, las consecuencias repercutirán en múltiples direcciones. Nunca medio grado ha sido tan importante.

Asistiríamos, por ejemplo, a un alarmante **aumento del nivel del mar**, lo que expondría a millones de personas a catástrofes como inundaciones en las zonas de costa.

La **pérdida de biodiversidad** que se produciría si el ascenso es de 2 °C muy probablemente sería completamente irreversible por la **desaparición de especies de plantas, animales, insectos**, e incluso la desaparición de casi la totalidad de los arrecifes de coral.

Muchos de los ecosistemas de nuestro planeta están en riesgo de transformaciones radicales que acabarían con su bioma natural. Con un **aumento de la temperatura del planeta** de 2 °C, el 13 % de la superficie terrestre sufriría estos cambios, por ejemplo, de tundra a bosque, lo que supondría desajustes irreversibles en su flora y su fauna. Si el aumento es de 1,5 °C, este riesgo se reduce al 4 % del área terrestre.

Además, a mayor temperatura, mayor **impacto en el permafrost del Ártico**, que se descongelaría entre un 35-47 % con una subida de 2 °C, reduciéndose al 21 % en caso de que el aumento de la temperatura del planeta que padezcamos sea de 1,5 °C.

Que se exceda la temperatura con una variación de más menos $\frac{1}{2}$ °C no tendrá el mismo impacto en todas las áreas ni entornos del planeta, y en algunas ocasiones, la desaparición de especies serán factores irrecuperables ante los que ya no habrá posibilidad de reaccionar.

Con la ciencia no se puede negociar La urgencia a la que nos interpela el planeta para evitar estos escenarios requiere de transformaciones drásticas en la economía y en la industria global, y de un compromiso firme por parte de gobiernos, sector privado y sociedad para frenar el calentamiento global.

Para tener la posibilidad de mantener el calentamiento a 1,5°C a largo plazo, el mundo tendrá que **reducir un 45% las emisiones de CO₂ con respecto a 2010 antes de 2030, y alcanzar cero emisiones netas (neutralidad en carbono) en 2050. Para ello, las emisiones netas anuales deben reducirse al menos a la mitad de la cifra en la que nos movemos actualmente, es decir, pasar de 52 Gt a 25 Gt al año.**

El papel de las energías renovables será fundamental y en 2050 deberían convertirse en la fuente que suministrara entre el 70% y el 85% de la energía total. Además, son necesarias medidas radicales para sustituir los combustibles fósiles en el transporte o para mejorar la producción de los alimentos y evitar el desperdicio. Y ser complementado con un esfuerzo significativo de un aumento de la eficiencia energética.

No es solo una cuestión de glaciares y osos polares, nos afecta a todos. En tanto que especie. Como profesionales, periodistas, académicos. Como madres, padres, mujeres, hombres, hijos. Las consecuencias del actual calentamiento de la tierra, los desastres naturales y la amenaza de una inminente destrucción de

los medios de sustento en el planeta, son literalmente una lucha por la especie y la civilización humana.

A pesar de este sombrío panorama, se debe ser necesariamente optimista: el mundo cuenta con la comprensión científica, la capacidad tecnológica y los medios financieros para hacer frente al actual cambio climático.

Las condiciones de la nueva “era geológica”, ya aceptada y denominada “Antropoceno”, difieren de las preindustriales en proporción al cambio histórico que significa el actual calentamiento global debido al forzamiento antrópico y al acelerado cambio climático que se está produciendo.



❖ BIBLIOGRAFÍA

1. AEMET (2016) Olas de calor en España desde 1975. Agencia Estatal de Meteorología, 16 pp.
2. Azurro et al. (2019) *Climate change, biological invasions, and the shifting distribution of Mediterranean fishes: A large-scale survey based on local ecological knowledge*. Global Change Biology. doi:<https://doi.org/10.1111/gcb.14670>
3. Baldasano J.M. (2019) *Impactos y vulnerabilidad en el ciclo del agua frente al actual cambio climático*. SMAGUA 2019, Zaragoza, 6 Febrero.
4. Bamber J.L. et al. (2001). *A new ice thickness and bedrock data set for the Greenland ice sheet*. JGR Atmospheres 106 (D24): 33773-33780 J. L. doi.org/10.1029/2001JD900054
5. Barrera-Escoda A., M. Gonçalves, D. Guerreiro, J. Cunillera, J.M. Baldasano (2014) Projections of temperature and precipitation extremes in the North Western Mediterranean Basin by dynamical downscaling of climate scenarios at high resolution (1971-2050). Climatic Change 122: 567–582 [doi 10.1007/s10584-013-1027-6](https://doi.org/10.1007/s10584-013-1027-6)
6. Beard, C.B. et al. (2016). *Vector-borne diseases. The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 129–156 dx.doi.org/10.7930/J0765C7V
7. Benedict I. et al. (2019). *The benefits of spatial resolution increase in global simulations of the hydrological cycle evaluated for the Rhine and Mississippi basins*. Hydrology and Earth System Sciences 23(3):1779-1800 [doi: 10.5194/hess-23-1779-2019](https://doi.org/10.5194/hess-23-1779-2019)

8. Bopp, L. et al. (2013). *Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: Projections with CMIP5 models*. Biogeosciences, 10 (10), 6225- 6245 [dx.doi.org/10.5194/bg-10-6225-2013](https://doi.org/10.5194/bg-10-6225-2013)
9. Burrows, M.T. et al. (2011). *The pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems*. Science, 334, 652-655 [doi. org/10.1126/science.1210288](https://doi.org/10.1126/science.1210288)
10. Church, J.A. et al. (2013). *Sea level change*. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press.
11. Crutzen P.J. (2003) How long have we been in the Anthropocene Era? An Editorial Comment. Climatic Change, 61: 251–257 doi.org/10.1023/B:CLIM.0000004708.74871.62
12. Crutzen P.J. (2006) Albedo enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma? An Editorial Essay. Climatic Change, 77: 211–219 [doi: 10.1007/s10584-006-9101-y](https://doi.org/10.1007/s10584-006-9101-y)
13. De Angelo, B. et al. (2017). *Perspectives on climate change mitigation*. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Vol. I. Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 393-410. [dx.doi.org/10.7930/J0M32SZG](https://doi.org/10.7930/J0M32SZG)
14. de Groot W.J. et al., (2013) *El Cambio Climático y los Incendios Forestales*. Memorias del Cuarto Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Incendios Forestales: Cambio Climático e Incendios Forestales. González-Cabán, Armando, coord. téc. 46 pp.
15. Diaz, D. and F. Moore (2017). *Quantifying the economic risks of climate change*. Nature Climate Change, 7, 774-782 [dx.doi.org/10.1038/nclimate3411](https://doi.org/10.1038/nclimate3411)

16. Easterling, D.R. et al. (2017). *Precipitation change in the United States*. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Vol. I. Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 207-230. [dx.doi.org/10.7930/J0H993CC](https://doi.org/10.7930/J0H993CC)
17. ENES (2012) *Infrastructure Strategy for the European Earth System Modelling Community 2012-2022*. FP7 IS-ENES project. 36 p.
18. Fahey, D.W. et al. (2017) *Physical drivers of climate change*. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Vol. I. Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 73-113. [dx.doi.org/10.7930/J0513WCR](https://doi.org/10.7930/J0513WCR)
19. Gonçalves M., A. Barrera-Escoda, D. Guerreiro, J.M. Baldasano, J. Cunillera (2014). *Seasonal to yearly assessment of temperature and precipitation trends in the North Western Mediterranean Basin by dynamical downscaling of climate scenarios at high resolution (1971-2050)*. Climatic Change 122: 243–256 [doi 10.1007/s10584-013-0994-y](https://doi.org/10.1007/s10584-013-0994-y)
20. GRID (2019). *Global Report ON INTERNAL DISPLACEMENT*. IDMC 159 pp.
21. Hanson, S. et al. (2011). *A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes*. Climatic Change, 104(1), 89-111 [doi:10.1007/s10584-010-9977-4](https://doi.org/10.1007/s10584-010-9977-4)
22. Harrison S. and D. Stainforth (2009), *Predicting Climate Change: Lessons from Reductionism, Emergence, and the Past*. Eos, 90, 13: 111–112, 31 March
23. Hatfield S. et al. (2019). *Accelerating high-resolution weather models with deep-learning hardware*. [doi:10.13140/RG.2.2.27743.30884](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27743.30884)

24. Hawkins, E. and R. Sutton (2009). *The potential to narrow uncertainty in regional climate predictions*. Bulletin of the American Meteorological Society, 90 (8), 1095- 1107. [dx.doi.org/10.1175/2009BAMS2607.1](https://doi.org/10.1175/2009BAMS2607.1)
25. Hurd C.L., A. Lenton, B. Tilbrook and P.W. Boyd (2018) *Current understanding and challenges for oceans in a higher-CO₂ world*. Nature Climate Change 8, 686–694 doi.org/10.1038/s41558-018-0211-0
26. IPCC AR5 (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 383–464. <http://www.climatechange2013.org/report/full-report/>
27. Jewett, L. and A. Romanou (2017). *Ocean acidification and other ocean changes*. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Vol. I. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 364-392. dx.doi.org/10.7930/J0QV3JQB
28. Jolly, W.M. et al. (2015). *Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013*. Nature Communications, 6, 7537 dx.doi.org/10.1038/ncomms8537
29. Jonkers L., H. Hillebrand and M. Kucera (2019) *Global change drives modern plankton communities away from the pre-industrial state*. Nature doi.org/10.1038/s41586-019-1230-3
30. Knutson, T. et al. (2017). *Detection and attribution of climate change*. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Vol. I. Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 114-132. dx.doi.org/10.7930/J01834ND

31. Littell, J.S. et al. (2009). *Climate and wildfire area burned in western U.S. ecoprovinces, 1916-2003*. Ecological Applications, 19 (4), 1003-1021 [dx.doi. org/10.1890/07-1183.1](https://doi.org/10.1890/07-1183.1)
32. Lythe M.B. and D.G. Vaughan (2001) *BEDMAP: A new ice thickness and subglacial topographic model of Antarctica*. JGR Solid Earth 106(B6): 11335-11351 doi.org/10.1029/2000JB900449
33. Kossin, J.P. et al. (2017). *Extreme storms*. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Vol. I. Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 257-276. [dx.doi.org/10.7930/J07S7KXX](https://doi.org/10.7930/J07S7KXX)
34. McKenzie, D. and J.S. Littell (2017). *Climate change and the eco-hydrology of fire: Will area burned increase in a warming western USA?* Ecological Applications, 27 (1), 26-36 [dx.doi. org/10.1002/eap.1420](https://doi.org/10.1002/eap.1420)
35. Milankovitch, Milutin (1941). *Canon of Insolation and the Ice Age Problem*. Belgrade: Zavod za Udžbenike i Nastavna Sredstva. ISBN 86-17-06619-9
36. Mouginit J. et al.(2019) *Forty-six years of Greenland Ice Sheet mass balance from 1972 to 2018*. PNAS 6 pp. [doi. org/10.1073/pnas.1904242116](https://doi.org/10.1073/pnas.1904242116)
37. Myhre, G. et al. (2013). *Anthropogenic and natural radiative forcing*. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 659–740. [http:// www.climate-change2013.org/report/full-report/](http://www.climate-change2013.org/report/full-report/)
38. NAOSEaM (2017). *Valuing Climate Damages: Updating Estimation of the Social Cost of Carbon Dioxide*. The Na-

- tional Academies Press, Washington, DC, 280 pp [dx.doi.org/10.17226/24651](https://doi.org/10.17226/24651)
39. Peltier, W.R. and R.G. Fairbanks (2006). *Global glacial ice volume and Last Glacial Maximum duration from an extended Barbados sea level record*. Quaternary Science Reviews 25:3322-3337.
40. Pena L. and S. Goldstein (2014). *Thermohaline circulation crisis and impacts during the mid-Pleistocene transition*. Science 345, 6194: 318-322 [doi: 10.1126/science.1249770](https://doi.org/10.1126/science.1249770)
41. Perlwitz, J. et al. (2017). *Large-scale circulation and climate variability*. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Vol. I. Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 161-184 [dx.doi.org/10.7930/J0RV0KVQ](https://doi.org/10.7930/J0RV0KVQ)
42. Reto K. and Th.F. Stocker (2000) *Influence of the Thermohaline Circulation on Projected Sea Level Rise*. Journal of Climate 13 (12): 1997-2001 [doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<1997:IOTTCO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<1997:IOTTCO>2.0.CO;2)
43. Rose, S.K. et al. (2017). *Understanding the social cost of carbon: A model diagnostic and inter-comparison study*. Climate Change Economics, 08 (02), 1750009 [dx.doi.org/10.1142/s2010007817500099](https://doi.org/10.1142/s2010007817500099)
44. Sharma S. et al. (2019). *Widespread loss of lake ice around the Northern Hemisphere in a warming world*. Nature Climate Change 9, 227–231 doi.org/10.1038/s41558-018-0393-5
45. Shea et al. (2015) *Modelling glacier change in the Everest region, Nepal Himalaya*. The Cryosphere, 9, 1105-1128 doi.org/10.5194/tc-9-1105-2015

46. Surdu, C. M. et al. (2014). *Response of ice cover on shallow lakes of the North Slope of Alaska to contemporary climate conditions (1950–2011): radar remote-sensing and numerical modeling data analysis*. *The Cryosphere*, 8, 167–180 doi.org/10.5194/tc-8-167-2014, 2014
47. Sweet, W.V. (2017). *Sea level rise. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment*, Vol. I. Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 333–363 dx.doi.org/10.7930/J0VM49F2
48. Taylor, P.C. et al. (2017). *Arctic changes and their effects on Alaska and the rest of the United States*. *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment*, Vol. I. Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 303–332. dx.doi.org/10.7930/J00863GK
49. Thrasher B. et al. (2013). *Downscaled Climate Projections Suitable for Resource Management*. *Eos*, 94, 37: 321–323, 10 Sept.
50. Trenberth, K.E. (2015). *Has there been a hiatus?* *Science*, 349 (6249), 691–692 dx.doi.org/10.1126/science.aac9225
51. Turco M. et al. (2018). *Exacerbated fires in Mediterranean Europe due to anthropogenic warming projected with non-stationary climate-fire models*. *Nature Communications* [doi:10.1038/s41467-018-06358-z](https://doi.org/10.1038/s41467-018-06358-z).
52. USGCRP (2017). *Climate Science Special Report. Chapter 12: Sea Level Rise* science2017.globalchange.gov
53. Voon P. (2019) *New climate models forecast a warming surge*. *Science* 364, 6437: 222–223 [doi: 10.1126/science.364.6437.222](https://doi.org/10.1126/science.364.6437.222)

54. Walsh, J. et al. (2014). *Appendix 4: Frequently asked questions*. Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment. Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, 790-820 [dx.doi.org/10.7930/J0G15XS3](https://doi.org/10.7930/J0G15XS3)
55. WCRP (2018). *Global sea-level budget 1993–present*. Earth System Science Data. 10 (3): 1551–1590 [doi:10.5194/essd-10-1551-2018](https://doi.org/10.5194/essd-10-1551-2018).
56. Wehner, M.F. et al. (2017). *Droughts, floods, and wildfires*. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Vol. I. Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 231-256. dx.doi.org/10.7930/J0C-J8BNN
57. Williams, A.P. et al. (2015). Contribution of anthropogenic warming to California drought during 2012–2014. *Geophysical Research Letters*, 42 (16), 6819- 6828. dx.doi.org/10.1002/2015GL064924
58. Wouters, B., J.L. Bamber, M.R. van den Broeke, J.T.M. Lenaerts, and I. Sasgen (2013). *Limits in detecting acceleration of ice sheet mass loss due to climate variability*. *Nature Geoscience*, 6 (8), 613-616 dx.doi.org/10.1038/ngeo1874
59. Wuebbles, D.J. et al. (2017). *Our globally changing climate*. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Vol. I. Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 35-72. dx.doi.org/10.7930/J08S4N35
60. Zemp, M. et al. (2019) *Global glacier mass changes and their contributions to sea-level rise from 1961 to 2016*. *Nature*. doi.org/10.1038/s41586-019-1071-0

61. Ziska, L.H. et al. (2012). *Recent and projected increases in atmospheric CO₂ concentration can enhance gene flow between wild and genetically altered rice (Oryza sativa)*. PLOS ONE, 7 (5), e37522 [dx.doi. org/10.1371/journal.pone.0037522](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037522)



Discurso de contestación

Excmo. Sr. Dr. José Maria Gay de Liébana Saludas

**Excelentísimo Señor Presidente,
Excelentísimos Señores Académicos,
Excelentísimas e Ilustrísimas Autoridades,
Señoras y Señores,**

I - INTROITO Y LAUDATIO

Hoy cruza el umbral de nuestra Corporación, el **Excmo. Sr. Dr. D. José M^a Baldasano Recio**, ingresando en calidad de Académico Numerario. Se incorpora a nuestra Institución un reconocido y acreditado científico, que suma incontables aportaciones en el transcurso de su prolífica, prolija y premiada trayectoria, arribando a esta **Casa** precedido de una sólida y recia reputación cosechada a lo largo de toda una vida dedicada, en cuerpo y alma, a la ciencia y a la investigación, laureado con distinciones relevantes y de cuyas contribuciones nos hemos beneficiado repetidamente desde su llegada a esta **Real Academia**.

Si una característica, a modo de virtud, distingue a nuestra Academia es su faceta interdisciplinar y transversal, máxime en una ocasión como ésta. Así, intento justificar la circunstancia de que la **Real Academia Europea de Doctores**, a través de su **Presidente, Excmo. Sr. Dr. D. Alfredo Rocafort Nicolau**, me haya responsabilizado de la preparación del presente discurso de contestación al de ingreso que acabar de leer el **Académico Recipiendario, Dr. José M^a Baldasano**; facultad que agradezco por el panegírico que me encomienda

Mi gratitud, a la sazón, es por una doble razón: en primer lugar, por el compromiso de intentar dar respuesta a una intervención de penetrante cuño científico a la par que divulgativa en aras a sensibilizar sobre la importancia y las consecuencias

del actual cambio climático, dictada por un erudito de la talla y prestancia del **Dr. José M^a Baldasano**, y, en segundo lugar, por mi estrecha relación con él, haciéndome partícipe a título lucrativo desde hace muchos años del capital que rinde su pródiga amistad, lo que no impide que en nuestros periódicos duelos tenísticos, sobre la impecable alfombra de las pistas de tierra batida de nuestro entrañable Real Club de Tenis Barcelona – 1899, las raquetas, destilando elegante finura tenística, estén en lo más alto y la pugna por cada punto constituya una proeza épica.

La impronta interdisciplinar de la **Real Academia Europea de Doctores**, que señalaba, queda patente hoy como en tantas otras ocasiones. El discurso de ingreso del académico recipiendario, **Dr. José M^a Baldasano**, lo prepara, redacta y lee un químico, que es Catedrático de Ingeniería Ambiental en la Universidad Politécnica de Cataluña, influyente experto en el ámbito del estudio del cambio climático, y lo responde un economista, que es Profesor en la Universidad de Barcelona, que únicamente aspira a presentar y encomiar la figura y la personalidad del nuevo Académico de Número, perfilando suaves pinceladas de tonalidades económicas con las que apoyar las notables conclusiones del recipiendario.

Y si el discurso del **Dr. Baldasano** toma como hilo conductor el actual cambio climático, que de manera pormenorizada va desgranando, ahondando en las entrañas de los incontables interrogantes que el asunto depara, concienciándonos sobre su magnitud y los efectos ambientales y sociales que desencadena, incluso introduciendo matices políticos, el discurso de contestación, lógicamente, tiene que incidir en las aristas económicas y financieras del tema nuclear desarrollado por el **Profesor Baldasano**.

Antes de proceder a la contestación al **Dr. Baldasano**, a quien felicito por su magnífico trabajo y por su extraordinaria intervención, permítame, **Excmo. Sr. Presidente**, que introduzca su figura.

Del consistente, equilibrado y encomiable currículum del **Dr. Baldasano** sobresalen sendas distinciones que corroboran su condición de prestigioso científico. La primera de ellas es la obtención en 1997 del Premio “Rey Jaime I” de Protección del Medio Ambiente, que anualmente se concede en la ciudad de Valencia. La influencia y el realce de los Premios “Rey Jaime I” es indudable por distintos motivos, entre ellos, la presencia de varios Premios Nobel que componen sus Jurados. En consecuencia, el lustre del Premio “Rey Jaime I” es de probada proyección internacional.

La segunda mención destacable de la trayectoria del **Excmo. Dr. José M^a Baldasano** viene dada por el Diploma que se le concedió en 2007 como integrante del Panel de las Naciones Unidas sobre el Clima (IPCC), formando parte del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, por su contribución al Premio Nobel de la Paz.

Otrosí, en su impecable currículum, sobresalen los premios que ha recibido de la Universidad de Sherbrooke (Quebec, Canadá) en 1979, el de la Ciutat de Palma de Mallorca en su modalidad de Investigación en 1984, así como otras menciones y distinciones que confirman su docta reciedumbre y el nivel de sus trabajos.

El académico recipiendario, **Dr. José M^a Baldasano**, es Licenciado y Doctor en Ciencias Químicas por la Universidad de Barcelona, Ingeniero Químico por el Institut National Polytechnique de Toulouse (Francia) y Master on Science en In-

geniería Química por la Universidad de Sherbrooke (Quebec, Canadá).

Desde 1993, el **Dr. José M^a Baldasano** es Catedrático de Ingeniería Ambiental en la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y fue director del Departamento de Proyectos de Ingeniería de la UPC y director del Instituto de Petroquímica Aplicada (IPA), transformado en el Instituto de Tecnología y Modelización Ambiental (ITEMA). Ha dirigido e impulsado programas de postgrado, máster y doctorado, desempeñando varios cargos académicos. De su iniciativa y bajo su dirección nació el **programa de doctorado en Ingeniería Ambiental** entre 1986-2006, que fue el primero en España de dicha especialidad, e inició y codirigió el Master en Ingeniería Ambiental entre 2006-2011.

Sus actividades en materia de investigación y desarrollo se centran en la modelización de la calidad del aire y el cambio climático, estudios de impacto ambiental y gestión de residuos. Y como mérito singular, tanto para el **Dr. Baldasano** como para la ciudad de Barcelona, conviene dejar constancia de que fue fundador y director del departamento de Ciencias de la Tierra en el Barcelona Supercomputing Center (BSC) en el período 2005-2014.

En el haber del **Dr. Baldasano** destacan otros muchos hitos que, de manera sucinta, resumiré. Fue responsable del desarrollo legislativo sobre residuos industriales en la Generalitat de Cataluña de 1981-1984; Miembro y presidente del Consejo Asesor para la Gestión de los Residuos Industriales de la Generalitat de Cataluña de 1991-1995, y asesor de la Agencia Catalana de Residuos de 2004-2010; y desde 2011 asesor del Consejo de Expertos de Calidad del Aire.

Fue Miembro del Consejo Asesor de Medio Ambiente del Ministerio de Medio Ambiente desde su creación en 1994 a 1997; Presidente de ADECAGUA -Asociación para la Defensa de la Calidad de las Aguas- de 1989-1991; vocal de la comisión de expertos del Programa Español de I+D en Medio Ambiente de la CICYT; Miembro del «Working Group on Hazardous Wastes» de la ISWA (International Solid Wastes Association); Consultor del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y del Banco Mundial; Miembro del «Steering Group on Ambient Air Quality» de la DGXI de la Unión Europea; y Miembro del “Scientific Steering Committee” del PRACE HPC European Initiative de 10.2010 a 12.2012). Es experto del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) de la Task Force on Greenhouse Gas Inventories.

Pertenece al Consejo Editorial y es *referee* de numerosas revistas científicas internacionales. Ha dirigido 33 tesis doctorales. Es autor, hasta la fecha, de 382 publicaciones; 445 comunicaciones y 241 ponencias en congresos, 102 conferencias; y coeditor y autor de 24 libros sobre temas ambientales. Ha sido copresidente de cinco conferencias internacionales en temas de medio ambiente. Ha sido consultor y asesor de más de 90 empresas y administraciones. Forma parte, como Miembro, del Jurado de distintos premios y pertenece, además de al Colegio Oficial de Químicos de España, a distintas Asociaciones españolas, europeas, norteamericanas e internacionales.

II.- CONTESTACIÓN AL DISCURSO DE INGRESO

En su discurso, el Académico **Dr. José M^a Baldasano** ha abordado el estudio del cambio climático de una manera muy didáctica y comprensible, razonando sus causas, planteando interrogantes y aportando luz a una serie de cuestiones que incumben a nuestra civilización, a las actuales y futuras generaciones, ante lo que irremisiblemente se advierte como un deterioro de la calidad de nuestro planeta.

Ajeno por completo, como soy, al conocimiento fundado del **Profesor Baldasano**, fruto de sus largos años de investigaciones, sobre el asunto del que ha versado, sería por mi parte una intromisión imperdonable la de inmiscuirme en sus razonamientos. No soy científico de la categoría, más que ilustre, del **Dr. Baldasano**, desconozco los rasgos climáticos y sus proyecciones, el porqué de los fenómenos meteorológicos tan extremos que cada vez con mayor asiduidad se van sucediendo y soy ignoto en temas ambientales.

Sin embargo, desde mi modesta posición como economista, sí son dables distintas reflexiones a propósito de los desafíos económicos que entraña el estado del bienestar, tal y como hoy se concibe, cuando entre aquellos se encuentran los cambios demográficos, la olas migratorias hacia Europa y donde España se convierte en eje o destino de esas rutas, el proceso acelerado de concentración urbana que simultáneamente comporta una imparable y progresiva despoblación rural, los grandes avances tecnológicos, los cambios en los poderes económicos mundiales y el inquietante cambio climático que irá fraguando en escasez de recursos y en el irrenunciable incremento de la actividad en cuestiones medioambientales, afectando negativamente a la productividad económica y causando una erosión en la calidad de vida.

De ahí, pues, la sensibilidad y oportunidad del excelente discurso del **Dr. Baldasano**, donde manejando el fino bisturí de su sabiduría y experiencia, de su profusa capacidad, ha ido desplegando prácticamente todas las facetas del cambio climático, alertándonos de fatales desenlaces y del estallido de desórdenes en nuestras referencias culturales y sociales, con un trasfondo económico incalculable de resultados de un escenario desgarrador para la propia Humanidad. Y es así, como de nuevo, el rutilante cortoplacismo se impone al sensato largoplacismo, absolutamente imprescindible para mantener el equilibrio de las cosas; en este caso, de la propia Naturaleza.

Las advertencias, los mensajes sugerentes e inspiradores, de una voz acreditada y autorizada de resonancia internacional, como es la del **Dr. Baldasano**, invita seria y cabalmente a pensar en que quizás aún estemos a tiempo de enderezar una senda que a medio y largo plazo será muy dolorosa y difícilmente soportable.

En el último Foro Económico Mundial, celebrado el pasado mes de enero de este año en la población suiza de Davos, la directora del Fondo Monetario Internacional (FMI), Christine Lagarde, advertía que dos de los mayores peligros que acechan al crecimiento mundial son el envejecimiento de la población y **el cambio climático**. La trascendencia del cambio climático constituye un eje clave de los debates en los grandes foros económicos internacionales, no sólo por sus inherentes costes en términos económicos sino también desde la perspectiva financiera, que incide sobre la aplicación de las finanzas públicas, tanto en el gasto corriente como en el no corriente, la orientación de las inversiones empresariales, los modelos industriales, las actuaciones preventivas, de conservación y mitigantes, e incluso las competencias de los bancos centrales y las responsabilidades del mismo sector financiero.

De hecho, tanto el Banco de Inglaterra como el Banco de Francia, a través de sus respectivos gobernadores, publicaban el pasado mes de abril en el diario británico *The Guardian* un artículo alertando sobre los peligros que el cambio climático conllevará en la banca e instando a implementar reformas en el sistema financiero para paliar sus impactos.

Los riesgos están ante nosotros y los bancos centrales, creadores de políticas financieras y mecanismos de supervisión prudenciales, están llamados a desempeñar un papel primordial en el presente y en el futuro. Por su parte, las entidades financieras deberán destinar cuantiosas sumas de capital para contrarrestar en la medida de lo posible las consecuencias del calentamiento global al punto que se recomienda que los reguladores financieros propongan pruebas para evaluar el estrés del cambio climático, del mismo modo que se calibra la resistencia del capital de la banca ante shocks susceptibles de provocar recesiones. La banca, a la hora de conceder crédito, tendrá que considerar la adaptación de la industria y, en general, de las empresas al nuevo mundo, al incipiente *statu quo* modelado a través de un permanente proceso de sensibilización hacia los agentes económicos, tanto productores como consumidores, al exigente escenario ambiental.

Con todo, la preocupación por los perfiles económicos del cambio climático no es tan reciente. En 1975, momento en el que distintos investigadores alertaban sobre el aumento de la temperatura, el catedrático de la Universidad de Yale, el profesor **William Nordhaus**, se erigió en pionero de los estudios sobre la **economía climática**, formulando un modelo en el que integrando aportes científicos y tecnológicos, ambientales, geográficos, sociales y climáticos junto con datos económicos, se evalúan costes y beneficios sobre las medidas a adoptar a fin de

frenar el calentamiento por el efecto invernadero. A través de ecuaciones, el profesor Nordhaus representa la relación existente entre la población y el crecimiento económico y las emisiones de gases y el cambio climático, a modo de puzzle, buscando, encontrando y encajando un sinfín de piezas susceptibles de analizarse a través de aplicaciones informáticas para la consecución de resultados. Como conclusión se infiere que la imposición de altas tasas a las emisiones de gases efecto invernadero es la respuesta idónea para detener el cambio climático o, dicho de otro modo, solo pagando un peaje elevado por parte de gobiernos, empresas y hogares, se indagará en otras alternativas energéticas y se promoverán las fuentes de energías renovables. Sin embargo, el escepticismo y la falta de interés ante lo que sería un fuerte aumento de las tasas de emisión de gases de efecto invernadero, junto con la ausencia de políticas gubernamentales apropiadas, frenan las propuestas formuladas.

De esa guisa, se van impulsando trabajos centrados en el análisis económico sobre el cambio climático y las alteraciones que se producirán en los mercados, con su impacto a largo plazo en la economía mundial, entre los cuales destaca el informe elaborado por el economista **Nicholas Stern**, que vio la luz en 2006, y cuyas propuestas constituyen referencia para un buen número de gobiernos.

A raíz del Acuerdo de París de 2015, se detectó la necesidad de canalizar recursos financieros hacia inversiones favorables a modelos económicos bajos en emisiones de gases de efecto invernadero y que sean respetuosas con el medio ambiente, acuñándose el término de “**finanzas verdes**”. El papel, por consiguiente y tal como antes indicábamos, del propio sistema financiero será determinante a la vez que los análisis que se llevan a cabo respecto de los mercados financieros y de la banca ante los lances del cam-

bio climático, abriéndose una etapa en la esfera financiera en la que prevalecerán los llamados “**proyectos verdes**”. Las metas en consecuencia y a este respecto que se plantean para evitar que la temperatura del planeta aumente por encima de 2 grados centígrados en comparación con los niveles preindustriales, se vinculan a fortalecer la adaptación de la economía a los golpes adversos del cambio climático promoviendo patrones de desarrollo e inversiones que estimulen crecimientos económicos respetuosos con el medio ambiente natural.

Probablemente, en un mundo que se debate ante un incierto contexto global en términos económicos, con amenazas de distinto signo para una recesión global, donde aparecen factores perturbadores para la economía mundial, caracterizada por la incertidumbre, la debilidad, los miedos, la parálisis comercial, la caída de la confianza empresarial, brotando un auge de los populismos que cristalizan en exacerbados proteccionismos, en un proceso tendente a la desglobalización como negación a los beneficios de la globalización a causa de las crecientes desigualdades, con un crecimiento de la población y mayor esperanza de vida que se traduce en su envejecimiento, impactado por el arma de doble filo que es la tecnología, que evoluciona abaratando costes y haciéndola más accesible pero al propio tiempo alterando formas de negocio y con el sacrificio de la destrucción de empleo, con el consiguiente descontento con las clases políticas y dando pábulo a opciones populistas, con vulnerabilidades de los mercados financieros propiciadas por las políticas monetarias ultraexpansivas y el dinero barato que ha propiciado endeudamientos exorbitantes, acaso posibles excesos de valoraciones bursátiles y el temor a formaciones de burbujas; **probablemente, decíamos, si todos esos elementos** son más que preocupantes en nuestro marco actual, el trance clave que, en palabras del Fondo Monetario Internacional, po-

dría rebajar la potencial producción global en el medio plazo, es el **cambio climático**.

El Banco Mundial, según se daba a conocer el pasado mes de enero en Davos, estima que en el caso de que la temperatura siga subiendo de igual manera que lo ha hecho hasta ahora, en los próximos años el producto interior bruto (PIB) mundial podría recortarse entre el 15% y el 25%, castigando con severidad a países ya de por sí vulnerables, siendo las economías emergentes y en vías de desarrollo las más sensibles y perjudicadas. Para esos países de bajos recursos, fenómenos tales como las temperaturas extremas, las precipitaciones, las sequías..., devienen en daños humanitarios catastróficos y en severos menoscabos de producción en economías excesivamente frágiles. La sequía y la desventaja que supone el no disponer de adecuadas técnicas agrícolas, castigarán, de no remediarse a tiempo, al sector agropecuario con la intimidación de la pérdida de miles de empleos de trabajadores que se dedican al campo y a la ganadería. Por ende, es ineludible la formación de capital humano, contar con una mayor tecnificación y desarrollar tecnologías y estrategias de protección medioambiental.

Empero, combatir el cambio climático implica en el corto plazo un peaje: destruir miles de empleos en sectores económicos que a la larga están condenados a desaparecer y, a la vez, impulsar y fomentar la creación de otros sectores de actividad económica que sean capaces de crear ocupación laboral. En esta línea, por ejemplo, se encuentra el fomento a la producción de energías renovables y, en paralelo, la reducción de sectores como el carbón. Sin embargo, las instituciones gubernamentales, en ese apoyo hacia la “**economía verde**”, chocan con ambiciones lucrativas, cuando no políticas, que ven peligrar sus prerrogativas.

Para el FMI, el cambio climático se configura como un envite existencial de nuestros tiempos, por no decir que el más significativo. Todo el planeta se ve afectado y muchas zonas geográficas, o regiones, sufrirán sus embates devastadores, con mayor gravedad, como indicábamos, en países emergentes o en vías de desarrollo, llamados, en condiciones normales, a tender hacia crecimientos que aumenten su producto. De no mitigarse los daños del cambio climático, a finales del presente siglo, la temperatura mundial aumentará, según el Fondo, en 4 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales con desenlaces irreversibles en los mantos de hielo, inundaciones de Estados insulares de baja altitud, germinando sucesos meteorológicos extremos y sobrecalentamientos climáticos incontrolables. Este cuadro, de por sí alarmante, se agrava al advertir posibles extinciones de especies – algo que ya está ocurriendo en nuestros días -, la propagación y contagio de enfermedades desconocidas o el regreso de algunas que se han dado por desaparecidas, debilitamientos de la seguridad alimentaria y la disminución de recursos de aguas superficiales y subterráneas renovables.

Para el Fondo, la parte positiva de ese escenario un tanto turbador es la respuesta multilateral favorable, gracias a la cual 190 países ofrecieron estrategias climáticas para el Acuerdo de París de 2015, en su afán de aplacar los agresivos golpes al cambio climático.

La fijación de precios del carbono, tarifando el contenido de carbono de los combustibles fósiles o de sus emisiones, representa un eficaz instrumento para amortiguar el cambio climático. El papel de las finanzas públicas de los Estados, como previamente se deslizaba, reorientando sus recursos hacia crecimientos sostenibles e inclusivos, invirtiendo en personas e infraestructuras, junto con políticas fiscales que reduzcan los impuestos que gravan el trabajo y el crecimiento, es fundamen-

tal. La exigencia, pues, de inversiones en infraestructuras climáticamente inteligentes, que incorporen tecnologías apropiadas y capaces de desplegar redes de seguridad social en la buena dirección, es primordial.

ACABO YA SR. PRESIDENTE. Nuestra Corporación recibe en la tarde de hoy a un Académico en el más amplio sentido del vocablo. Científico de prestigio, como decía al comienzo; docto dilecto que contagia del entusiasmo de su erudición, investigador entregado a una encomiable tarea, propagador incansable de su saber y entregado a una edificante labor de toma de conciencia, predicador de la protección de nuestro planeta, estudioso más que reconocido, voz autorizada acá, allá y acullá; poseedor de galardones singulares como testimonian los más que merecidos premios al pundonor y eficiencia de su quehacer, generoso a la hora de transmitirlo y explicarlo con todo lujo de detalles. La figura del **Dr. José M^a Baldasano** da fulgor a la **Real Academia Europea de Doctores** que lleva tiempo enriqueciéndose de su ilustración, de sus altas cotas de sapiencia y discernimiento, de su perenne y entregada colaboración y de su empeño por compartir con todos nosotros sus acertadas y vigorosas aportaciones.

Hoy, el **Dr. Baldasano** ha vuelto a demostrar sus mejores dotes, nos ha iluminado pródigamente con su talento, con su análisis de alto valor añadido sobre una de las encrucijadas clave de nuestra sociedad y que tal vez signifique el gran hito de la Humanidad en esta hora..., invitándonos a reflexionar, a buscar, proponer y hallar soluciones, y lo ha hecho, al compás de su característico estilo, con tesón y convicción, con su ejemplar determinación, con su entrega sin límites, con la modestia de las mentes preclaras, con su excepcional sencillez, con ese empuje del que personalmente doy fe en lo humano, en lo aca-

démico y, a menudo, en lo deportivo sobre la rojiza arcilla de las pistas de nuestro querido club, el Real Club de Tenis Barcelona – 1899, en nuestros enconados pero siempre amigables encuentros tenísticos, con jugadas francas y honestas, cuando ambos nos entregamos al máximo en busca de sumar el punto decisivo del partido, antes de fundirnos en un afectuoso abrazo con el que damos paso a comentar las jugadas más legendarias de nuestra galante disputa tenística.

El caudal cultivado del **Dr. Baldasano**, su extraordinario conocimiento científico y ambiental, así como la altura de sus contribuciones, a título de valioso activo intangible, han seducido en este Salón de Actos. Aquí hemos escuchado atentamente el magistral discurso de ingreso del investigador diligente y hemos gozado como testigos privilegiados y oyentes predilectos de su espíritu indagador, de sus facultades analíticas y, primordialmente, de su esplendidez al poner al alcance de los demás los frutos de sus estudios e investigaciones. La **Real Academia Europea de Doctores** se congratula del ingreso como **Académico Numerario** de un distinguido profesor que engrandece la función y el acervo intelectual de esta Institución. De sus próximos trabajos, de su producción científica y de sus avances investigadores, esta **Real Institución** será deudora, a la par que fedataria y beneficiaria.

Sólo me resta, pues, felicitar a la **Real Academia** por la elección del **Dr. José M^a Baldasano Recio** como Académico Numerario y, en nombre propio y en el de todos los presentes, le doy, con un abrazo fraternal, la más sincera y afectuosa bienvenida a esta **Casa**. ¡Bienvenido, querido **Profesor Baldasano**, a la **Real Academia Europea de Doctores**!



**PUBLICACIONES DE LA REAL ACADEMIA
EUROPEA DE DOCTORES**

Directori 1991

Los tejidos tradicionales en las poblaciones pirenaicas (Discurs de promoció a acadèmic numerari de l'Excm. Sr. Eduardo de Aysa Satué, Doctor en Ciències Econòmiques, i contestació per l'Excm. Sr. Josep A. Plana i Castellví, Doctor en Geografia i Història) 1992.

La tradición jurídica catalana (Conferència magistral de l'acadèmic de número Excm. Sr. Josep Joan Pintó i Ruiz, Doctor en Dret, en la Solemne Sessió d'Apertura de Curs 1992-1993, que fou presidida per SS.MM. el Rei Joan Carles I i la Reina Sofia) 1992.

La identidad étnica (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Ángel Aguirre Baztán, Doctor en Filosofia i Lletres, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Pou d'Avilés, Doctor en Dret) 1993.

Els laboratoris d'assaig i el mercat interior; Importància i nova concepció (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Pere Miró i Plans, Doctor en Ciències Químiques, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Simón i Tor, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1993.

Contribución al estudio de las Bacteriemias (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Il·lm. Sr. Miquel Marí i Tur, Doctor en Farmàcia, i contestació per l'Excm. Sr. Manuel Subirana i Cantarell, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1993.

Realitat i futur del tractament de la hipertròfia benigna de pròstata (Discurs de promoció a acadèmic numerari de l'Excm. Sr. Joaquim Gironella i Coll, Doctor en Medicina i Cirurgia i contestació per l'Excm. Sr. Albert Casellas i Condom, Doctor en Medicina i Cirurgia i President del Col·legi de Metges de Girona) 1994.

La seguridad jurídica en nuestro tiempo. ¿Mito o realidad? (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. José Méndez Pérez, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Ángel Aguirre Baztán, Doctor en Filosofia i Lletres) 1994.

La transició demogràfica a Catalunya i a Balears (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Tomàs Vidal i Bendito, Doctor en Filosofia i Lletres, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ferrer i Bernard, Doctor en Psicologia) 1994.

L'art d'ensenyar i d'aprendre (Discurs de promoció a acadèmic numerari de l'Excm. Sr. Pau Umbert i Millet, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Agustín Luna Serrano, Doctor en Dret) 1995.

Sessió necrològica en record de l'Excm. Sr. Lluís Dolcet i Boxeres, Doctor en Medicina i Cirurgia i Degà-emèrit de la Reial Acadèmia de Doctors, que morí el 21 de gener de 1994. Enaltiren la seva personalitat els acadèmics de número Excms. Srs. Drs. Ricard Garcia i Vallès, Josep Ma. Simón i Tor i Albert Casellas i Condom. 1995.

La Unió Europea com a creació del geni polític d'Europa (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Jordi Garcia-Petit i Pàmies, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Llorc i Brull, Doctor en Ciències Econòmiques) 1995.

La explosión innovadora de los mercados financieros (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Il·lm. Sr. Emilio Soldevilla García, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials, i contestació per l'Excm. Sr. José Méndez Pérez, Doctor en Dret) 1995.

La cultura com a part integrant de l'Olimpisme (Discurs d'ingrés com a acadèmic d'Honor de l'Excm. Sr. Joan Antoni Samaranch i Torelló, Marquès de Samaranch, i contestació per l'Excm. Sr. Jaume Gil Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques) 1995.

Medicina i Tecnologia en el context històric (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Felip Albert Cid i Rafael, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Ángel Aguirre Baztán) 1995.

Els sòlids platònics (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Pilar Bayer i Isant, Doctora en Matemàtiques, i contestació per l'Excm. Sr. Ricard Garcia i Vallès, Doctor en Dret) 1996.

La normalització en Bioquímica Clínica (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Xavier Fuentes i Arderiu, Doctor en Farmàcia, i contestació per l'Excm. Sr. Tomàs Vidal i Bendito, Doctor en Geografia) 1996.

L'entropia en dos finals de segle (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. David Jou i Mirabent, Doctor en Ciències Físiques, i contestació per l'Excm. Sr. Pere Miró i Plans, Doctor en Ciències Químiques) 1996.

Vida i música (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Carles Ballús i Pascual, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Espadaler i Medina, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1996.

La diferencia entre los pueblos (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Il·lm. Sr. Sebastià Trías Mercant, Doctor en Filosofia i Lletres, i contestació per l'Excm. Sr. Ángel Aguirre Baztán, Doctor en Filosofia i Lletres) 1996.

L'aventura del pensament teològic (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Josep Gil i Ribas, Doctor en Teologia, i contestació per l'Excm. Sr. David Jou i Mirabent, Doctor en Ciències Físiques) 1996.

El derecho del siglo XXI (Discurs d'ingrés com a acadèmic d'Honor de l'Excm. Sr. Dr. Rafael Caldera, President de Venezuela, i contestació per l'Excm. Sr. Ángel Aguirre Baztán, Doctor en Filosofia i Lletres) 1996.

L'ordre dels sistemes desordenats (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques, i contestació per l'Excm. Sr. Joan Bassegoda i Novell, Doctor en Arquitectura) 1997.

Un clam per a l'ocupació (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Isidre Fainé i Casas, Doctor en Ciències Econòmiques, i contestació per l'Excm. Sr. Joan Bassegoda i Nonell, Doctor en Arquitectura) 1997.

Rosalía de Castro y Jacinto Verdaguer, visión comparada (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Jaime M. de Castro Fernández, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Pau Umbert i Millet, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1998.

La nueva estrategia internacional para el desarrollo (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Santiago Ripol i Carulla, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Joaquim Gironella i Coll, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1998.

El aura de los números (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins,

Canals i Ports, i contestació per l'Excm. Sr. David Jou i Mirabent, Doctor en Ciències Físiques) 1998.

Nova recerca en Ciències de la Salut a Catalunya (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Anna Maria Carmona i Cornet, Doctora en Farmàcia, i contestació per l'Excm. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques) 1999.

Dilemes dinàmics en l'àmbit social (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Albert Biayna i Mulet, Doctor en Ciències Econòmiques, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques) 1999.

Mercats i competència: efectes de liberalització i la desregulació sobre l'eficàcia econòmica i el benestar (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Amadeu Petitbó i Juan, Doctor en Ciències Econòmiques, i contestació per l'Excm. Sr. Jaime M. de Castro Fernández, Doctor en Dret) 1999.

Epidemias de asma en Barcelona por inhalación de polvo de soja (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Ma. José Rodrigo Anoro, Doctora en Medicina, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Llorc i Brull, Doctor en Ciències Econòmiques) 1999.

Hacia una evaluación de la actividad cotidiana y su contexto: ¿Presente o futuro para la metodología? (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Maria Teresa Anguera Argilaga, Doctora en Filosofia i Lletres (Psicologia) i contestació per l'Excm. Sr. Josep A. Plana i Castellví, Doctor en Geografia i Història) 1999.

Directorio 2000

Génesis de una teoría de la incertidumbre. Acte d'imposició de la Gran Creu de l'Orde d'Alfons X el Savi a l'Excm. Sr. Dr. Jaume Gil-Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques i Financeres) 2000.

Antonio de Capmany: el primer historiador moderno del Derecho Mercantil (discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Xabier Añoveros Trías de Bes, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Santiago Dexeus i Trías de Bes, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2000.

La medicina de la calidad de vida (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Luís Rojas Marcos, Doctor en Psicologia, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Ángel Aguirre Baztán, Doctor en psicologia) 2000.

Pour une science touristique: la tourismologie (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Il·lm. Sr. Dr. Jean-Michel Hoerner, Doctor en Lletres i President de la Universitat de Perpinyà, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Jaume Gil-Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques) 2000.

Virus, virus entèrics, virus de l'hepatitis A (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Albert Bosch i Navarro, Doctor en Ciències Biològiques, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Pere Costa i Batllori, Doctor en Veterinària) 2000.

Mobilitat urbana, medi ambient i automòbil. Un desafiament tecnològic permanent (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Pere de Esteban Altirriba, Doctor en Enginyeria Industrial, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Carlos Dante Heredia García, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2001.

El rei, el burgès i el cronista: una història barcelonina del segle XIII (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. José Enrique Ruiz-Domènec, Doctor en Història, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Felip Albert Cid i Rafael, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2001.

La informació, un concepte clau per a la ciència contemporània (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Salvador Alsius i Clavera, Doctor en Ciències de la Informació, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports) 2001.

La drogaaddicció com a procés psicobiològic (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Miquel Sánchez-Turet, Doctor en Ciències Biològiques, i contestació per l'Excm. Sr. Pedro de Esteban Altirriba, Doctor en Enginyeria Industrial) 2001.

Un univers turbulent (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Jordi Isern i Vilaboy, Doctor en Física, i contestació per l'Excm. Sra. Dra. Maria Teresa Anguera Argilaga, Doctora en Psicologia) 2002.

L'envelliment del cervell humà (Discurs de promoció a acadèmic numerari de l'Excm. Sr. Dr. Jordi Cervós i Navarro, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Josep Ma. Pou d'Avilés, Doctor en Dret) 2002.

Les telecomunicacions en la societat de la informació (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Àngel Cardama Aznar, Doctor en Enginyeria de Telecomunicacions, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports) 2002.

La veritat matemàtica (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Josep Pla i Carrera, doctor en Matemàtiques, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques) 2003.

L'humanisme essencial de l'arquitectura moderna (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Helio Piñón i Pallarés, Doctor en Arquitectura, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Xabier Añoveros Trías de Bes, Doctor en Dret) 2003.

De l'economia política a l'economia constitucional (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Joan Francesc Corona i Ramon, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Xavier Iglesias i Guiu, Doctor en Medicina) 2003.

Temperància i empatia, factors de pau (Conferència dictada en el curs del cicle de la Cultura de la Pau per el Molt Honorable Senyor Jordi Pujol, President de la Generalitat de Catalunya, 2001) 2003.

Reflexions sobre resistència bacteriana als antibiòtics (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Dra. Ma. de los Angeles Calvo i Torras, Doctora en Farmàcia i Veterinària, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Pere Costa i Batllori, Doctor en Veterinària) 2003.

La transformació del negoci jurídic como consecuencia de las nuevas tecnologías de la información (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Rafael Mateu de Ros, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Jaime Manuel de Castro Fernández, Doctor en Dret) 2004.

La gestión estratégica del inmovilizado (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Dra. Anna Maria Gil Lafuente, Doctora en Ciències Econòmiques i Empresariales, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Josep J. Pintó i Ruiz, Doctor en Dret) 2004.

Los costes biológicos, sociales y económicos del envejecimiento cerebral (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Félix F. Cruz-Sánchez, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Dr. Josep Pla i Carrera, Doctor en Matemàtiques) 2004.

El conocimiento glaciar de Sierra Nevada. De la descripción ilustrada del siglo XVIII a la explicación científica actual. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Antonio Gómez Ortiz, Doctor en Geografia, i contestació per l'acadèmica de número Excma. Sra. Dra. Maria Teresa Anguera Argilaga, Doctora en Filosofia i Lletres (Psicologia))2004.

Los beneficios de la consolidación fiscal: una comparativa internacional (Discurs de recepció com a acadèmic d'Honor de l'Excm. Sr. Dr. Rodrigo de Rato y Figaredo, Director-Gerent del Fons Monetari Internacional. El seu padrí d'investidura és l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Jaime Manuel de Castro Fernández, Doctor en Dret) 2004.

Evolución histórica del trabajo de la mujer hasta nuestros días (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Eduardo Alemany Zaragoza, Doctor en Dret, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Rafel Orozco i Delclós, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2004.

Geotecnia: una ciencia para el comportamiento del terreno (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Antonio Gens Solé, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports) 2005.

Sessió acadèmica a Perpinyà, on actuen com a ponents; Excma. Sra. Dra. Anna Maria Gil Lafuente, Doctora en Ciències Econòmiques i Empresariales i Excm. Sr. Dr. Jaume Gil-Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales: "Nouvelles perspectives de la recherche scientifique en économie et gestion"; Excm. Sr. Dr. Rafel Orozco i Delcós, Doctor en Medicina i Cirurgia: "L'impacte mèdic i social de les cèl·lules mare"; Excma. Sra. Dra. Anna Maria Carmona i Cornet, Doctora en Farmàcia: "Nouvelles stratégies oncologiques"; Excm. Sr. Dr. Pere Costa i Batllori, Doctor en Veterinària: "Les résistences bactériennes a les antibiotiques". 2005.

Los procesos de concentración empresarial en un mercado globalizado y la consideración del individuo (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Fernando Casado Juan, Doctor en Ciències Econòmiques i Em-

presarials, i contestació de l'Excm. Sr. Dr. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques) 2005.

“Son nou de flors els rams li renc” (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Jaume Vallcorba Plana, Doctor en Filosofia i Lletres (Secció Filologia Hispànica), i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. José Enrique Ruíz-Domènec, Doctor en Filosofia i Lletres) 2005.

Historia de la anestesia quirúrgica y aportación española más relevante (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Vicente A. Gancedo Rodríguez, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Josep Llorc i Brull, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials) 2006.

El amor y el desamor en las parejas de hoy (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Paulino Castells Cuixart, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Joan Trayter i García, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials) 2006.

El fenomen mundial de la deslocalització com a instrument de reestructuració empresarial (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Alfredo Rocafort i Nicolau, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Isidre Fainé i Casas, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials) 2006.

Biomaterials per a dispositius implantables en l'organisme. Punt de trobada en la Historia de la Medicina i Cirurgia i de la Tecnologia dels Materials (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Josep Anton Planel·l i Estany, Doctor en Ciències Físiques, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Pere Costa i Batllori, Doctor en Veterinària) 2006.

La ciència a l'Enginyeria: El llegat de l'école polytechnique. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Xavier Oliver i Olivella, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Josep Pla i Carrera, Doctor en Matemàtiques) 2006.

El voluntariat: Un model de mecenatge pel segle XXI. (Discurs d'ingrés de l'acadèmica de número Excma. Sra. Dra. Rosamarie Cammany Dorr, Doctora en Sociologia de la Salut, i contestació per l'Excma. Sra. Dra. Anna Maria Carmona i Cornet, Doctora en Farmàcia) 2007.

El factor religioso en el proceso de adhesión de Turquía a la Unión Europea. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Josep Maria Ferré i Martí, Doctor en Dret, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Carlos Dante Heredia García, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2007.

Coneixement i ètica: reflexions sobre filosofia i progrés de la propedèutica mèdica. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Màrius Petit i Guinovart, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Josep Gil i Ribas, Doctor en Teologia) 2007.

Problemática de la familia ante el mundo actual. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic honorari Excm. Sr. Dr. Gustavo José Noboa Bejarano, Doctor en Dret, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Paulino Castells Cuixart, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2007.

Alzheimer: Una aproximació als diferents aspectes de la malaltia. (Discurs d'ingrés de l'acadèmica honoraria Excma. Sra. Dra. Nuria Durany Pich, Doctora en Biologia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Eugenio Oñate, Doctor-Enginyer de Camins, Canals i Ports) 2008.

Guillem de Guimerà, Frare de l'hospital, President de la Generalitat i gran Prior de Catalunya. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic honorari Excm. Sr. Dr. Josep Maria Sans Travé, Doctor en Filosofia i Lletres, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. D. José E. Ruiz Domènec, Doctor en Filosofia Medieval) 2008.

La empresa y el empresario en la historia del pensamiento económico. Hacia un nuevo paradigma en los mercados globalizados del siglo XXI. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Excm. Sr. Dr. Guillermo Sánchez Vilariño, Doctor Ciències Econòmiques i Financeres, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Jaume Gil Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques i Financeres) 2008.

Incertesa i bioenginyeria (Sessió Acadèmica dels acadèmics corresponents Excm. Sr. Dr. Joaquim Gironella i Coll, Doctor en Medicina i Cirurgia amb els ponents Excm. Sr. Dr. Joan Anton Planell Estany, Doctor en Ciències Físiques, Excma. Sra. Dra. Anna M. Gil Lafuente, Doctora en Ciències Econòmiques i Financeres i Il·lm. Sr. Dr. Humberto Villavicencio Mavrich, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2008.

Els Ponts: Història i repte a l'enginyeria estructural (Sessió Acadèmica dels acadèmics numeraris Excm. Sr. Dr. Xavier Oliver Olivella, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports, i Excm. Sr. Dr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports, amb els Ponents Il·lm. Sr. Dr. Angel C. Aparicio Bengoechea, Professor i Catedràtic de Ponts de l'escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, Il·lm. Sr. Dr. Ekkehard Ramm, Professor, institute Baustatik) 2008.

Marketing político y sus resultados (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Excm. Sr. Dr. Francisco Javier Maqueda Lafuente, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales i contestació per l'acadèmica de número Excma. Sra. Dra. Anna M. Gil Lafuente, Doctora en Ciències Econòmiques i Financeres) 2008.

Modelo de predicción de "Enfermedades" de las Empresas a través de relaciones Fuzzy (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Excm. Sr. Dr. Antoni Terceño Gómez, Doctor en Ciències Econòmiques i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Paulino Castells Cuixart, Doctor en Medicina) 2009.

Células Madre y Medicina Regenerativa (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Excm. Sr. Dr. Juan Carlos Izpisúa Belmonte, Doctor en Farmàcia i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Joaquim Gironella i Coll, Doctor en Medicina) 2009.

Financiación del déficit externo y ajustes macroeconómicos durante la crisis financiera El caso de Rumania (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Excm. Sr. Dr. Mugur Isarescu, Doctor en Ciències Econòmiques, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Alfredo Rocafort Nicolau, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales) 2009.

El legado de Jean Monnet (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Dra. Teresa Freixas Sanjuán, Doctora en Dret, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Fernando Casado Juan, Doctor en Ciències Econòmiques) 2010.

La economía china: Un reto para Europa (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Jose Daniel Barquero Cabrero, Doctor en Ciències Humanes, Socials i Jurídiques, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Alfredo Rocafort Nicolau, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales) 2010.

Les radiacions ionitzants i la vida (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Albert Bieta i Solà, Doctor en Medicina, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. David Jou i Mirabent, Doctor en Ciències Físiques) 2010.

Gestió del control intern de riscos en l'empresa postmoderna: àmbits econòmic i jurídic (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Ramon Poch i Torres, Doctor en Dret i Ciències Econòmiques i Empresariales, i contestació per l'acadèmica de número Excma. Sra. Dra. Anna Maria Gil i Lafuente, Doctora en Ciències Econòmiques i Empresariales) 2010.

Tópicos típicos y expectativas mundanas de la enfermedad del Alzheimer (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Rafael Blesa, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Josep Llorc i Brull, Doctor en Ciències econòmiques i Dret) 2010.

Los Estados Unidos y la hegemonía mundial: ¿Declive o reinvencción? (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Excm. Sr. Dr. Mario Barquero i Cabrero, Doctor en Economia i Empresa, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Alfredo Rocafort i Nicolau, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales) 2010.

El derecho del Trabajo encrucijada entre los derechos de los trabajadores y el derecho a la libre empresa y la responsabilidad social corporativa (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. José Luis Salido Banús, Doctor en Dret, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Manuel Subirana Canterell) 2011.

Una esperanza para la recuperación económica (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Jaume Gil i Lafuente, Doctor en Econòmiques, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Josep Gil i Ribas, Doctor en Teologia) 2011.

Certeses i incerteses en el diagnòstic del càncer cutani: de la biologia molecular al diagnòstic no invasiu (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Josep Malveyh, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Josep Llorc, Doctor en Econòmiques i Dret) 2011.

Una mejor universidad para una economía más responsable (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Senén Barro Ameneiro, Doctor en

Ciències de la Computació i Intel·ligència, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Jaume Gil i Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales) 2012.

La transformació del món després de la crisi. Una anàlisi polièdrica i transversal (Sessió inaugural del Curs Acadèmic 2012-2013 on participen com a ponents: l'Excm. Sr. Dr. José Juan Pintó Ruiz, Doctor en Dret: “*El Derecho como amortiguador de la inequidad en los cambios y en la Economía como impulso rehumanizador*”, Excma. Sra. Dra. Rosmarie Cammany Dorr, Doctora en Sociologia de la Salut: “*Salut: mitjà o finalitat?*”, Excm. Sr. Dr. Àngel Aguirre Baztán, Doctor en Filosofia i Lletres: “*Globalización Económico-Cultural y Repliegue Identitario*”, Excm. Sr. Dr. Jaime Gil Aluja, Doctor en Econòmiques: “*La ciencia ante el desafío de un futuro progreso social sostenible*” i Excm. Sr. Dr. Eugenio Oñate Ibañez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports: “*El reto de la transferencia de los resultados de la investigación a la industria*”), publicació en format digital www.reialacademiadoctors.cat, 2012.

La quantificació del risc: avantatges i limitacions de les assegurances (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numeraria Excma. Sra. Dra. Montserrat Guillén i Estany, Doctora en Ciències Econòmiques i Empresariales, i contestació per l'acadèmica de número Excma. Sra. Dra. M. Teresa Anguera i Argilaga, Doctora en Filosofia i Lletres-Psicologia) 2013.

El procés de la visió: de la llum a la consciència (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Rafael Ignasi Barraquer i Compte, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. José Daniel Barquero Cabrero, Doctor en Ciències Humanes, Socials i Jurídiques) 2013.

Formación e investigación: creación de empleo estable (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Mario Barquero Cabrero, Doctor en Economia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. José Luis Salido Banús, Doctor en Dret) 2013.

El sagrament de l'Eucaristia: de l'Últim Sopar a la litúrgia cristiana antiga (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Armand Puig i Tàrrach, Doctor en Sagrada Escripura, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Jaume Vallcorba Plana, Doctor en Filosofia i Lletres) 2013.

Al hilo de la razón. Un ensayo sobre los foros de debate (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Enrique Tierno Pérez-Relaño, Doctor en Física Nuclear, y contestación por la académica de número Excma. Sra. Dra. Ana María Gil Lafuente, Doctora en Ciencias Económicas y Empresariales) 2014.

**Colección Real Academia Europea de Doctores
Fundación Universitaria Eserp**

1. *La participació del Sistema Nervios en la producció de la sang i en el procés cancerós* (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Pere Gascón i Vilaplana, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmica de número Excma. Sra. Dra. Montserrat Guillén i Estany, Doctora en Ciències Econòmiques i Empresariales) 2014.
ISBN: 978-84-616-8659-9, Dipòsit Legal: B-5605-2014
2. *Información financiera: luces y sombras* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Emili Gironella Masgrau, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José Luis Salido Banús, Doctor en Derecho) 2014.
ISBN: 978-84-616-8830-2, Depósito Legal: B-6286-2014
3. *Crisis, déficit y endeudamiento* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. José Maria Gay de Liébana Saludas, Doctor en Ciencias Económicas y Doctor en Derecho y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Juan Francisco Corona Ramón, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales) 2014.
ISBN: 978-84-616-8848-7, Depósito Legal: B-6413-2014
4. *Les empreses d'alt creixement: factors que expliquen el seu èxit i la seva sostenibilitat a llarg termini* (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Oriol Amat i Salas, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Santiago Dexeus i Trias de Bes, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2014.
ISBN: 978-84-616-9042-8, Dipòsit Legal: B-6415-2014

5. *Estructuras metálicas* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Joan Olivé Zaforteza, Doctor en Ingeniería Industrial y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Xabier Añoveros Trias de Bes, Doctor en Derecho) 2014.
ISBN: 978-84-616-9671-0, Depósito Legal: B-7421-2014
6. *La acción exterior de las comunidades autónomas* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Josep Maria Bové Montero, Doctor en Administración y Dirección de Empresas y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José María Gay de Liébana Saludas, Doctor en Ciencias Económicas y Doctor en Derecho) 2014.
ISBN: 978-84-616-9672-7, Depósito Legal: B-10952-201
7. *El eco de la música de las esferas. Las matemáticas de las consonancias* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Vicente Liern Carrión, Doctor en Ciencias Matemáticas (Física Teórica) y contestación por la académica de número Excma. Sra. Dra. Pilar Bayer Isant, Doctora en Matemáticas) 2014.
ISBN: 978-84-616-9929-2, Depósito Legal: B-11468-2014
8. *La media ponderada ordenada probabilística: Teoría y aplicaciones* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. José Maria Merigó Lindahl, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Josep Pla i Carrera, Doctor en Ciencias Matemáticas) 2014.
ISBN: 978-84-617-0137-7, Depósito Legal: B-12322-2014
9. *La abogacía de la empresa y de los negocios en el siglo de la calidad* (Discurso de ingreso de la académica numeraria Excma. Sra. Dra. María José Esteban Ferrer, Doctora en Economía y Empresa y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Carlos Dante Heredia García, Doctor en Medicina y Cirugía) 2014.
ISBN: 978-84-617-0174-2, Depósito Legal: B-12850-2014
10. *La ciutat, els ciutadans i els tributs* (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Joan-Francesc Pont Clemente, Doctor en Dret, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Enrique Tierno Pérez-Relaño, Doctor en Física Nuclear) 2014.
ISBN: 978-84-617-0354-8, Dipòsit Legal: B-13403-2014

11. *Organización de la producción: una perspectiva histórica* (Discurso de ingreso de los académicos numerarios Excmo. Sr. Dr. Joaquín Bautista Valhondo, Doctor en Ingeniería Industrial y del Excmo. Sr. Dr. Francisco Javier Llovera Sáez, Doctor en Derecho y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José Luis Salido Banús, Doctor en Derecho) 2014.
ISBN: 978-84-617-0359-3, Depósito Legal: B 13610-2014
12. *Correlación entre las estrategias de expansión de las cadenas hoteleras Internacionales y sus rentabilidades* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Onofre Martorell Cunill, Doctor en Economía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Josep Gil i Ribas, Doctor en Teología) 2014.
ISBN: 978-84-617-0546-7, Depósito Legal: B 15010-2014
13. *La tecnología, detonante de un nuevo panorama en la educación superior* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Lluís Vicent Safont, Doctor en Ciencias de la Información y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José Daniel Barquero Cabrero, Doctor en Ciencias Humanas, Sociales y Jurídicas y Doctor en Administración y Alta Dirección de Empresas) 2014.
ISBN: 978-84-617-0886-4, Depósito Legal: B 16474-2014
14. *Globalización y crisis de valores* (Discurso de ingreso del académico de Honor Excmo. Sr. Dr. Lorenzo Gascón, Doctor en Ciencias Económicas y contestación por la académica de número Excmo. Sra. Dra. Ana María Gil Lafuente, Doctora en Ciencias Económicas y Empresariales) 2014.
ISBN: 978-84-617-0654-9, Depósito Legal: B 20074-2014
15. *Paradojas médicas* (Discurso de ingreso del Académico Correspondiente para Venezuela Excmo. Sr. Dr. Francisco Kerdel-Vegas, Doctor en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José Llort Brull, Doctor en Ciencias Económicas y Doctor en Derecho) 2014.
ISBN: 978-84-617-1759-0, Depósito Legal: B 20401-2014
16. *La formación del directivo. Evolución del entorno económico y la comunicación empresarial* (Discurso de ingreso de los académicos numerarios Excmo. Sr. Dr. Juan Alfonso Cebrián Díaz, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales y del Excmo Sr. Dr. Juan Ma-

ría Soriano Llobera, Doctor en Administración y Dirección de Empresas y Doctor en Ciencias Jurídicas y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Fernando Casado Juan, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales) 2014.

ISBN:978-84-617-2813-8, Depósito Legal: B 24424-2014

17. *La filosofia com a cura de l'ànima i cura del món* (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Francesc Torralba Roselló, Doctor en Filosofia i Doctor en Teologia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. David Jou i Mirabent, Doctor en Física) 2014.

ISBN: 978-84-617-2459-8, Dipòsit Legal: B 24425-2014

18. *Hacia una Teoría General de la Seguridad Marítima* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Jaime Rodrigo de Larrucea, Doctor en Derecho y Doctor en Ingeniería Náutica y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Juan Francisco Corona Ramón, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales) 2015.

ISBN: 978-84-617-3623-2, Depósito Legal: B 27975-2014

Colección Real Academia Europea de Doctores

19. *Pensamiento Hipocrático, Biominimalismo y Nuevas Tecnologías. La Innovación en Nuevas Formas de Tratamiento Ortodóncico y Optimización del Icono Facial* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Luis Carrière Lluch, Doctor en Odontología y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Antoni Terceño Gómez, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales) 2015.

ISBN: 978-84-606-5615-9, Depósito Legal: B 3966-2015

20. *Determinantes de las Escuelas de Pensamiento Estratégico de Oriente y Occidente y su contribución para el Management en las Organizaciones del Siglo XXI.* (Discurso de ingreso del académico Correspondiente para Chile Excmo. Sr. Dr. Francisco Javier Garrido Morales, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José Daniel Barquero Cabrero, Doctor en Ciencias Humanas, Sociales y Jurídicas y Doctor en Administración y Alta Dirección de Empresas) 2015.

ISBN:978-84-606-6176-4, Depósito Legal: B 5867-2015

21. *Nuevos tiempos, nuevos vientos: La identidad mexicana, cultura y ética en los tiempos de la globalización.* (Discurso de ingreso del académico Correspondiente para México Excmo. Sr. Dr. Manuel Medina Elizondo, Doctor en Ciencias de la Administración, y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José Daniel Barquero Cabrero, Doctor en Ciencias Humanas, Sociales y Jurídicas y Doctor en Administración y Alta Dirección de Empresas) 2015.
ISBN: 978-84-606-6183-2, Depósito Legal: B 5868-2015
22. *Implante coclear. El oído biónico.* (Discurso del ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós Blanch, Doctor en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Joaquín Barraquer Moner, Doctor en Medicina y Cirugía) 2015.
ISBN: 978-84-606-6620-2, Depósito Legal: B 7832-2015
23. *La innovación y el tamaño de la empresa.* (Discurso del ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Carlos Mallo Rodríguez, Doctor en Ciencias Económicas y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José María Gay de Liébana Saludas, Doctor en Ciencias Económicas y Doctor en Derecho) 2015.
ISBN: 978-84-606-6621-9, Depósito Legal: B 7833-2015
24. *Geologia i clima: una aproximació a la reconstrucció dels climes antics des del registre geològic* (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Ramon Salas Roig, Doctor en Geologia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Enrique Tierno Pérez-Relaño, Doctor en Física Nuclear) 2015.
ISBN: 978-84-606-6912-8, Dipòsit Legal: B 9017-2015
25. *Belleza, imagen corporal y cirugía estética* (Discurso del ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Josep Maria Serra i Renom, Doctor en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José María Gay de Liébana Saludas, Doctor en Ciencias Económicas y Doctor en Derecho) 2015.
ISBN: 978-84-606-7402-3, Depósito Legal: B 10757-2015
26. *El poder y su semiología* (Discurso del ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Michael Metzeltin, Doctor en Filología Románica y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Joaquim Gironella i Coll, Doctor en Medicina y Cirugía) 2015.
ISBN: 978-84-606-7992-9, Depósito Legal: B 13171-2015

27. *Atentados a la privacidad de las personas* (Discurso de ingreso del académico de honor Excmo. Sr. Dr. Enrique Lecumberri Martí, Doctor en Derecho y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Joan-Francesc Pont Clemente, Doctor en Derecho) 2015.
ISBN: 978-84-606-9163-1, Depósito Legal: B 17700-2015
28. *Panacea encadenada: La farmacología alemana bajo el yugo de la esvástica* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Francisco López Muñoz, Doctor en Medicina y Cirugía y Doctor en Lengua Española y Literatura y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Joan-Francesc Pont Clemente, Doctor en Derecho) 2015.
ISBN: 978-84-606-9641-4, Depósito Legal: B 17701-2015
29. *Las políticas monetarias no convencionales: El Quantitative Easing*” (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Juan Pedro Aznar Alarcón, Doctor en Economía y Administración de Empresas y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José Luis Salido Banús, Doctor en Derecho) 2015.
ISBN: 978-84-608-299-1, Depósito Legal: B 25530-2015
30. *La utopía garantista del Derecho Penal en la nueva “Edad Media”* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Fermín Morales Prats, Doctor en Derecho y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José María Gay de Liébana Saludas, Doctor en Ciencias Económicas y Doctor en Derecho) 2015.
ISBN- 978-84-608-3380-2, Depósito Legal: B 26395-2015
31. *Reflexions entorn el Barroc* (Discurs d’ingrés de l’acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Salvador de Brocà Tella, Doctor en Filosofia i lletres, i contestació per l’acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Josep Gil Ribas, Doctor en Teologia) 2016.
ISBN- 978-84-608-4991-9, Depósito Legal: B 30143-2015
32. *Filosofia i Teologia a Incerta Glòria. Joan Sales repensa mig segle de cultura catalana* (Discurs d’ingrés de l’acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Josep-Ignasi Saranyana i Closa, Doctor en teologia i doctor en filosofia, i contestació per l’acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Francesc Torralba i Roselló, Doctor en teologia i doctor en filosofia) 2016.
ISBN- 978- 84- 608-5239-1, Depósito Legal: B 1473-2016

33. *Empresa familiar: ¿Sucesión? ¿Convivencia generacional?* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Miguel Ángel Gallo Laguna de Rins, Doctor en Ingeniería y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós Blanch, Doctor en Medicina y Cirugía) 2016.
ISBN- 978 84 6085663-4, Depósito Legal: B 3910-2016
34. *Reflexiones y alternativas en torno a un modelo fiscal agotado.* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Antoni Durán-Sindreu Buxadé, Doctor en Derecho y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Joan-Francesc Pont Clemente, Doctor en Derecho) 2016.
ISBN- 978-84-608-5834-8, Depósito Legal: B 4684-2016
35. *La figura del emprendedor y el concepto del emprendimiento.* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Antonio Pulido Gutiérrez, Doctor en Economía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José Daniel Barquero Cabrero, Doctor en Ciencias Humanas, Sociales y Jurídicas y Doctor en Alta Administración de Empresas) 2016.
ISBN- 978-84-608-5926-0, Depósito Legal: B 4685-2016
36. *La Cirugía digestiva del siglo XXI* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Juan Carlos García-Valdecasas Salgado, Doctor en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Xabier Añoberos Trias de Bes, Doctor en Derecho) 2016.
ISBN: 978-84-6086034-1, Depósito Legal: B 5802-2016
37. *Derecho civil, persona y democracia* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Alfonso Hernández-Moreno, Doctor en Derecho y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Joan-Francesc Pont Clemente, Doctor en Derecho) 2016.
ISBN: 978-84-608-6838-5, Depósito Legal: B 7644-2016
38. *Entendiendo a Beethoven* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Francisco Javier Tapia García, Doctor en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós Blanch, Doctor en Medicina y Cirugía) 2016.
ISBN: 978-84-608-7507-9, Depósito Legal: B 10567-2016

39. *Fútbol y lesiones de los meniscos* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Ramon Cugat Bertomeu, Doctor en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós Blanch, Doctor en Medicina y Cirugía) 2016.
ISBN: 978-84-608-8578-8, Depósito Legal: B 12876-2016
40. *¿Hacia un nuevo derecho de gentes? El principio de dignidad de la persona como precursor de un nuevo derecho internacional* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Santiago J. Castellà Surribas, Doctor en Derecho y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Joan-Francesc Pont Clemente, Doctor en Derecho) 2016.
ISBN: 978-84-608-8579-5, Depósito Legal: B 14877-2016
41. *L'empresa més enllà de l'obra estètica* (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Jordi Martí Pidelaserra, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresariales, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. José Luis Salido Banús, Doctor en Dret) 2016.
ISBN: 978-84-608-9360-8, Depósito Legal: B 15757-2016
42. *El reto de mejorar la calidad de la auditoria* (Discurso de ingreso del académico correspondiente Excmo. Sr. Dr. Frederic Borràs Pàmies, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Emili Gironella Masgrau, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales) 2016.
ISBN: 978-84-608-9688-3, Depósito Legal: B 16347-2016
43. *Geografia, diffusione e organizzazione cristiana nei primi secoli del cristianesimo* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Angelo Di Berardino, Doctor en Teología - Doctor en Historia y Filosofía y contestación por el académico de número Excmo. y Mgfco. Sr. Rector Armand Puig i Tàrrach, Doctor en Sagrada Escritura) 2016.
ISBN: 978-84-617-5090-0, Depósito Legal: B 21706-2016
44. *Los cónsules de Ultramar y Barcelona* (Discurso de ingreso del académico correspondiente Excmo. Sr. Dr. Dr. Albert Estrada-Rius, Doctor en Derecho y Doctor en Historia y contestación por el académico de

- número Excmo. Sr. Dr. Carlos Dante Heredia García, Doctor en Medicina y Cirugía) 2016.
ISBN: 978-84-617-5337-6, Depósito Legal: B 21707-2016
45. *El implante dental y la Osteointegración* (Discurso de ingreso del académico correspondiente Excmo. Sr. Dr. Carlos Aparicio Magallón, Doctor en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós, Doctor en Medicina y Cirugía) 2016.
ISBN: 978-84-617-5598-1, Depósito Legal: B-22187-2016
46. *La empresa social compitiendo en el mercado: principios de buen gobierno* (Discurso de ingreso del académico de número Excmo. Sr. Dr. José Antonio Segarra Torres, Doctor en Dirección de Empresas y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Miguel Ángel Gallo Laguna de Rins, Doctor en Ingeniería Industrial) 2016.
ISBN: 978-84-617-5971-2, Depósito Legal: B-23123-2016
47. *Incertidumbre y neurociencias: pilares en la adopción de decisiones* (Discurso de ingreso del académico correspondiente Excmo. Sr. Dr. Jorge Bachs Ferrer, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Jaime Gil Aluja, Doctor en Ciencias Políticas y Económicas) 2016.
ISBN: 978-84-617-6138-8, Depósito Legal: B-23124-2016
48. *¿Puede el marketing salvar al mundo? Expectativas para la era de la escasez* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. José Luis Bueno Iniesta, Doctor of Business Administration y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Miguel Ángel Gallo Laguna de Rins, Doctor en Ingeniería Industrial) 2016.
ISBN: 978-84-617-6499-0, Depósito Legal: B 24060-2016
49. *Calidad de vida de los pacientes afectados de cáncer de próstata según el tratamiento realizado* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Ferran Guedea Edo, Doctor en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Albert Biete Sola, Doctor en Medicina y Cirugía) 2016.
ISBN: 978-84-617-7041-0, Depósito Legal: B 26030-2016

50. *Relazioni conflittuali nelle aziende familiari: determinanti, tipologie, evoluzione, esiti* (Discurso de ingreso del académico numerario Excmo. Sr. Dr. Salvatore Tomaselli, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales, Dirección de Empresa y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Miguel Ángel Gallo Laguna de Rins, Doctor en Ingeniería Industrial) 2017.
ISBN: 978-84-617-7820-1, Depósito Legal: B 1712 -2017
51. *Sobre el coleccionismo. Introducción a la historia* (Discurso de ingreso del académico correspondiente Excmo. Sr. Dr. Manuel Puig Costa, Doctor en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós, Doctor en Medicina y Cirugía) 2017.
ISBN: 978-84-617-7854-6, Depósito Legal: B 1713-2017
52. *Teoria de la semblança i govern universitari* (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Jaume Armengou Orús, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports) 2017.
ISBN: 978-84-617-8115-7, Depósito Legal: B 2853- 2017
53. *Història de la malaltia i de la investigació oncològica. Retorn als orígens* (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Dr. Mariano Monzó Planella, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Joaquim Gironella Coll, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2017.
ISBN: 978-84-617-8179-9, Depósito Legal: B 2854-2017
54. *Diagnóstico precoz del Cáncer de Pulmón: El Cribado, una herramienta para avanzar en su curación* (Discurso de ingreso del académico de número Excmo. Sr. Dr. Laureano Molins López-Rodó, Doctor en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós, Doctor en Medicina y Cirugía) 2017.
ISBN: 978-84-617-8457-8 , Depósito Legal: B 3937-2017
55. *Honor, crédito en el mercado y la exceptio veritatis* (Discurso de ingreso del académico de número Excmo. Sr. Dr. Felio Vilarrubias Guillamet, Doctor en Derecho y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós, Doctor en Medicina y Cirugía) 2017.
ISBN: 978-84-617-8867-5 , Depósito Legal: B 6307-2017

56. *La vida és una llarga oxidació* (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Dra. Nicole Mahy Géhenne, Doctora en Farmàcia, i contestació per l'acadèmic de número Excm Sr. Dr. Rafael Blesa González, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2017.
ISBN: 978-84-617-9179-8, Depósito Legal: B 6308-2017
57. *Salud periodontal y salud general: la alianza necesaria* (Discurso de ingreso de la académica numeraria Excma. Sra. Dra. Nuria Vallcorba Plana, Doctora en Odontología y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Jaime Rodrigo de Larrucea, Doctor en Derecho y Doctor en Ingeniería Náutica) 2017.
ISBN: 978-84-617-9253-5, Depósito Legal: B 8541-2017
58. *Gobierno y administración en la empresa familiar* (Discurso de ingreso del académico de número Excmo. Sr. Dr. José Manuel Calavia Molinero, Doctor en Derecho y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Joan-Francesc Pont Clemente, Doctor en Derecho) 2017.
ISBN: 978-84-697-2296-1, Depósito Legal: B 10562-2017
59. *Darwin, Wallace y la biología del desarrollo evolutiva* (Discurso de ingreso del académico de número Excmo. Sr. Dr. Daniel Turbón Borrega, Doctor en Filosofía y Letras y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Felio Vilarrubias Guillamet, Doctor en Derecho) 2017.
ISBN: 978-84-697-2678-5, Depósito Legal: B 11574-2017
60. *EL asesoramiento financiero, la figura del Asesor Financiero y de las E.A.F.I.s* (Discurso de ingreso de la académica de número Excma. Sra. Dra. Montserrat Casanovas Ramon, Doctora en Ciencias Económicas y Empresariales y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José Maria Gay de Liébana Saludas, Doctor en Ciencias Económicas y Doctor en Derecho) 2017.
ISBN: 978-84-697-3635-7, Depósito Legal: B 15061-2017
61. *Dieta Mediterránea: una visión global / La nutrición comunitaria en el siglo XXI* (Discursos de ingreso de los académicos de número Excmo. Sr. Dr. Lluís Serra Majem, Doctor en Medicina y Excmo. Sr. Dr. Javier Aranceta Bartrina, Doctor en Medicina y Cirugía, contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. José Ramón Calvo Fernández, Doctor en Medicina y Cirugía, y la Excma. Sra.

- Dra. Maria dels Àngels Calvo Torras, Doctora en Veterinaria y Doctora en Farmacia) 2017.
ISBN: 978-84-697-4524-3, Depósito Legal: B 17729-2017
62. *La conquista del fondo del ojo* (Discurso de ingreso del académico de número Excmo. Sr. Dr. Borja Corcóstegui, Doctor en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós, Doctor en Medicina y Cirugía) 2017.
ISBN: 978-84-697-4905-0, Depósito Legal: B 22088-2017
63. *Barcelona, Galería Urbana* (Discurso de ingreso del académico de número Excmo. Sr. Dr. Juan Trias de Bes, Doctor en Arquitectura y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Jaime Rodrigo de Larrucea, Doctor en Derecho y Doctor en Ingeniería Náutica) 2017.
ISBN: 978-84-697-4906-7, Depósito Legal: B 24507-2017
64. *La influencia del derecho español en México* (Discurso de ingreso del académico Correspondiente para México Excmo. Sr. Dr. Jesús Gerardo Sotomayor Garza, Doctor en Derecho y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Jordi Martí Pidelaserra, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales) 2017.
ISBN: 978-84-697-5210-4 , Depósito Legal: B 25165-2017
65. *Delito fiscal y proceso penal: crónica de un desencuentro* (Discurso de ingreso del académico Correspondiente Excmo. Sr. Dr. Joan Iglesias Capellas, Doctor en Derecho y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Emili Gironella Masgrau, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales) 2017.
ISBN: 978-84-697-6524-1, Depósito Legal: B 25318-2017
66. *Laïcitat i laïcisme en l'occident europeu* (Discurs d'ingrés de l'Emm. i Rvdm. Dr. Lluís Martínez Sistach, Doctor en Dret Canònic i Civil, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Dr. Francesc Torralba Roselló, Doctor en Filosofia i Doctor en Teologia) 2017.
ISBN: 978-84-697-6525-8, Depósito Legal: B 28921-2017
67. *Lo disruptivo y el futuro: tecnología y sociedad en el siglo XXI* (Discurso de ingreso del académico Correspondiente Excmo. Sr. Dr. Luis Pons Puiggrós, Doctor en Administración y Dirección de Empresas, y con-

- testación del Académico de Número Excmo. Sr. Dr. José Ramón Calvo Fernández, Doctor en Medicina) 2017.
ISBN: 978-84-697-8211-8, Depósito Legal: B 29804-2017
68. *Avances Tecnológicos en Implantología Oral: hacia los implantes dentales inteligentes* (Discurso de ingreso del académico de Número Excmo. Sr. Dr. Xavier Gil Mur, Doctor en Ingeniería Química y Materiales, Rector de la Universidad de Catalunya y contestación del Académico de Número Excmo. Sr. Dr. Jaime Rodrigo de Larrucea, Doctor en Derecho y Ingeniería Náutica) 2018.
ISBN: 978-84-697-9148-6, Depósito Legal: B 1862-2018.
69. *La función del marketing en la empresa y en la economía* (Discurso de ingreso del académico de Número Excmo. Sr. Dr. Carlo Maria Gallucci Calabrese, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales y contestación del Académico de Número Excmo. Sr. Dr. Jaime Rodrigo de Larrucea, Doctor en Derecho y Ingeniería Náutica) 2018.
ISBN: 978-84-697-9161-5, Depósito Legal: B 1863-2018
70. *El nuevo materialismo del siglo XXI: Luces y sombras* (Discurso de ingreso de l académica de Número Excma. Sra. Dra. Mar Alonso Almeida, Dra. en Ciencias Económicas y Empresariales y contestación del Académico de Número Excm. Sr. Dr. Pedro Aznar Alarcón, Doctor en Económicas y Administración de empresas) 2018.
ISBN: 978-84-09-00047-0 , Depósito Legal: B 5533-2018
71. *La dinámica mayoría – minoría en las sociedades de capital* (Discurso de ingreso del académico Correspondiente Excmo. Sr. Dr. Rodolfo Fernández-Cuellas, Doctor en Derecho y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Emili Gironella Masgrau, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales) 2018.
ISBN: 978-84-09-00419-5 , Depósito Legal: B 6898-2018
72. *Rubén Darío, Japón y Japonismo* (Discurso de ingreso del Académico de Honor, Hble. Sr. Naohito Watanabe, Cónsul General del Japón en Barcelona y contestación por el académico de número Excmo. Excmo. Sr. Dr. José María Bové Montero. Doctor en Administración y Dirección de Empresas) 2018.
ISBN: 978-84-09-01887-1, Depósito Legal: B 12410-2018

73. *Farmacología Pediátrica: pasado, presente y perspectivas de futuro* (Discurso de ingreso de la académica correspondiente Excm. Sra. Dra. M^a Asunción Peiré García, Doctora en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de número Excmo. Sr. Dr. Pere Gascón Vilaplana, Doctor en Medicina) 2018.
ISBN: 978-84-09-02147-5 , Depósito Legal: B-13911-2018
74. *Pluralismo y Corporativismo. El freno a la Economía dinámica* (Discurso de ingreso del académico de número Excmo. Sr. Dr. Juan Vicente Sola, Doctor en Derecho y Economía y contestación por el académico de Honor Excmo. Sr. Dr. Edmund Phelps, Premio Nobel de Economía 2006) 2018.
ISBN: 978-84-09-02544-2 , Depósito Legal: B-15699-2018
75. *El Valor del liderazgo* (Discurso de ingreso de la académica de número Excm. Sra. Dra. Mireia Las Heras Maestro, Doctora en Dirección de Empresas y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. José Antonio Segarra, Doctor en Administración de Empresas) 2018.
ISBN: 978-84-09-02545-9 , Depósito Legal: B-15700-2018
76. *Reflexiones sobre la autoría de las publicaciones científicas* (Discurso de ingreso de la académica Correspondiente Excm. Sra. Dra. Marta Pulido Mestre, Doctora en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós, Doctor en Medicina y Cirugía) 2018.
ISBN: 978-84-09-03005-7, Depósito Legal: B-16369-2018
77. *Perspectiva humanística de la bioética en estomatología / odontología* (Discurs d'ingrés de l'acadèmic Numerari Excm. Sr. Dr. Josep M. Ustrell i Torrent, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmic Numerari Excm. Sr. Dr. Ferran Guedea Edo, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2018.
ISBN: 978-84-09-04140-4, Depósito Legal: B-21704-2018
78. *Evolución de la información relacionada con la alimentación y la nutrición: retos de adaptación por el consumidor* (Discurso de ingreso del académico Correspondiente Excmo. Sr. Dr. Rafael Urrialde de Andrés, Doctor en Ciencias Biológicas y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. Lluís Serra Majem, Doctor en Medicina) 2018.
ISBN: 978-84-09-0523-9, Depósito Legal: B-3763-2018

79. *Del neurocirujía mística de la antigüedad, a los retos que enfrenta en el siglo XXI. Los cambios de paradigma según la evolución de la neurocirugía en el tiempo.* (Discurso de ingreso del académico Correspondiente Excmo. Sr. Dr. Jesús Lafuente Baraza, Doctor en Doctor en Medicina y Cirugía y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. Luis Carrière Lluch, Doctor en Odontología) 2018.
ISBN: 978-84-09-05288-2, Depósito Legal: B-24477-2018
80. *La Unitat de Tuberculosi Experimental. 20 anys d'història / The Experimental Tuberculosis Unit: 20 years of history* (Discurs d'ingrés de l'acadèmic Numerari Excm. Sr. Dr. Pere Joan Cardona Iglesias, Doctor en Medicina, i contestació per l'acadèmic Numerari Excm. Sr. Dr. Emili Gironella Masgrau, Doctor en Ciències Econòmiques) 2018.
ISBN: 978-84-09-056972, Depósito Legal: B25357-2018
81. *Noucentisme, avantguardisme i model de país: la centralitat de la cultura* (Discurs d'ingrés de l'acadèmica Numeraria Excma. Sra. Dra. Mariàngela Vilallonga Vives, Doctora en Filologia Clàssica, i contestació per l'acadèmica Numeraria Excma. Sra. Dra. M. Àngels Calvo Torras, Doctora en Veterinària) 2018.
ISBN: 978-84-09-0680-1, Depósito Legal: B-26513-2018
82. *Abrir las puertas de la Biblioteca de Alejandría* (Discurso de ingreso de la académica numeraria Excma. Sra. Dra. Sònia Fernández-Vidal, Doctora en Física, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. José Ramón Calvo Fernández, Doctor en Medicina y Cirugía) 2018.
ISBN: 978-84-09-06366-6, Depósito Legal: B-26855-2018
83. *Una mirada a Santiago Ramón y Cajal en su perfil humano y humanista* (Discurso de ingreso de la académico de número Excmo. Sr. Dr. Joaquín Callabed Carracedo, Doctor en Medicina y Cirugía, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós, Doctor en Medicina, Cirugía y Farmacia) 2019.
ISBN: 978-84-09-07209-5, Depósito Legal: B-29489-2018
84. *Paradigmas financieros en tela de juicio* (Discurso de ingreso del académico de número Excmo. Sr. Dr. Joan Massons i Rabassa, Doctor en Administración y Dirección de Empresas, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. José María Gay de Liébana Saludas, Doctor en Económicas y Derecho) 2019.
ISBN: 978-84-09-08163-9, Depósito Legal: DL: B-2390-2019

85. *La contabilidad y sus adaptaciones sectoriales. El caso especial del sector hotelero* (Discurso de ingreso del Académico Correspondiente Excmo. Sr. Dr. Ramón M. Soldevila de Monteys, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. Juan Francisco Corona Ramón, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales) 2019.
ISBN: 978-84-09-08554-5, Depósito Legal: B-4341-2019
86. *La lógica difusa en la decisión de inversión empresarial frente al riesgo: veinte años entre la investigación pura y la aplicada* (Discurso de ingreso del Académico Correspondiente Excmo. Sr. Dr. Richard Onses, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. Joan-Francesc Pont Clemente, Doctor en Derecho) 2019.
ISBN: 978-84-09-08897-3, Depósito Legal: B-5552-2019
87. *De la Tierra a la Luna* (Discurso de ingreso de los Académicos de Honor Excmo. Sr. Joan Roca i Fontané, Excmo. Sr. Josep Roca i Fontané y Excmo. Sr. Jordi Roca i Fontané), y contestación por los académicos de Número Excmo. Sr. Dr. José Ramón Calvo Fernández, Excmo. Sr. Dr. Juan Francisco Corona Ramón, Excmo. Sr. Dr. Santiago Castellà Surribas) 2019.
ISBN: 978-84-09-09831-6, Depósito Legal: B-8886-2019
88. *De la belleza de los materiales a las artes y las tecnologías avanzadas para la sociedad innovadora del siglo XXI* (Discurso de ingreso del Académico de Número Excmo. Sr. Dr. Josep Maria Guilemany Casadamon, Doctor en Ciencias Químicas, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. Javier Gil Mur, Doctor en Ingeniería Química y Materiales) 2019.
ISBN: 978-84-09-09832-3, Depósito Legal: B-8887-2019
89. *Los Retos de la Sociedad Civil en una Democracia Avanzada* (Discurso de ingreso del Académico de Número Excmo. Sr. Dr. Aldo Olcese Santonja, Doctor en Economía Financiera y Presidente de la Fundación Independiente, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. Alfredo Rocafort Nicolau, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales y Doctor en Derecho) 2019.
ISBN: 978-84-09-10202-0, Depósito Legal: B-9670-2019

90. *Los dientes del comer al lucir: evolución de los materiales odontológicos y cambios sociales* (Discurso de ingreso del Académico de Número Excmo. Sr. Dr. Lluís Giner Tarrida, Doctor en Medicina y Cirugía, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós, Doctor en Medicina, Cirugía, Farmacia, Ciencias de la Salud) 2019. ISBN: 978-84-09-10543-4, Depósito Legal: B-10575-2019
91. *Sujeto de la creatividad para ser más competitivos: El individuo creativo* (Discurso de ingreso como Académico de Honor Excmo. Sr. Joan B. Renart Cava, Presidente de Vichy Catalan Corporation, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós, Doctor en Medicina, Cirugía, Farmacia, Ciencias de la Salud) 2019. ISBN: 978-84-09-10544-1, Depósito Legal: B-10576-2019
92. *Societat plural i religions* (Discurs d'ingrés a la Reial Acadèmia Europea de Doctors, com Acadèmic Numerari Excm. Sr. Dr. Antoni Matabosch i Soler, Doctor en Teologia, i contestació de l'Acadèmic Numerari Excm. Sr. Dr. David Jou i Mirabent, Doctor en Física) 2019. ISBN: 978-84-09-10917-3, Depósito Legal: B-12209-2019
93. *Marketing Cuántico, un nuevo paradigma de Marketing para dar un salto en la gestión de los clientes* (Discurso de ingreso como Académico Correspondiente Excmo. Sr. Dr. Josep Alet i Vilaginés, Doctor en Ciencias Económicas, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós, Doctor en Medicina, Cirugía, Farmacia, Ciencias de la Salud: Neurociencia Básica y Aplicada) 2019. ISBN: 978-84-09-11658-4, Depósito Legal: B-14360-2019
94. *La confianza razonada: un medio para la gestión de la incertidumbre en los procesos de las organizaciones* (Discurso de ingreso como Académico Correspondiente Excmo. Sr. Dr. José Ángel Brandín Lorenzo, Doctor en Gobierno y Cultura de las Organizaciones, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. José Daniel Barquero Cabrero, Doctor en Ciencias Sociales y Humanas, Doctor en Ciencias Jurídicas y Económicas y Doctor en Administración y Alta Dirección de Empresas) 2019. ISBN: 978-84-09-11704-8 Depósito Legal: B-14896-2019

95. *¿Estamos preparados para la próxima crisis?* (Discurso de ingreso como Académico de Número Excmo. Sr. Dr. Frederic Borràs Pàmies, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. José M^a Gay de Liébana Saludas, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales y Doctor en Derecho) 2019.
ISBN: 978-84-09-1261-2 Depósito Legal: B-16314-2019
96. *El Patrimonio Mundial Cultural, Natural e Inmaterial de España* (Excmo. Sr. Dr. Ignacio Buqueras y Bach, Doctor en Ciencias de la Información, Presidente de la Asociación para la Difusión y Promoción del Patrimonio Mundial de España. ADIPROPE, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. Aldo Olcese Santonja Doctor en Economía Financiera y Presidente de la Fundación Independiente) 2019.
ISBN: 978-84-95242-97-6, Depósito Legal: M-18770-2019
97. *Del Milagro de Israel a la inversión inmobiliaria en España* (Discurso de ingreso como Académico Correspondiente Excmo. Sr. Dr. Alberto Antolí y Méndez, Doctor en Derecho, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. José Daniel Barquero Cabrero, Doctor en Ciencias Sociales y Humanas, Doctor en Ciencias Jurídicas y Económicas y Doctor en Administración y Alta Dirección de Empresas) 2019.
ISBN: 978-84-09-12362-9, Depósito Legal: B-18106-2019
97. *El actual cambio climático: una visión holística de la crisis climática* (Discurso de ingreso como Académico Numerario Excmo. Sr. Dr. José María Baldasano Recio, Doctor en Ciencias Químicas, y contestación por el académico de Número Excmo. Sr. Dr. José María Gay de Liébana Saludas, Doctor en Económicas y Derecho) 2019.
ISBN: 978-84-09-13018-4, Depósito Legal: B-18439-2019



RAD Tribuna Plural. La revista científica. 1ª Etapa**REVISTA 1 - Número 1/2014**

Globalización y repliegue identitario, *Ángel Aguirre Baztán* El pensamiento cristià, *Josep Gil Ribas*. El teorema de Gödel: recursivitat i indecidibilitat, *Josep Pla i Carrera*. De Königsberg a Göttingen: Hilbert i l'axiomatització de les matemàtiques, *Joan Roselló Moya*. Computerized monitoring and control system for ecopyrogenesis technological complex, *Yuriy P. Kondratenko, Oleksiy V.Kozlov*. Quelques réflexions sur les problèmes de l'Europe de l'avenir, *Michael Metzeltin*. Europa: la realidad de sus raíces, *Xabier Añoveros Trias de Bes*. Discurs Centenari 1914-2014, *Alfredo Rocafort Nicolau*. Economía-Sociedad-Derecho, *José Juan Pintó Ruiz*. Entrevista, *Jaime Gil Aluja*.

Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica: ISSN: 2385-345X

Depósito Legal: B 12510-2014, Págs. 404.

REVISTA 2 - Número 2/2014 *Monográfico Núm. 1*

I Acto Internacional: Global Decision Making.

2014: à la recherche d'un Humanisme renouvelé de El Greco à Nikos Kazantzakis, *Stavroula-Ina Piperaki*. The descent of the audit profession, *Stephen Zeff*. Making global lawyers: Legal Practice, Legal Education and the Paradox of Professional Distinctiveness, *David B. Wilkins*. La tecnología, detonante de un nuevo panorama universitario, *Lluís Vicent Safont*. La salida de la crisis: sinergias y aspectos positivos. Moderador: *Alfredo Rocafort Nicolau*. Ponentes: Burbujas, cracs y el comportamiento irracional de los inversores, *Oriol Amat Salas*. La economía española ante el hundimiento del sector generador de empleo, *Manuel Flores Caballero*. Tomando el pulso a la economía española: 2014, año de encrucijada, *José Maria Gay de Liébana Saludas*. Crisis económicas e indicadores: diagnosticar, prevenir y curar, *Montserrat Guillén i Estany*. Salidas a la crisis, *Jordi Martí Pidelaserra*. Superación de la crisis económica y mercado de trabajo: elementos dinamizadores, *José Luis Salido Banús*.

Indicadores de financiación para la gestión del transporte urbano: El fondo de comercio, El cuadro de mando integral: Una aplicación práctica para los servicios de atención domiciliaria, Competencias de los titulados en ADE: la opinión de los empleadores respecto a la contabilidad financiera y la contabilidad de costes. Teoría de conjuntos

clásica versus teoría de subconjuntos borrosos. Un ejemplo elemental comparativo. Un modelo unificado entre la media ponderada ordenada y la media ponderada. Predicting Credit Ratings Using a Robust Multi-criteria Approach.

Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica: ISSN: 2385-345X
Depósito Legal: B 12510-2014, Págs. 588.

REVISTA 3 - Número 3/2014

Taula rodona: Microorganismes i patrimoni. Preàmbulo, *Joaquim Gironella Coll*. L'arxiu Nacional de Catalunya i la conservació i restauració del patrimoni documental, *Josep Maria Sans Travé, Gemma Góikoechea i Foz*. El Centre de Restauració Béns Mobles de Catalunya (CRBMC) i les especialitats en conservació i restauració, *Àngels Solé i Gili*. La conservació del patrimoni històric davant l'agressió per causes biològiques, *Pere Rovira i Pons*. Problemática general de los microorganismos en el patrimonio y posibles efectos sobre la salud, *Maria dels Àngels Calvo Torras*. Beyond fiscal harmonisation, a common budgetary and taxation area in order to construct a European republic, *Joan-Francesc Pont Clemente*. El microcrédito. La financiación modesta, *Xabier Añoveros Trias de Bes*. Extracto de Stevia Rebaudiana. *Pere Costa Batllori*. Síndrome traumático del segmento posterior ocular, *Carlos Dante Heredia García*. Calculadora clínica del tiempo de doblaje del PSA de próstata, *Joaquim Gironella Coll, Montserrat Guillén i Estany*. Miguel Servet (1511-1553). Una indignació coherent, *Màrius Petit i Guinovart*. Liquidez y cotización respecto el Valor Actual Neto de los REITs Españoles (Las SOCIMI), *Juan María Soriano Llobera, Jaume Roig Hernando*. I Acte Internacional: Global decision making. Resum. Entrevista, *Professor Joaquim Barraquer Moner*.

Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica: ISSN: 2385-345X
Depósito Legal: B 12510-2014, Págs. 376

REVISTA 4 - Número 4/2014

Sessió Acadèmica: La simetria en la ciència i en l'univers. Introducció, evocació del Dr. Jaume Vallcorba Plana, *David Jou Mirabent i Pilar Bayer i Isant*. La matemàtica de les simetries, *Pilar Bayer i Isant*, l'Univers i les simetries trencades de la física, *David Jou Mirabent*. Sessió Acadè-

mica: La financiación de las grandes empresas: el crédito sindicado y el crédito documentario. Los créditos sindicados, *Francisco Tusquets Trias de Bes*. El crédito documentario. Una operación financiera que sustituye a la confianza en la compraventa internacional, *Xabier Añoveros Trias de Bes*. Sessió Acadèmica: Vida i obra d'Arnau de Vilanova. Introducció, *Josep Gil i Ribas*. Arnau de Vilanova i la medicina medieval, *Sebastià Giralt*. El *Gladius Iugulans Thomatistas* d'Arnau de Vilanova: context i tesis escatològiques, *Jaume Mensa i Valls*. La calidad como estrategia para posicionamiento empresarial, *F. González Santoyo*, *B. Flores Romero* y *A.M. Gil Lafuente*. Etnografía de la cultura de una empresa, *Ángel Aguirre Baztán*. L'inconscient, femení i la ciència, *Miquel Bassols Puig*. Organización de la producción: una perspectiva histórica, *Joaquim Bautista Valhondo* y *Francisco Javier Llovera Sáez*. La quinoa (*Chenopodium quinoa*) i la importancia del seu valor nutricional, *Pere Costa Batllori*.

El Séptimo Arte, *Enrique Lecumberri Martí*. "Consolatio" pel Dr. Josep Casajuana i Gibert, *Rosmarie Cammany Dorr*, *Jaume Gil Aluja* i *Josep Joan Pintó Ruiz*. The development of double entry: An example of the International transfer of accounting technology, *Christopher Nobes*. Entrevista, *Dr. Josep Gil Ribas*.

Edició impresa ISSN: 2339-997X, Edició electrònica: ISSN: 2385-345X

Depósito Legal: B 12510-2014, Págs. 460

REVISTA 5 - Número 1/2015

Sessió Acadèmica: Salut, economia i societat. Presentació, *M. dels Àngels Calvo Torras*. Descripción y valoración crítica de los diferentes sistemas sanitarios en Europa, *Joaquim Gironella Coll*. Efectos económicos en el sistema público de salud del diagnóstico precoz de las enfermedades, *Ana María Gil Lafuente*. Estar sano y encontrarse bien: El reto, *Rosmarie Cammany Dorr*. What is the greatest obstacle to development? *Alba Rocafort Marco*. Aceleradores globales de la RSE: Una visión desde España, *Aldo Olcese Santoja*. Zoonosis transmitidas por mascotas. Importancia sanitaria y prevención, *M. dels Àngels Calvo Torras* y *Esteban Leonardo Arosemena Angulo*. Seguretat alimentària dels aliments d'origen animal. Legislació de la Unió Europea sobre la fabricació de pinsos, *Pere Costa Batllori*. Panacea encadenada: La farmacología alemana bajo el III Reich y el resurgir de la Bioética, *Francisco López Muñoz*. Laici-

dad, religiones y paz en el espacio público. Hacia una conciencia global, *Francesc Torralba Roselló*. Inauguración del Ciclo Academia y Sociedad en el Reial Cercle Artístic de Barcelona. Entrevista, *Dr. José Juan Pintó Ruiz*.

Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica: ISSN: 2385-345X
Depósito Legal: B 12510-2014, Págs. 356

REVISTA 6 - Número 2/2015

Sessió Acadèmica: Subrogación forzosa del acreedor. Presentación, *José Juan Pintó*. La subrogación Forzosa del acreedor: Concepto, Naturaleza, Finalidad y Efectos, *Alfonso Hernández Moreno*. La utilización de la subrogación forzosa en la práctica: Aspectos relevantes y controvertidos, *Francisco Echevarría Summers*. Methods of Modeling, Identification and Prediction of Random Sequences Base on the Nonlinear Canonical Decomposition, *Igor P. Atamanyuk, Yuriy P. Kondratenko*. Rien n'est pardoné!. *Stravroula-Ina Piperaki*. Seguretat alimentària dels aliments d'origen animal. Legislació de la Unió Europea sobre la fabricació de pinsos II. Pinsos ecològics, *Pere Costa Batllori*. The relationship between gut microbiota and obesity, *Carlos González Núñez, M. de los Angeles Torras*. Avideses i fulgor dels ulls de Picasso, *David Jou Mirabent*. Problemática de la subcontratación en el sector de la edificación, *Francisco Javier Llovera Sáez, Francisco Benjamín Cobo Quesada y Miguel Llovera Ciriza*. Jornada Cambio Social y Reforma Constitucional, *Alfredo Rocafort Nicolau, Teresa Freixes Sanjuán, Marco Olivetti, Eva Maria Poptcheva, Josep Maria Castellà y José Juan Pintó Ruiz*. Inauguración del ciclo "Academia y Sociedad" en el Reial Cercle Artístic de Barcelona: Nuevas amenazas. El Yihadismo, *Jesús Alberto García Riesco*. Presentación libro "Eva en el Jardín de la Ciencia", *Trinidad Casas, Santiago Dexeus y Lola Ojeda*. "Consolatio" pel Dr. Jaume Vallcorba Plana, *Xabier Añoveros Trias de Bes, Ignasi Moreta, Armand Puig i Tàrrach*.

Entrevista, *Dr. David Jou Mirabent*.

Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica: ISSN: 2385-345X
Depósito Legal: B 12510-2014, Págs. 400

REVISTA 7 - *Número 3/2015* Monográfico Núm.2

II Acto Internacional: Congreso Internacional de investigación “Innovación y Desarrollo Regional”. Conferencia Inaugural: Lecciones de la crisis financiera para la política económica: austeridad, crecimiento y retos de futuro, *Aznar Alarcón, P., Gay de Liébana Saludas, J.M., y Rocafort Nicolau, A.*

Eje Temático 1. Gestión estratégica de las organizaciones: Diseño, operación y gestión de un modelo de negocio innovador, *Medina Elizondo, M. y Molina Morejón, M.* Matriz insumo producto como elemento de estrategia empresarial, *Towns Muñoz, J.A. y Tuda Rivas, R.* Valoración sobre la responsabilidad social de las empresas en la comarca lagunera, *De la Tejera Thomas, Y.E., Gutiérrez Castillo, O.W., Medina Elizondo, E., Martínez Cabrera, H., y Rodríguez Trejo, R.J.* Factores de competitividad relacionados con la internacionalización. Estudio en el estado de Coahuila, *González Flores, O., Armenteros Acosta, M del C., Canibe Cruz, F., Del Rio Ramírez, B.* La contextualización de los modelos gerenciales y la vinculación estratégica empresa-entorno, *Medina Elizondo, M., Gutiérrez Castillo, O., Jaramillo Rosales, M., Parres Frausto, A., García Rodríguez, G.A.* Gestión estratégica de las organizaciones. Los Estados Unidos de Europa, *Barquero Cabrero, J.D.* El análisis de la empresa a partir del Valor Añadido, *Martí Pidelaserra, J.* Factors influencing the decision to set up a REIT, *Roig Hernando, J., Soriano Llobera, J.M., García Cueto, J.I.*

Eje Temático 2: Gestión de la Innovación y desarrollo regional: Propuesta metodológica para la evaluación de ambientes de innovación empresariales. Aplicaciones en el estado de Hidalgo, México, *Gutiérrez Castillo, O.W., Guerrero Ramos, L.A., López Chavarría, S., y Parres Frausto, A.* Estrategias para el desarrollo de la competitividad del cultivo del melón en la comarca lagunera. *Espinoza Arellano, J de J., Ramírez Menchaca, A., Guerrero Ramos, L.A. y López Chavarría, S.* Redes de Innovación Cooperativa en la región lagunera. *Valdés Garza, M., Campos López, E., y Hernández Corichi, A.* Ley general de contabilidad gubernamental. Solución informática para municipios menores de veinticinco mil habitantes, *Leija Rodríguez, L.* La innovación en la empresa como estrategia para el desarrollo regional, *González Santoyo, F., Flores Romero, B., y Gil Lafuente, A.M.* Aplicación de la Gestión del conocimiento a la cadena de suministro de la construcción. La calidad un reto necesario, *Llovera Sáez, F.J., y Llovera Ciriza, M.*

Eje Temático 3. Gestión del capital humano y cultura organizacional: Influencia del capital humano y la cultura emprendedora en la innovación como factor de competitividad de las pyme

industriales, *Canibe Cruz, F., Ayala Ortiz, I., García Licea, G., Jaramillo Rosales, M., y Martínez Cabrera, H.* Retos de la formación de empresarios competitivos de la región lagunera, México. Competencias estratégicas gerenciales y su relación con el desempeño económico en el sector automotriz de Saltillo. *Hernández Barreras, D., Villanueva Armenteros, Y., Armenteros Acosta, M. del C., Montalvo Morales, J.A. Facio Licera, P.M., Gutiérrez Castillo, O.W., Aguilar Sánchez, S.J., Parres Frausto, A., del Valle Cuevas, V.* Competencias estratégicas gerenciales y su relación con el desempeño económico en el sector automotriz de Saltillo, *Hernández Barreras, D., Villanueva Armenteros, Y., Armenteros Acosta, M. del C., Montalvo Morales, J.A.* Identificación y diseño de competencias laborales en las áreas técnicas de la industria textil en México. *Vaquera Hernández, J., Molina Morejón, V.M., Espinoza Arellano, J. de J.* Self-Perception of Ethical Behaviour. The case of listed Spanish companies, *García López, M.J., Amat Salas, O., y Rocafort Nicolau, A.* Descripción y valoración Económico-Sanitaria de los diferentes sistemas sanitarios en el espacio europeo, y de las unidades de hospitalización domiciliaria en las comunidades autónomas de España, *Gironella Coll, J.* El derecho público en el Quijote. Derecho de gentes y derecho político, *Añoveros Trias de Bes, X.*

Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica: ISSN: 2385-345X
Depósito Legal: B 12510-2014, Págs. 558

REVISTA 8 - Número 4/2015

Sessió Acadèmica: l'Aigua, una visió interdisciplinària. Presentació, *M. dels Àngels Calvo Torres.* El agua: Características diferenciales y su relación con los ecosistemas, *M. dels Àngels Calvo Torres.* L'Aigua en l'origen i en el manteniment de la vida, *Pere Costa Batllori.* Planeta océano, pasado, presente y futuro desde una visión particular. Proyecto AQVAM. Aportación sobre el debate del agua. Fausto García Hegardt. Sesió Acadèmica: Ingeniería y música. Presentación, *Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra.* Las comunicaciones móviles. Presente y futuro, *Ramon Agustí.* Sessió Acadèmica: Debat sobre la religió civil. Presentació, *Francesc Torralba Roselló.* La religió verdadera, *Josep Gil Ribas.* La religión civil, Ángel Aguirre *Baztán,* La religión en la que todos los hombres están de acuerdo, *Joan-Francesc Pont Clemente.* Aportació al debat sobre la religió, *Josep Gil Ribas.* El camino hacia la libertad: el legado napoleón-

nico en la independencia de México, *Enrique Sada Sandoval*. Los ungüentos de brujas y filtros de amor en las novelas cervantinas y el papel de Dioscórides de Andrés Laguna, *Francisco López Muñoz y Francisco Pérez Fernández*. La lingüística como economía de la lengua. *Michael Metzeltin*. Situación de la radioterapia entre las ciencias, *Santiago Ripol Girona*. Conferencia “Las Fuerzas Armadas y el Ejército de Tierra en la España de hoy”, *Teniente General Ricardo-Álvarez-Espejo García*. Entrevista, *Dr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra*.

Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica: ISSN: 2385-345X
Depósito Legal: B 12510-2014, Págs. 410

REVISTA 9 - Número 1/2016

Sessió Acadèmica: Unitats canines d'odorologia. Usos actuals i noves perspectives, *M. dels Àngels Calvo i Lluís Pons Anglada*. La odisea de la voz. La voz y la ópera. Aspectos médico-artísticos. *Pedro Clarós, Marcel Gorgori*. Sessió Acadèmica: La bioeconomía, nou paradigma de la ciència. Presentación, *M. dels Àngels Calvo*, liEconomía ecològica: per una economía que faci les paus amb el planeta, *Jordi Roca*. Capital natural versus desarrollo sostenible, *Miquel Ventura*, Sesión Académicas Multidisciplinaria: Accidente nuclear de Chernóbil. El accidente de la central nuclear de Chernóbil. Controversias sobre los efectos sobre la salud 30 años después, *Albert Biete*. Los efectos sobre el medio animal, vegetal y microbiano, *M. dels Àngels Calvo*, El cost econòmic de l'accident de Txernóbil: una aproximació, *Oriol Amat*. La visión del ingeniero en el accidente y actuaciones reparativas posteriores, *Joan Olivé*. Chernóbil y Fukushima: La construcción diferencial mediática de una misma realidad, *Rosmarie Cammany*. El virreinato de la Nueva España y la Bancarrota del Imperio Español, *Enrique Sada Sandoval*. Mistakes and dysfunctions of “IRR” an alternative instrument “FYR”, *Alfonso M. Rodríguez*. El derecho y la justicia en la obra de Cervantes, *Xabier Añoveros Trias de Bes*. Arquitectura motivacional para hacer empresa familiar multigeneracional, *Miguel Angel Gallo*. La vida de Juan II de Aragón (1398-1479) tras la operación de sus cataratas, *Josep M. Simon*. PV Solar Investors Versus the kingdom of Spain: First state victory, at least 27 more rounds to go, *Juan M. Soriano y José Ignacio Cueto*. Entrevista, *Dra. M. dels Àngels Calvo Torras*.

Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica ISSN 2385-345X
Depósito legal: B 12510-2014 Págs.418

REVISTA 10 - Número 2/2016 *Homenajes Núm. 1*

Presentación a cargo del Académico Numerario Excmo. Sr. Dr. Joan-Francesc Pont Clemente, Discurso de ingreso de la Académica de Honor Excmo. Sra. Dra. Rosalía Arteaga Serrano. Trabajo aportado por la nueva Académica de Honor: *Jerónimo y los otros Jerónimos*. Presentación a cargo del Académico Numerario Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós Blanch. Discurso de ingreso de la Académica de Honor Excmo. Sra. Dra. Leslie C. Griffith. Trabajos aportados por la nueva Académica de Honor: *Reorganization of sleep by temperatura in Drosophila requires light, the homeostat, and the circadian clock, A single pair of neurons links sleep to memory consolidation in Drosophila melanogaster, Short Neuropeptide F Is a Sleep-Promoting Inhibitory Modulator*. Presentación a cargo del Académico Numerario Excmo. Sr. Dr. Josep-Ignasi Saranyana Closa. Discurso de ingreso del Académico de Honor Excmo. Sr. Dr. Ernesto Kahan. Trabajo aportado por el nuevo Académico de Honor: *Genocidio*. Presentación a cargo del Académico Numerario Excmo. Sr. Dr. Juan Francisco Corona Ramon. Presentación del Académico de Honor Excmo. Sr. Dr. Eric Maskin. Trabajos aportados por el nuevo Académico de Honor: *Nash equilibrium and welfare optimality, The Folk theorem in repeated games with discounting or with incomplete information. Credit and efficiency in centralized and decentralized economies*.

Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica ISSN 2385-345X
 Depósito legal: B 12510-2014 Págs.384

REVISTA 11 - Número 3/2016

Sesión Académica: Medicamentos, genes y efectos terapéuticos. *M. dels Àngels Calvo, Joan Sabater Tobella*. Sessió Acadèmica: Ramon Lluïl (Palma, 1232-Tunis, 1316). Presentació, *Josep Gil Ribas*. Ramon Lluïl. Vida i obra, *Jordi Gayà Estelrich*. L'art com a mètode, *Alexander Fidora*. El pensament de Ramon Lluïl, *Joan Andreu Alcina*. Articles – Artículos: Los animales mitológicos como engendro de venenos y antídotos en la España Áurea: a propósito del basilisco y el unicornio en las obras literarias de Lope de Vega, *Cristina Andrade-Rosa, Francisco López-Muñoz*. El poder en la empresa: Potestas y Auctoritas, *Miguel Ángel Gallo Laguna de Rins*. El efecto del Brexit en la validez de las cláusulas arbitrales existentes con Londres como sede del arbitraje y en la decisión de las partes de pactar a futuro cláusulas arbitrales con

Londres como sede del arbitraje, *Juan Soriano Llobera, José Ignacio García Cueto*. Desviaciones bajo el modelo de presupuesto flexible: un modelo alternativo, *Alejandro Pursals Puig*. Reflexiones en torno a la economía del conocimiento, *Leandro J. Urbano, Pedro Aznar Alarcón*. Lliurament del títol de Fill Il·lustre de Reus al Dr. Josep Gil i Ribas (21.09.2016), *Josep-Ignasi Saranyana Closa*.
 Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica ISSN 2385-345X
 Depósito legal: B 12510-2014 Págs.316

REVISTA 12 - Número 4/2016 *Homenajes Núm.2*

Discurso de ingreso del Académico de Honor *Excmo. Sr. Dr. Aaron Ciechanover*, presentación a cargo del Académico Numerario *Excmo. Sr. Dr. Rafael Blesa González*. Discurso de ingreso del Académico de Honor *Excmo. Sr. Dr. Josep Maria Gil-Vernet Vila*, presentación a cargo del Académico de Número *Excmo. Sr. Dr. Pedro Clarós Blanch*. Discurso de ingreso del Académico de Honor del *Excmo. Sr. Dr. Björn O. Nilsson*, presentación a cargo de la Académica de Número *Excmo. Sra. Dra. Maria dels Àngels Calvo Torres*. Discurso del Académico de Honor *Excmo. Sr. Dr. Ismail Serageldin*, presentación a cargo de la Académica de Honor, *Excmo. Sra. Dra. Rosalía*.
 Edición impresa ISSN: 2339-997X. Edición electrónica ISSN 2385-345X
 Depósito Legal: B 12510-2014 Pags 272

REVISTA 13 - Número 5/2016

Debate: El impacto del BREXIT en la economía española y en el resto de países de la UE. *Oriol Amat Salas, Santiago José Castellà Surribas, Juan Francisco Corona Ramón y Joan-Francesc Pont Clemente*. Debate: Titanic, Cómo tomar imágenes a 3800 metros de profundidad. El corto viaje del Titanic- Seguridad marítima, antes y después del Titánic, *Jaime Rodrigo de Larrucea*. El naufragio del Titanic y sus enseñanzas, *Frederic Malagelada Benapres*. ¿Arqueología subacuática a 4000 metros de fondo?, *Pere Izquierdo i Tugas*. Los límites de la imagen submarina, *Josep Maria Castellví*. Conférence sur la mission Aout 2016 Sur l'Eclairage du Titanic, *Christian Petron*. Moderador del Debate, *Andrés Clarós Blanch*. Al grito de nación: Mompo y Cartagena, precursoras en la independencia de Colombia, *Enrique Sada Sandoval*. Satisfacción de los alumnos con el plan de estudios de las licenciaturas en educación

primaria y preescolar, *Rocío del Carmen López Muñiz*. Degradación ambiental del agua subterránea en el entorno de la gestión gubernamental de los recursos Hídricos, México, *José Soto Balderas*. La Formazione Generazionale nelle Aziende Familiari, *Salvatore Tomaselli*. La fagoterapia y sus principales aplicaciones en veterinaria, *Diego Morgades Gras, Francesc Josep Ribera Tarifá, Sandra Valera Martí y M. dels Àngels Calvo Torras*. Aproximació al món d'Àusias March, *Salvador de Brocà Tella*. Diseño estratégico para el reemplazo de equipo en la empresa, González Santoyo, F. F. Flores Romero y Gil Lafuente, Ana Maria. The end of accounting. Discurso de ingreso como Académico Correspondiente del Excmo. Sr. Dr. Baruch Lev y discurso de contestación del Excmo. Sr. Dr. Oriol Amat Salas. Entrevista, Dra. Miguel Ángel Gallo Laguna de Rins.

Edición impresa ISSN: 2339-997X. Edición electrónica ISSN 2385-345X
 Depósito Legal: B 12510-2014 Pags 316

REVISTA 14 - Número 1/2017

Debate: La amenaza interna de la Unión Europea - La amenaza interna de la Unión Europea Refundar Europa, *Santiago José Castellà*. Rumbo económico en 2017, ¿marcado por la brújula política?, *José María Gay de Liébana*. Debate: Juan Clarós cambió la historia de Cataluña en la guerra de la Independencia 1808-1814, *Pedro Clarós, Leticia Darna, Domingo Neuenschwander, Óscar Uceda*. Presentación del libro: Sistemas federales. Una comparación internacional - Presentación, *Teresa Freixes*. Introducción, *Mario Kölling*. El federalismo en Alemania hoy, *Roland Sturm*. La ingeniería política del federalismo en Brasil, *Celina de Souza*. La construcción federal desde la ciudad, *Santiago José Castellà*. Debate: Empresa familiar. Más allá de la tercera generación- Empresa familiar. Más allá de la tercera generación. El resto de la sucesión, *Juan Francisco Corona*. Empresa familiar, *José Manuel Calavia*. Debate: La situación hipotecaria en España tras las sentencias del tribunal de justicia de la Unión Europea y del Tribunal Supremo – Presentación, *Alfonso Hernández-Moreno*. Origen de la crisis hipotecaria y activismo judicial, *Fernando P. Méndez*. La evolución legislativa y jurisprudencial en la calificación registral en materia de hipotecas, *Rafael Arnáiz*. El consentimiento informado y el control de transparencia, *Manuel Ángel Martínez*. Cláusulas suelo, intereses moratorios y vencimiento anticipado, *Antonio Recio*. El problema psíquico y psicológico en Don

Quijote, *Xabier Añoveros*. El análisis y la gestión del riesgo a partir de la Evaluación Formal de la Seguridad (EFS/FSA): un nuevo modelo de seguridad portuaria, *Jaime Rodrigo*. Entrevista, *José Ramón Calvo*. Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica ISSN 2385-345X. Depósito Legal: B 12510 – 2014. Págs. 468

REVISTA 15 - Número 2/2017

Debate: Lutero 500 años después 1517-2017). Presentación, *Josep-Ignasi Saranyana*. Martín Luter en el seu context històric, *Salvador de Brocà*. Martín Luter y los inicios de la Reforma protestante, *Josep Castanyé*. Die theologische Entwicklung Martin Luthers und die *Confessio Augustana*. *Holger Luebs*. Lutero como creador de la lengua literaria alemana moderna, *Macià Riutort*. Debate: Mejora de la viabilidad de las empresas familiares. Empresa familiar: Incrementar su supervivencia, *Miguel Ángel Gallo*. De la Gobernanza y su ausencia: Gestión pública y Alta dirección en la forja del Estado Mexicano (1821-1840), *Enrique Sada Sandoval*. Los huevos tóxicos o la eficacia de una RASFF, *Pere Costa*. Control de Micotoxinas en la alimentación y salud pública, *Byron Enrique Borja Caceido y M. Àngels Calvo*. La aplicación parcial del principio de subsidiaridad es contraria al Tratado de la UE, se enfrenta al principio de solidaridad y fomenta los nacionalismos de Estado, *Félix de la Fuente Pascual*. Costa Brava 2020 Reserva de la Biosfera. Retos y oportunidades de innovar integrando el uso sostenible del territorio y el mar, *Miquel Ventura*. 1r Encuentro Científico. Convergencia de caminos: Ciencia y empresa RAED- IESE-ULPGC. III Acto Internacional. Congreso Europeo de Investigaciones Interdisciplinaria: La evolución de la ciencia en el siglo XXI. Entrevista, *Pedro Clarós*. Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica ISSN 2385-345X. Depósito Legal: B 12510 – 2014. Págs. 242.

REVISTA 16 - Número 3/2017 Monográfico Núm.3

III Acto Internacional. Congreso Europeo de Investigaciones Interdisciplinarias “La evolución de la Ciencia en el Siglo XXI”. Conferencia Inaugural: Limits to taxation, *Dr. Juan Francisco Corona*. Bloque Ciencias Humanas y Sociales: La crisi della democrazia rappresentativa, *Dra. Paola Bilancia*. El reto de mejorar la información financiera de las empresas, *Dr. Frederic Borràs*. Financial reporting and auditing

in a global environment, *Dr. José María Bové*. La emergencia de las ciudades en la nueva sociedad internacional: ¿Hacia la ciudad estado?, *Dr. Santiago José Castellà*. Déficit, deuda e ilusión financiera, *Dr. Juan Francisco Corona*. Europa en la encrucijada, *Dra. Teresa Freixes*. Empresa familiar: Incrementar su supervivencia, *Dr. Miguel Ángel Gallo*. Algunas consideraciones críticas acerca del retractor de créditos litigiosos y el derecho a la vivienda, *Dr. Alfonso Hernández-Moreno*. El cambio climático y su comunicación: factores determinantes para su comprensión, *Dra. Cecilia Kindelán*. Comentarios sobre la empresa partiendo de los conceptos de rentabilidad y productividad, *Dr. Jordi Martí*. Academic contributions in Asian tourism research: A bibliometric analysis, *Dr. Onofre Martorell*, *Dr. Marco Antonio Robledo*, *Dr. Luis Alberto Otero* *Dra. Milagros Vivel*. El Fondo de Comercio Interno registrado como una innovación en la Contabilidad, *Dr. Agustín Moreno*. Laicidad y tolerancia: vigencia de Voltaire en la Europa de hoy, *Dr. Joan-Francesc Pont*. La toma de decisiones empresariales inciertas mediante el uso de técnicas cualitativas, *Dr. Alejandro Pursals*. Presente y futuro de la Unión Europea: El papel de la educación y la universidad, *Dr. José Regidor*. El derecho y la legislación proactiva: nuevas perspectivas en la ciencia jurídica, *Dr. Jaime Rodrigo*. Assess the relative advantages and disadvantages of absorption costing and activity based costing as alternative costing methods used to assess product costs, *Alba Rocafort*. Instrumentos para la creación de empleo: Las cooperativas de trabajo, *Dr. José Luis Salido*. Acotaciones a la cultura de la edad moderna occidental, *Dr. Enrique Tierno*. Bloque Ciencias de la Salud: ¿Cómo debemos enfocar el tratamiento mediante implantes dentales?, *Dr. Carlos Aparicio*. Estilos de vida y cáncer. Situación Actual, *Dr. Albert Biete*. Alzheimer, síndrome de Down e inflamación, *Dr. Rafael Blesa*, *Dra. Paula Moral Rubio*. Foodborne viruses, *Dr. Albert Bosch*, *Dra. Susana Guix i Dra. Rosa M. Pintó*. Resistencias a los antimicrobianos y alimentación animal, *Dra. M. Àngels Calvo*, *Dr. Esteban Leandro Arosemena*. Tabaco o Salud: Los niños no eligen, *Dr. José Ramón Calvo*. La enfermedad calculosa urinaria: situación actual de los nuevos paradigmas terapéuticos, *Dr. Joaquim Gironella*. La organización hospitalaria, factor de eficiencia, *Dr. Francisco Javier Llovera*, *Dr. Lluís Asmarats*, *Javier Soriano*. Esperanza de vida, longevidad y función cerebral, *Dr. José Regidor*. Nueva metodología para el tratamiento del TDAH mediante el ejercicio físico, *Dra. Zaira Santana*, *Dr. José Ramón Calvo*. Conferencia de clausura: La Bioingeniería en el tratamiento de la sordera profunda, *Dr. Pedro*

Clarós. Conferencia especial: Agustín de Betancourt. Un ingeniero genial de los siglos XVIII y XIX entre España y Rusia, *Dr. Xabier Añoveros Trias de Bes*. Entrevista: *Dr. Xabier Añoveros Trias de Bes*. Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica ISSN 2385-345X. Depósito Legal: B 12510 – 2014. Págs. 560.

REVISTA 17 - Número 4/2017

Debate: Centenario de un Premio Nobel: Camilo José Cela, *Dr. Xabier Añoveros Trias de Bes*, *Julio Pérez Cela* y *Adolfo Sotelo Vázquez*. Debate: Nociones del infinito, Presentación: *Dr. Daniel Turbón Borrega*. Ponencias: Les nocions d'infinit en matemàtiques, *Dra. Pilar Bayer Isant*. El infinito en cosmología, *Dr. David Jou Mirabent*. ¿Podemos entender lo infinito, si somos finitos, *Antoni Prevosti Monclús?*. La teología ante el infinito, *Dr. Josep-Ignasi Saranyana Closa*. Une nouvelle vision pour l'Europe: engagement citoyen et volonté humaniste, *Dra. Ina Piperaki*. Artículos: Homenaje a la universidad de Salamanca en sus 800 años de existencia (1218-2018), *Dr. Ángel Aguirre Baztán*. Aproximación al concepto de minoría para su protección jurídica internacional: criterios de clasificación, *Dr. Santiago José Castellà*. Ortotoxicidad medicamentosa, *Dr. Pedro Clarós*, *Dra. M. Àngels Calvo* y *Dra. Ana María Carmona*. Regeneración de las células ciliadas del oído interno mediante la terapia génica con CGF 166, *Dr. Pedro Clarós*, *Dra. Maria Àngels Calvo* y *Dra. Ana María Carmona*. Influencia de las hormonas sexuales en la voz de las cantantes de ópera, *Dr. Pedro Clarós* y *Dr. Francisco López-Muñoz*. Nanotecnología frente al cáncer, *Inés Guix Sauquet* y *Dr. Ferran Guedea Edo*. El derecho y la legislación proactiva: nuevas perspectivas en la ciencia jurídica, *Dr. Jaime Rodrigo*. Ingresos de Académicos: Delicte fiscal i procés penal: crònica d'un mal encaix, *Dr. Joan Iglesias Capellas*. La conquista del fondo de ojo, *Dr. Borja Corcóstegui*. Laïcitat i laïcisme en l'occident europeu, *Cardenal Lluís Martínez Sistach*. Lo disruptivo y el futuro: tecnología y sociedad en el siglo XXI, *Dr. Luis Pons Puiggrós*. La influencia del derecho español en México, *Dr. Jesús Gerardo Sotomayor*. Barcelona, galería urbana, *Dr. Juan Trias de Bes*. Entrevista: *Dr. Ramón Cugat*. Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica ISSN: 2385-345X, Depósito Legal: B 12510 - 2014. Págs. 316

REVISTA 18 - Monográfico Núm. 4

Ponencias Roma 2018. Marketing Cuántico, un paradigma de marketing para dar un salto en la comprensión y gestión de los clientes como partículas humanas, actoras fundamentales en el mercado, *Dr. Alet Vilagínés, Josep, Académico Correspondiente electo de la RAED.* Los Papas, el Vaticano en su aspecto artístico y sus archivos Secretos, *Dr. Añoveros Trias de Bes, Xabier, Académico Numerario y Vicepresidente de la RAED.* La ética en un mundo glocal, *Dra. Arteaga Serrano, Rosalía, Académica de Honor de la RAED.* Impactos y vulnerabilidad en la Península Ibérica frente al actual cambio climático, *Dr. Baldasano Recio, José M^a Académico Numerario electo de la RAED.* Joan Abelló, un artista aventurero, *Sr. Bentz Oliver, José Félix, Presidente del Reial Cercle Artístic de Barcelona.* Nuevas bases para la auditoría del futuro, *Dr. Borrás Pàmies, Frederic, Académico Correspondiente de la RAED.* Sistemas Federales, *Dr. Bové Montero, José M^a, Académico Numerario de la RAED.* De Oliver Twist al Premio Nobel, *Dr. Calvo Fernández, José Ramón, Académico Numerario y Presidente del Instituto de Cooperación Internacional de la RAED.* Impacto de la contaminación microbiológica ambiental en la salud respiratoria: casos prácticos, *Dra. Calvo Torras, M. Àngels Académica Numeraria y Vicepresidenta de la RAED.* El Origen de la voz en el hombre: ¿Desde cuándo, ¿cómo y por qué el hombre habla? *Dr. Clarós, Pedro, Académico Numerario y Vicepresidente de la RAED.* La resurrección de la Ruta de la Seda, *Dr. Corona Ramón, Joan Francesc, Académico Numerario de la RAED.*

La donación de órganos en España. Una labor bien hecha, *Dr. García-Valdecasas, Juan Carlos, Académico Numerario de la RAED.* Fotonucleación de la glándula prostática obstructiva con Láser Tulio (ThULEP), *Dr. Gironella Coll, Joaquim, Académico Numerario de la RAED.* Cambio Climático: desinformación y silencio mediático, *Dra. Kindelan Amorrich, Cecilia, Miembro del Instituto de Cooperación Internacional de la RAED.* Del adulterio y amancebamiento a las parejas de hecho, *Dr. Lecumberri Martí, Enrique, Académico de Honor de la RAED.* Lectura de la información Empresarial: De auditores a Blockchain, *Dr. Martí Pidelaserra, Jordi, Académico Numerario y Tesorero de la RAED.* Isaac Peral, un héroe traicionado por la mediocridad de los políticos, *Sr. Murrillo Rosado, Manuel*

Director de Comunicación de la RAED. Justificación ética y científica de los ensayos clínicos en pediatría, *Dra. Peiré García, M^a Asunción, Académica Correspondiente de la RAED.* Erasmo de Rotterdam: el helénismo constructor de una Europa humanista, *Dr. Pont Clemente, Joan*

Francesc Académico Numerario y Miembro de la Junta de Gobierno de la RAED. De Corruptione, Dr. Tierno Pérez-Relaño, Enrique, Académico Numerario de la RAED. Artículos Premios Nobel Académicos de Honor de la RAED. LIGO and the detection of gravitational waves, Listening to Space with LIGO, Dr. Barrish, Barry C., Premio Nobel de Física 2017 y Académico de Honor de la RAED. Proteolysis: from the lysosome to ubiquitin and the proteasome .., The ubiquitin-proteasome pathway: on protein death and cell life, Dr. Ciechanover, Aaron, Premio Nobel de Química 2004 y Académico de Honor de la RAED. Are we really made of Quarks?, Dr. Friedman, Jerome Isaac Premio Nobel de Física 1990 y Académico de Honor de la RAED. CIESLAG 2º Concurso Tesis Doctorales Méjico 2018 – Abstracts. La generación Z: Formas generales de comportamiento, intereses, opiniones y actitudes durante la vida, Dr. Del Bosque, Tomás Francisco, Premio a la mejor Tesis Doctoral - Área de Humanidades y Ciencias de la Conducta. Asociación de los polimorfismos -308 G/A del gen TNF- α , Pro12Ala del PPAR-gamma y Trp64arg del gen ADR β 3 con el desarrollo de perfil lipídico aterogénico en sujetos VIH+ con TAR, Dr. Román Gámez, Ramón, Premio a la mejor Tesis Doctoral - Área de Medicina y Ciencias de la Salud. Medición del capital intelectual: propuesta de un modelo de indicadores en instituciones de educación superior del subsistema de universidades tecnológicas y politécnicas, Dr. Heredia Martínez, Ramón Accésit nº 2 - Área de Ciencias Sociales. Economía y Administración Gestión integral de mantenimiento basado en el modo de falla de los procesos críticos y la familia de puestos estratégicos que mejora los rendimientos en la industria textil en México, Dr. Vaquera Hernández, Joel, Accésit nº 1 - Área de Ciencias Sociales, Economía y Administración Publicaciones. Edición impresa ISSN: 2339-997X, Edición electrónica ISSN: 2385-345X Depósito Legal: B 12510 – 2014. Págs. 650.





JOSÉ M^a GAY DE LIÉBANA SALUDAS es Doctor en Ciencias Económicas y Doctor en Derecho, así como Profesor Titular de Economía Financiera y Contabilidad en la Universidad de Barcelona.

Perito y Profesor Mercantil, Diplomado en Ciencias Empresariales, está en posesión de los títulos de Licenciado en Economía, Licenciado en Derecho y Licenciado en Administración y Dirección de Empresas. Censor Jurado de Cuentas y Auditor, Diplomado en Estudios de Dirección Económico-Financiera por ESADE, Master en Negocios Internacionales y MBA.

Premio de Economía 2012 de la Asociación de Corresponsales de Prensa Extranjera.

Está colegiado como Economista, Abogado y Profesor Mercantil. Pertenece a la Asociación Española de Asesores Fiscales (AEDAF), al Colegio de Censores Jurados de Cuentas de Cataluña y al Instituto de España.

Es Miembro de Honor de la Asociación Profesional de Asesores Fiscales de la Comunidad Valenciana, de la Asociación Profesional de Técnicos Tributarios de Cataluña y Baleares, y de la Asociación Profesional de Técnicos Tributarios y Asesores Fiscales de Andalucía.

Es vocal de la Comisión de Principios Contables de la Asociación Española de Contabilidad y Administración (AECA) y miembro del Consejo Asesor de la Asociación Catalana de Contabilidad y Administración (ACCID). Asimismo, es vocal de la Junta Directiva de la Associació de Professors i Investigadors Universitaris de Catalunya (APIUC).

“Un virus ineficiente mata a su huésped. Un virus inteligente se queda con él”

James E. Lovelock

1914 - 2019

Colección Real Academia Europea de Doctores



**Generalitat
de Catalunya**

