



**FORESTALES**  
Una ingeniería para la vida



**MADRID**



# BOSQUES Y CAMBIO CLIMÁTICO

Madrid, 10 de diciembre de 2019

**Alvaro Enríquez de Salamanca**

*Draba Ingeniería y Consultoría Medioambiental SL*

*Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales*

*Universidad Complutense de Madrid*

*Universidad Nacional de Educación a Distancia*



Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros  
Técnicos Forestales y Graduados en  
Ingeniería Forestal y del Medio Natural



**draba**  
Ingeniería y Consultoría  
Medioambiental, S.L.



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

**UNED**

# ¿Qué es el clima?

El **tiempo** es el estado de la atmósfera en un momento dado.

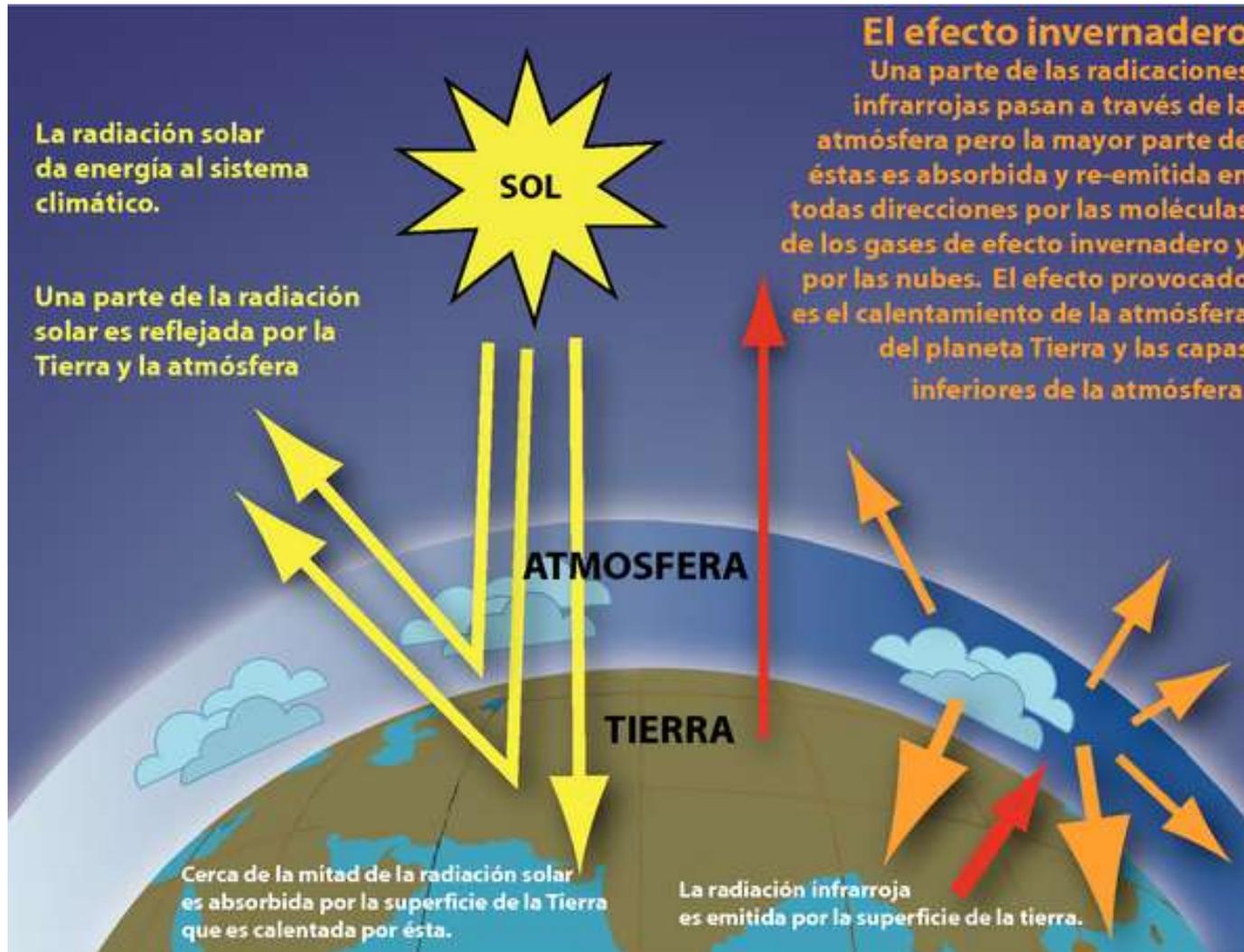
El **clima** es el estado normal o medio de la atmósfera a lo largo de un periodo de tiempo suficientemente representativo; es la estadística del tiempo atmosférico.

La diferencia entre tiempo y clima es temporal. Cuando hablamos de cambio climático, hablamos de cambios estadísticamente representativos y a lo largo del tiempo, no de sucesos meteorológicos aislados.

El clima está definido por un **sistema climático**, en el que participa la atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera; cualquier alteración de estos elementos puede alterar a su vez el clima.

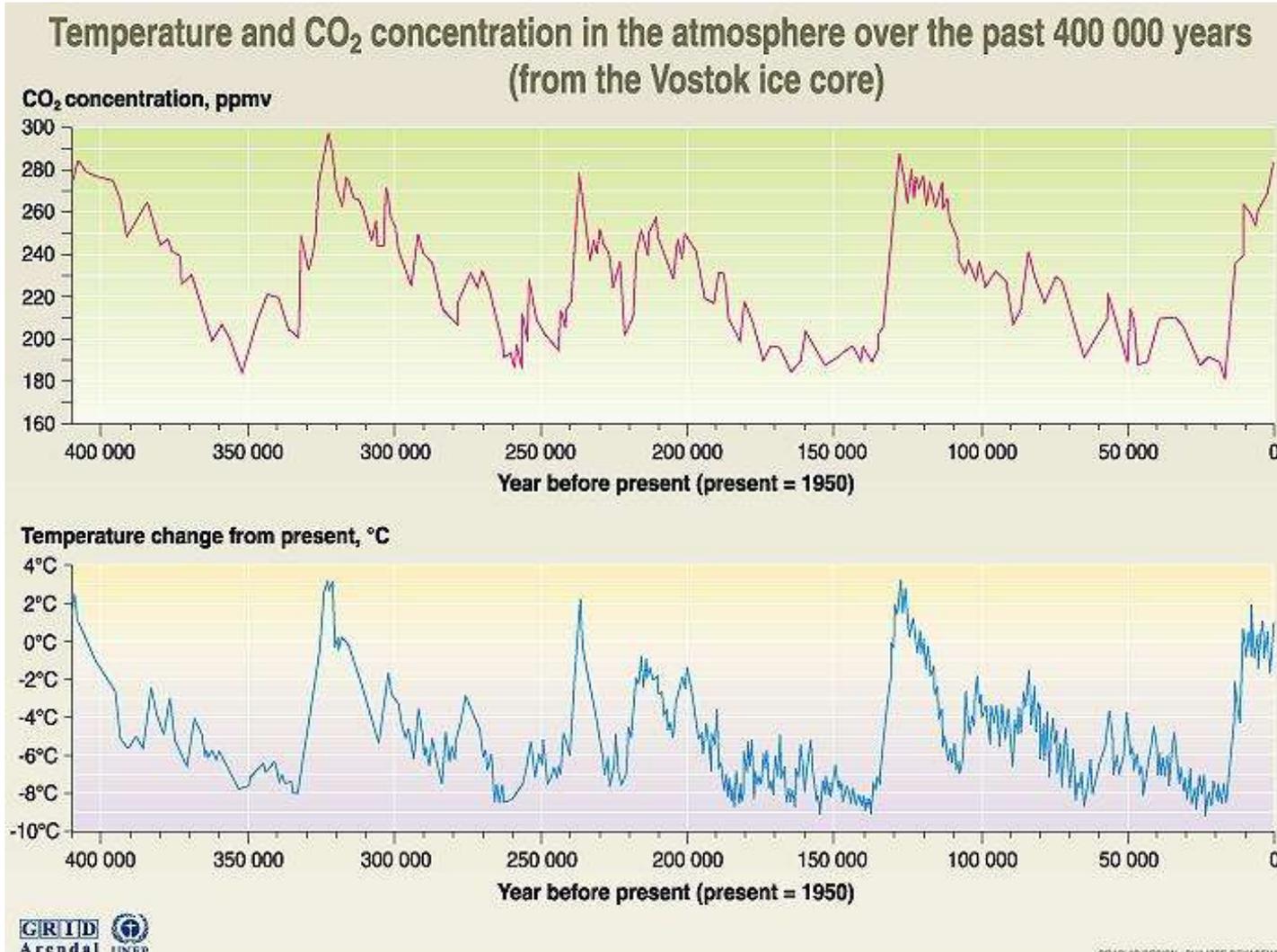


# Efecto invernadero natural





# Relación entre CO<sub>2</sub> y temperatura





# Efecto invernadero antropogénico

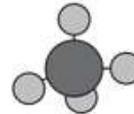
## CO2 carbon dioxide

Mainly from energy  
Also cement making  
& deforestation



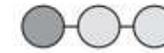
## CH4 methane

Mainly from livestock  
and rice paddies

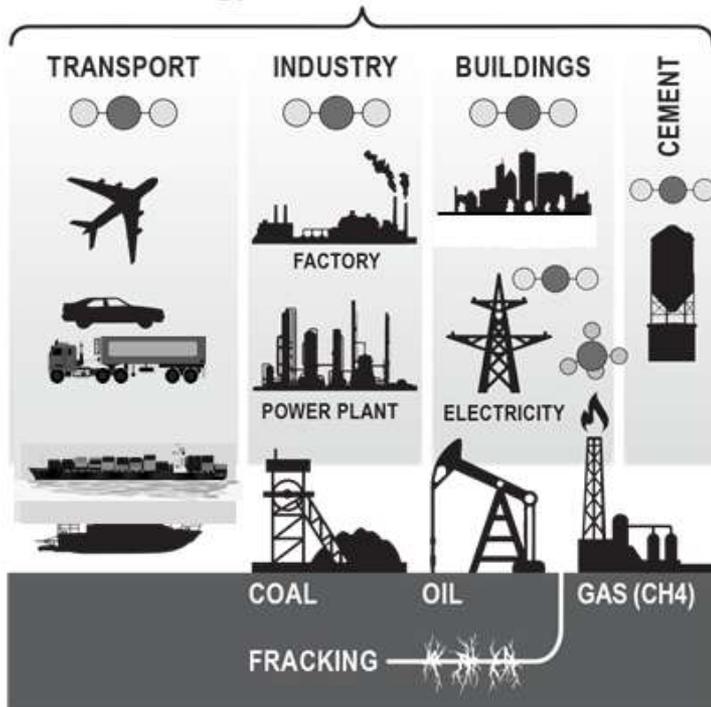


## N2O nitrous oxide

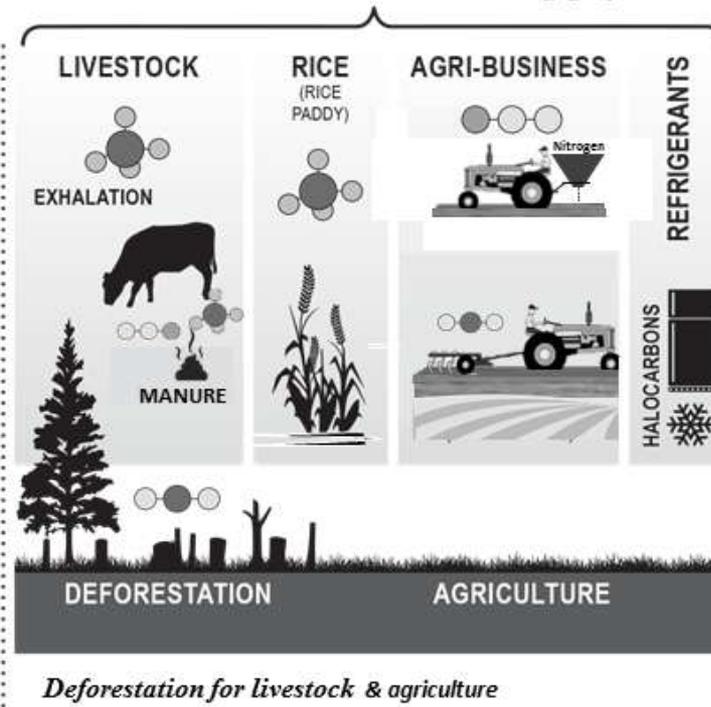
Mainly from nitrogen chemical fertilizer  
Also livestock waste



### Energy Production & Use



### Food Production & Supply





# Efecto invernadero antropogénico



# Gases de efecto invernadero (GEI)

Las concentraciones actuales de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  sobrepasan los valores preindustriales hallados en testigos de hielo polar de hace 650.000 años. Pruebas múltiples confirman que el aumento posindustrial de estos gases no proviene de procesos naturales.

Cada GEI tiene un potencial de calentamiento (GWP). Para los tres principales, más estables y asociados a emisiones antropogénicas son:

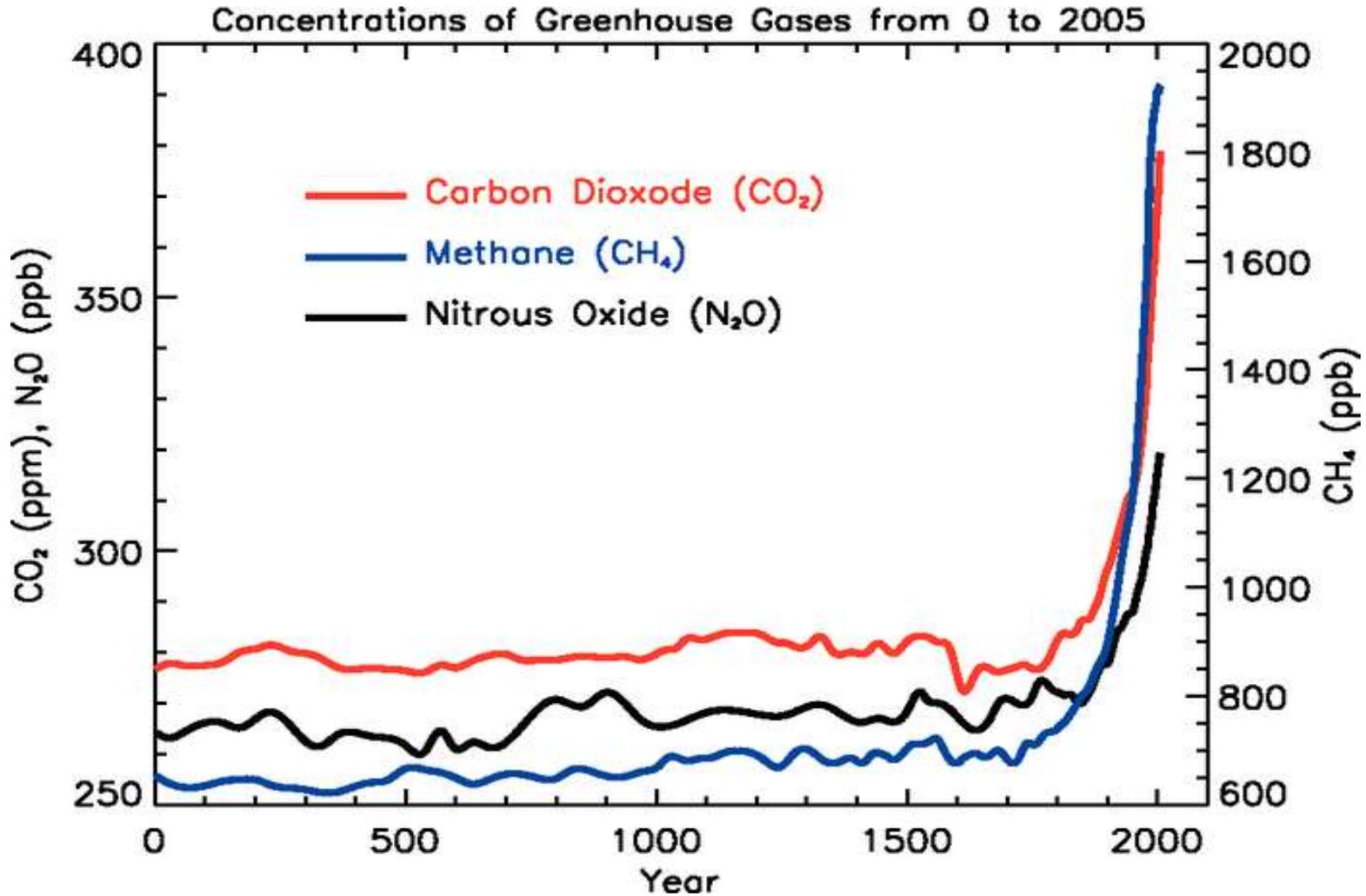
$\text{CO}_2$	1
$\text{CH}_4$	28
$\text{N}_2\text{O}$	265

***El Quinto Informe del IPCC  
(AR5) recoge casi 90 GEI***

Para utilizar unidades homogéneas las emisiones se transforman a su equivalente en  $\text{CO}_2$ , el GEI más abundante ( $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ ).

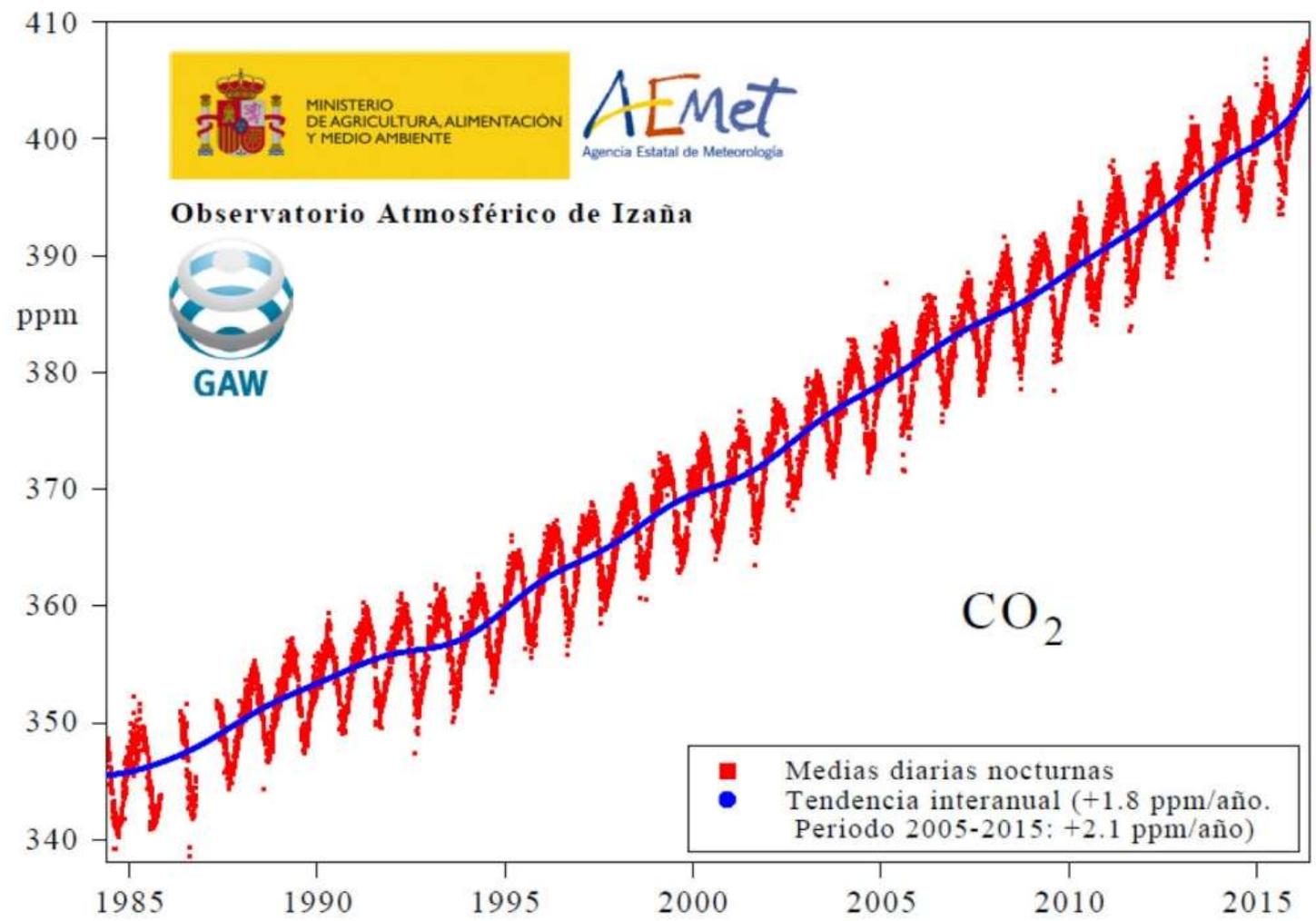


# Variación en la concentración de GEI





# Variación en la concentración de GEI



Fuente: AEMET (2019). Análisis de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera basada en observaciones hasta el final de 2015.



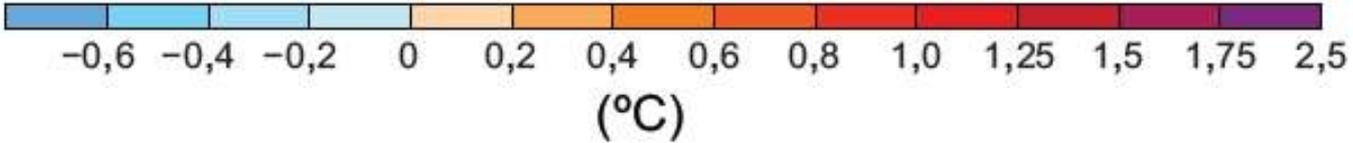
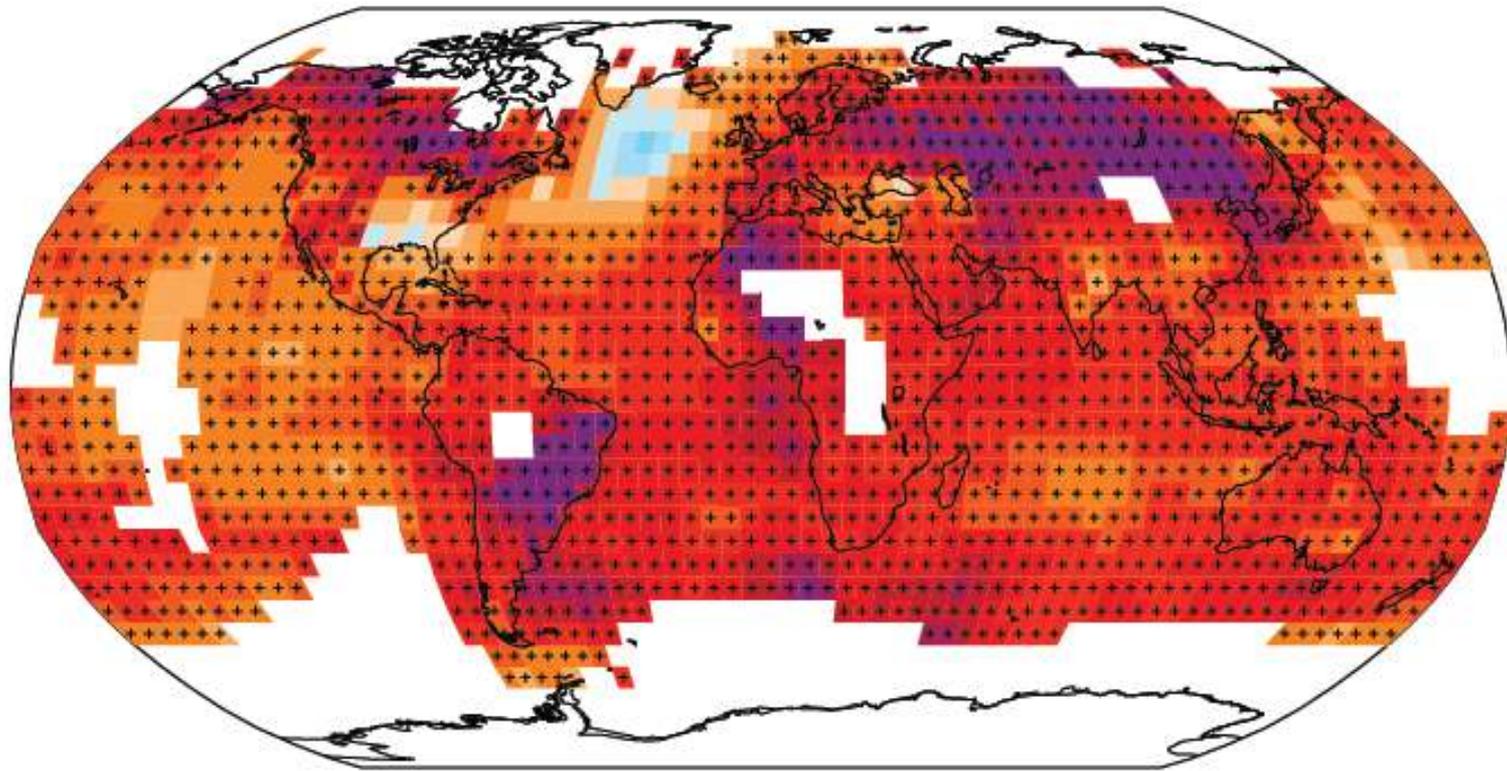
# Calentamiento, cambio climático y cambio global

La principal causa antrópica que contribuye al **cambio climático** es la emisión de GEI, seguida de la **destrucción de sumideros de carbono** (bosques); elevan la concentración atmosférica de GEI exacerbando el efecto invernadero natural y produciendo un **calentamiento**. Hay otros factores de menor importancia. **No existe ninguna evidencia científica de la influencia solar ni de volcanes.**

No solo varía la temperatura, **se altera el funcionamiento del sistema climático** aumentando su irregularidad, se produce un deshielo del ártico, glaciares y permafrost, se alteran corrientes marinas, se acidifica el mar (blanqueo de corales), varía su salinidad, sube el nivel del mar, aumenta la frecuencia e intensidad de huracanes y de sequías, el deshielo altera el albedo (% radiación reflejada)... Es un **cambio global**.

# Efectos del aumento de concentración de GEI

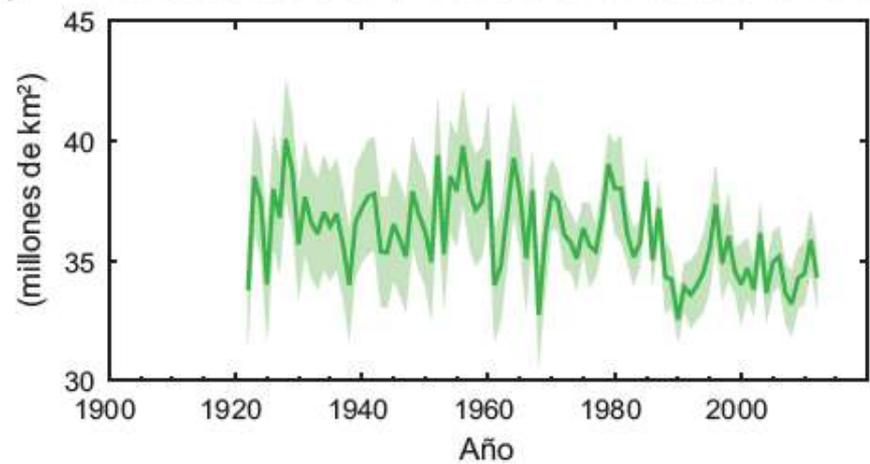
Cambio observado en la temperatura en superficie, 1901-2012



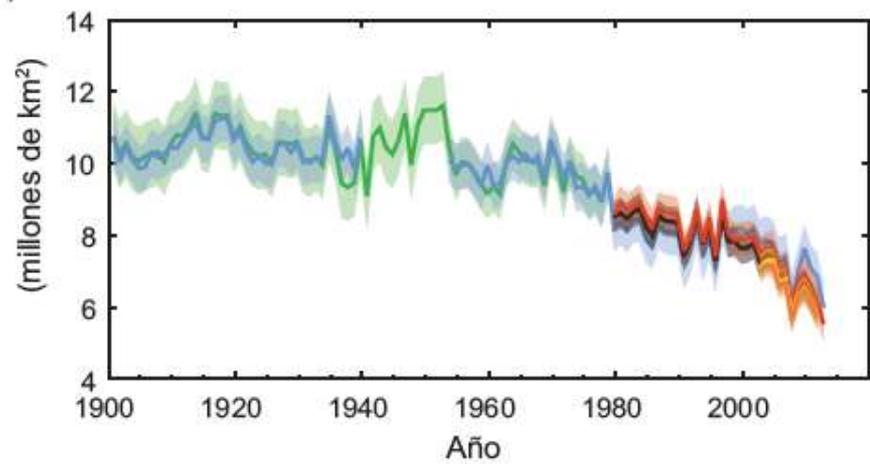
Fuente: IPCC (2013). Cambio climático 2013. Quinto Informe de Evaluación. Base físicas.

# Efectos del aumento de concentración de GEI

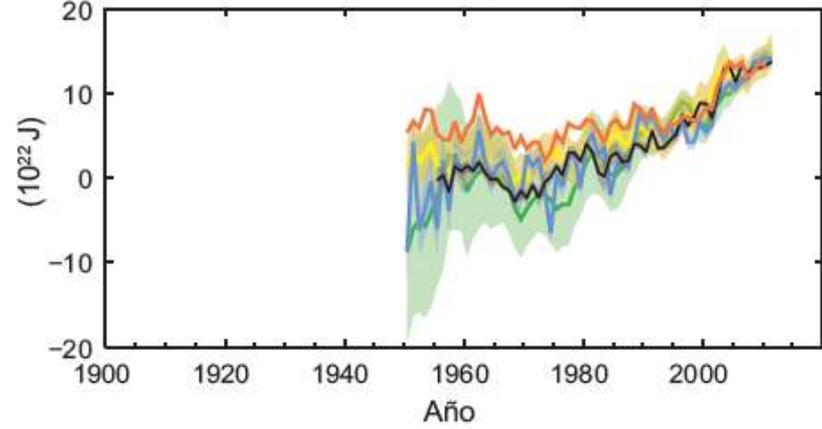
a) Manto de nieve en primavera en el hemisferio norte



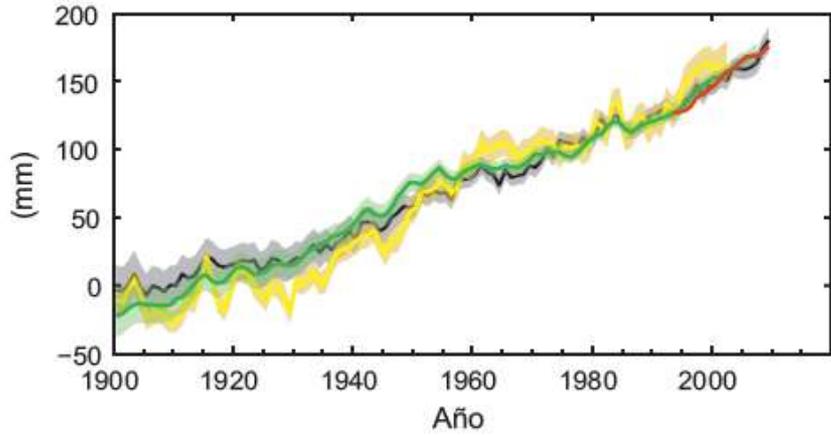
b) Extensión del hielo marino en verano en el Ártico



c) Cambio en el contenido calorífico medio global de las capas superiores del océano



d) Cambio de nivel medio global del mar



Fuente: IPCC (2013). Cambio climático 2013. Quinto Informe de Evaluación. Base físicas.

# Escenarios climáticos

Son estimaciones de los posibles rasgos futuros del clima.

Sirven como referencia para elaborar estudios de impacto y vulnerabilidad y valorar las necesidades de adaptación.

El IPCC define cuatro escenarios o Sendas Representativas de Concentración (RCP) para el año 2100 en función del forzamiento radiativo y concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

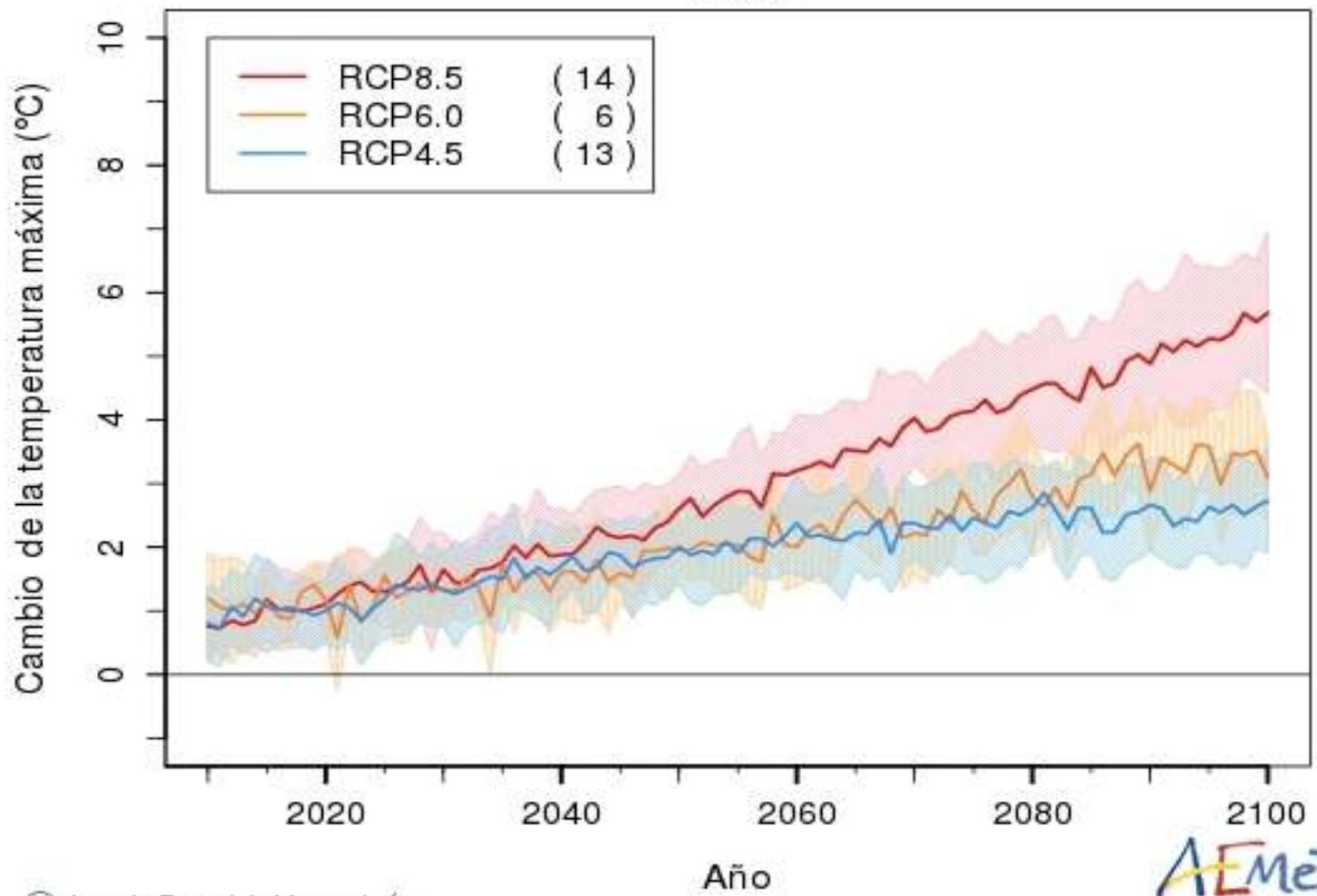
*Ya estamos aquí*

	FR	Tendencia del FR	[CO <sub>2</sub> ] en 2100	Variación de la temperatura			
				2046-2065		2081-2100	
				Media	Rango Probable	Media	Rango Probable
<b>RCP2.6</b>	2,6 W/m <sup>2</sup>	decreciente en 2100	421 ppm	1.0	0.4 - 1.6	1.0	0.3 - 1.7
<b>RCP4.5</b>	4,5 W/m <sup>2</sup>	estable en 2100	538 ppm	1.4	0.9 - 2.0	1.8	1.1 - 2.6
<b>RCP6.0</b>	6,0 W/m <sup>2</sup>	creciente	670 ppm	1.3	0.8 - 1.8	2.2	1.4 - 3.1
<b>RCP8.5</b>	8,5 W/m <sup>2</sup>	creciente	936 ppm	2.0	1.4 - 2.6	3.7	2.6 - 4.8

Fuentes: AEMET (2019). Generación de escenarios regionalizados de cambio climático. Agencia Estatal de Meteorología; OECC (2013). Cambio climático: bases físicas. Guía resumida del quinto informe de evaluación del IPCC grupo de trabajo I. Oficina Española de Cambio Climático.

# Escenarios climáticos

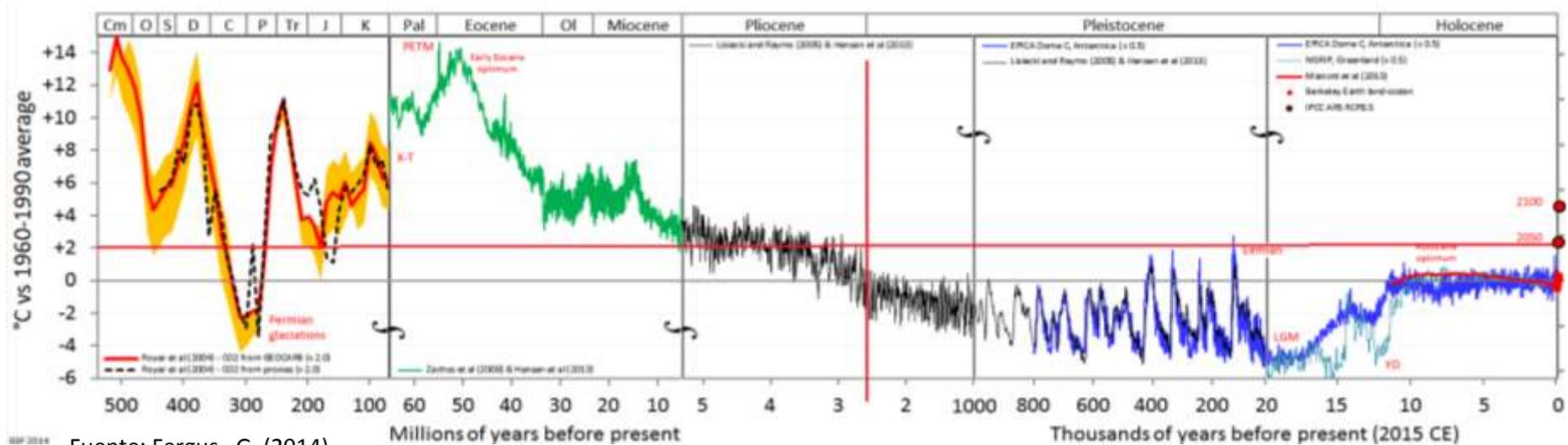
ESPAÑA PENINSULAR  
ANUAL



# ¿Por qué 1,5 o 2 °C?

Los acuerdos de la COP21 de París buscan evitar un incremento de la temperatura media global superior a 2 °C respecto a los niveles preindustriales (1750) y procurar que el calentamiento global no supere los 1,5 °C.

La gráfica muestra las anomalías de temperaturas a lo largo de la historia de la Tierra con respecto a la media de 1960-90. Durante el Holoceno (últimos 12.000 años) las anomalías han sido menores de 1 °C. En todo el Cuaternario (2,6 millones de años) la temperatura prácticamente no ha superado 2 °C (si se ha enfriado más).



Fuente: Fergus, G. (2014)

# ¿Que impactos tiene el cambio climático?

## En la región mediterránea

Reducción	Incremento
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Caudales anuales de los ríos</li> <li>❖ Número de días de nieve</li> <li>❖ Cosechas agrícolas</li> <li>❖ Potencial hidroeléctrico</li> <li>❖ Turismo de verano y de nieve</li> <li>❖ Zonas aptas para cultivo / bosques</li> <li>❖ Costes de mantenimiento invernal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Irregularidad de precipitaciones / nieve</li> <li>❖ Riesgo de pérdida de biodiversidad</li> <li>❖ Riesgo de desertificación</li> <li>❖ Demanda de agua en agricultura</li> <li>❖ Riesgo de incendios forestales</li> <li>❖ Olas de calor y mortalidad asociada</li> <li>❖ Expansión de vectores de enfermedades</li> <li>❖ Posible incremento turismo fuera verano</li> <li>❖ Costes de mantenimiento infraestructuras</li> <li>❖ Consumo de energía en refrigeración</li> </ul>

# ¿Hay diversidad de opiniones entre los científicos sobre el cambio climático?

**La respuesta es NO.** La inmensa mayoría de la comunidad científica internacional coincide en la rotundidad de las evidencias científicas sobre el cambio climático. Quienes lo niegan son una abrumadora minoría.

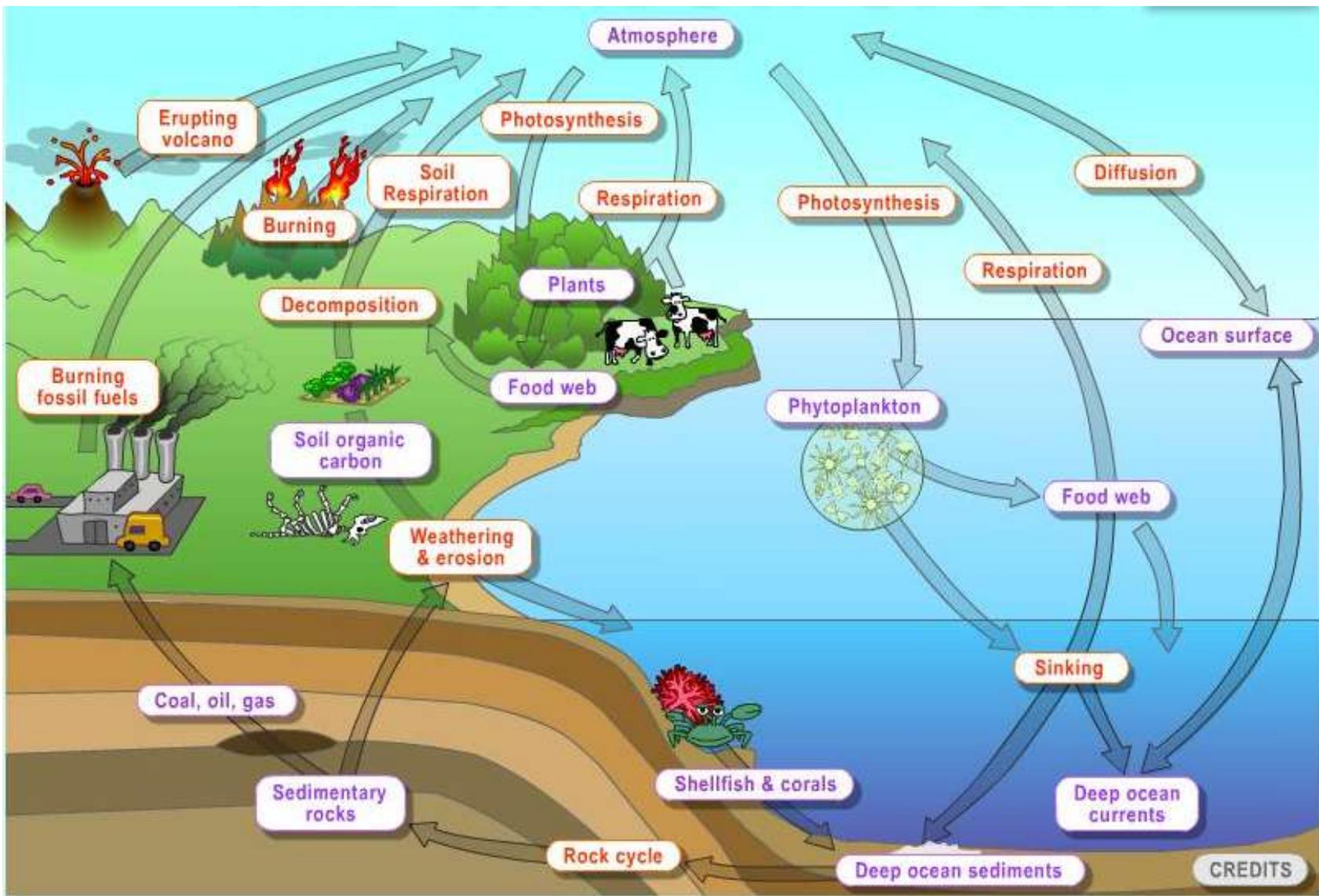
Como exponía recientemente el profesor Fairén: *la ciencia solo presenta evidencia, no la califica. Los hechos no son de izquierdas o de derechas, bonitos ni feos. Solo son hechos. Podemos aceptarla o rechazarla, pero la evidencia es implacable e incontrovertible.*

El que algunos sectores sociales o políticos, países, personas o grupos de interés no quieran aceptar la evidencia científica, no hace que deje de ser evidencia; es una opción personal o política, pero no científica.

El clima está cambiando, y va a seguir cambiando, con una intensidad que dependerá de la forma de actuar de la humanidad.

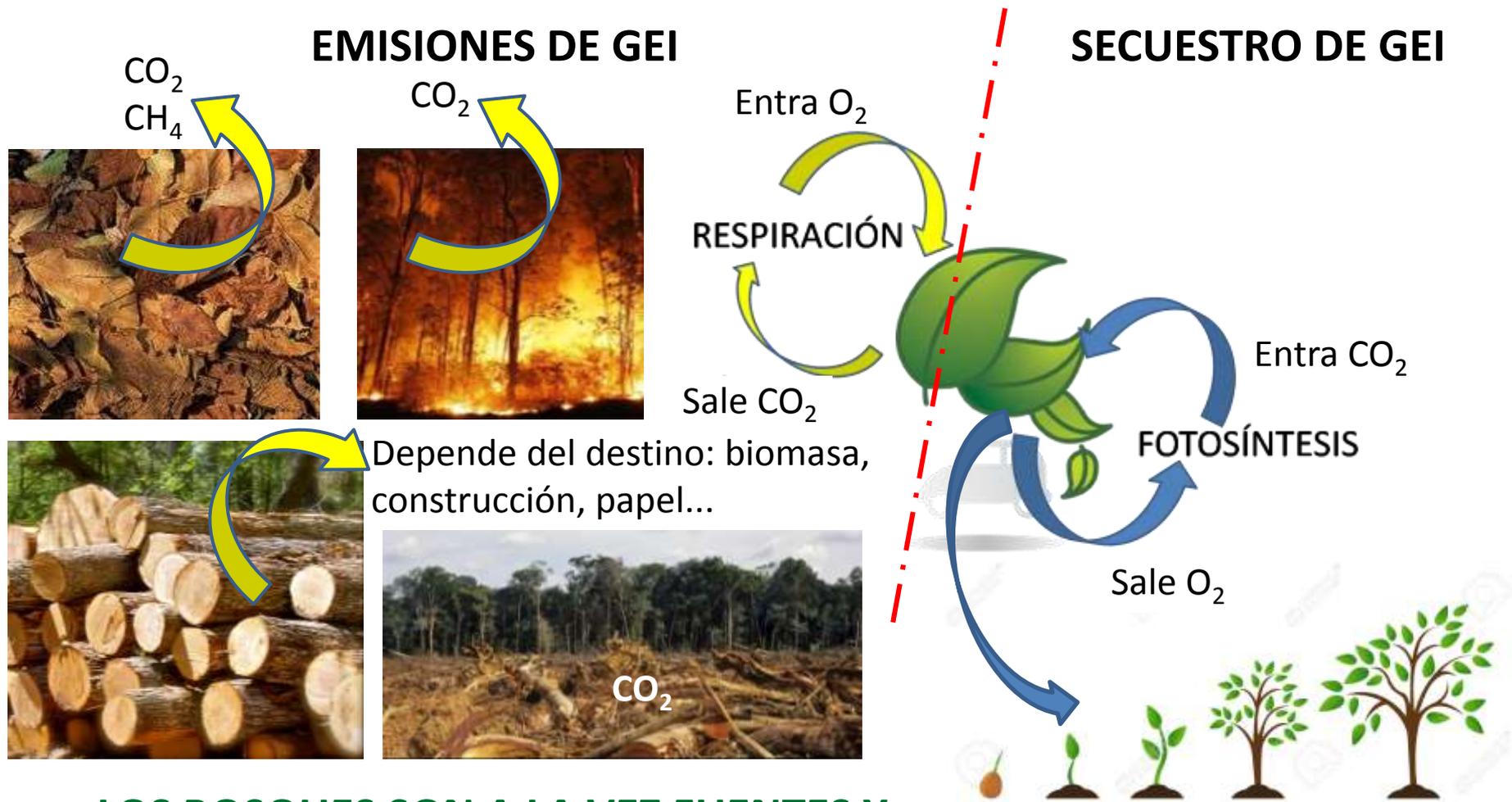


# El ciclo del carbono



CREDITS

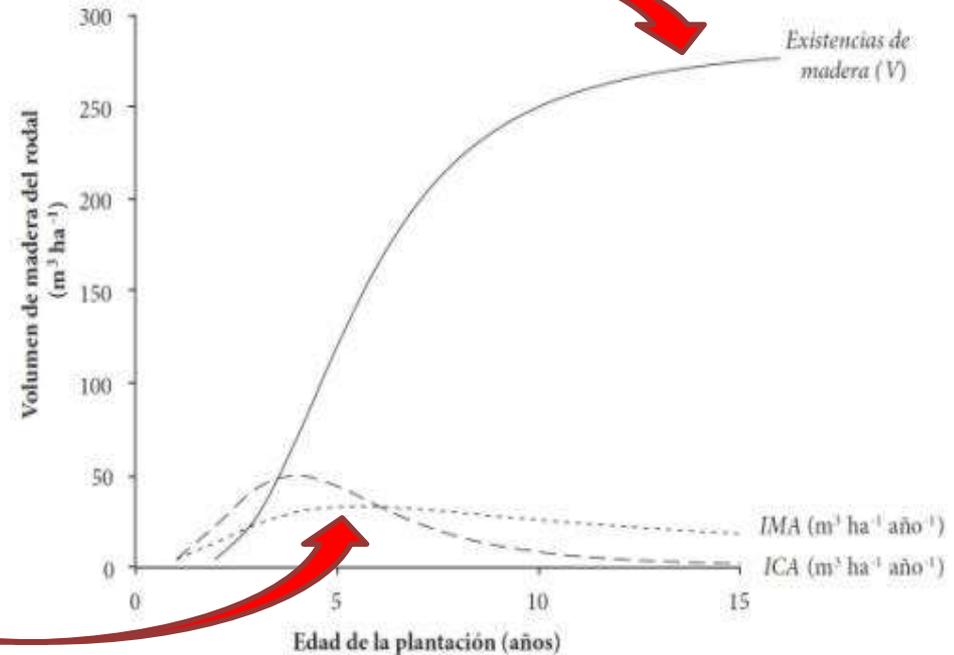
# Los bosques y el ciclo del carbono



**LOS BOSQUES SON A LA VEZ FUENTES Y SUMIDEROS. EL BALANCE DEPENDE DE COMO SE GESTIONEN**

# Stock de carbono y secuestro de carbono

- ❖ **STOCK:** Cantidad de carbono acumulado por la vegetación. La madera sigue acumulando carbono aunque no esté viva.
- ❖ **SECUESTRO:** Cantidad de carbono que absorbe la vegetación por unidad de tiempo.



Fuente: Martínez-Zurimendi et al. (2015)

- ✓ Un árbol viejo tiene mucho stock pero su secuestro puede ser moderado.
- ✓ Un árbol joven tiene poco stock pero su secuestro suele ser intenso.

# ¿Donde almacena carbono un bosque?

Los bosques almacenan carbono en la biomasa viva, tanto aérea (tallos y hojas) como subterránea (raíces), en la materia orgánica muerta y en el suelo.

Reservorio		Descripción
Biomasa viva	Biomasa sobre tierra	Toda la biomasa viva sobre el suelo, incluyendo tronco, ramas, corcho, semillas, hojas y tocones.
	Biomasa bajo tierra	Toda la biomasa de las raíces vivas. Las raíces finas de menos de 2mm de diámetro son, a menudo, excluidas por su proceso continuado de degradación-regeneración.
Materia Orgánica Muerta	Madera muerta	Toda la biomasa no viva, aparte de la hojarasca. Incluye madera sobre la superficie, raíces muertas y tocones mayores o iguales a 10 cm. de diámetro.
	Hojarasca (litter)	Incluye toda la biomasa no viva de pequeño tamaño en varios estados de descomposición, sobre el suelo mineral u orgánico.
Suelos	Materia orgánica del suelo	Incluye carbono orgánico en suelos orgánicos y minerales (incluyendo turba).

# ¿Cuanto carbono tiene un bosque?

Vegetación	Stock tC/ha	Secuestro tC/ha/año
Choperas	36,00	3,00
Matorrales	17,74	0,34
Dehesas de encina	8,22	0,10
Herbazales	0,88	0,09
Cultivos de regadío	0	2,00
Cultivos herbáceos de secano	0	1,23
Cultivos leñosos secano	21,00	0,88
Vegetación de ribera	26,00	0,50
Vegetación hidrófita degradada	3,04	0,09

Depende de su biomasa:  
especies, tamaño de árboles,  
densidad...

Hay estudios que lo cuantifican.

Fuentes: Agudo et al. (2007), Alías et al. (2009), Cruickshank et al (2000), CITAA (2008), Pardos (2010), Muñoz-Rojas et al. (2011), JCYL (2015) y Enríquez de Salamanca (2017).

Bioma	Área (10 <sup>9</sup> ha)	Vegetación	Suelo	Total
Bosques tropicales	1.76	212	216	428
Bosques templados	1.04	59	100	159
Bosques boreales	1.37	88	471	559
Sabanas tropicales	2.25	66	264	330
Herbazales templados	1.25	9	295	304
Desiertos y semidesiertos	4.55	8	191	199
Tundra	0.95	6	121	127
Humedales	0.35	15	225	240
Tierras de cultivo	1.60	3	128	131
<b>Total mundial</b>	<b>15.12</b>	<b>466</b>	<b>2011</b>	<b>2477</b>

En Gt de C  
Fuente: IPCC (2000)

# ¿Cuanto carbono secuestra un árbol?

**Con los actuales conocimientos es perfectamente cuantificable**

- El contenido de carbono en un árbol oscila entre el 47 y 52 % (porcentaje de carbono en la materia orgánica)
- Cada gramo de carbono fijado suponen 3,67 gramos de CO<sub>2</sub>
- Por tanto, como promedio por cada gramo de crecimiento un árbol fija aproximadamente 1,8 gr de CO<sub>2</sub>

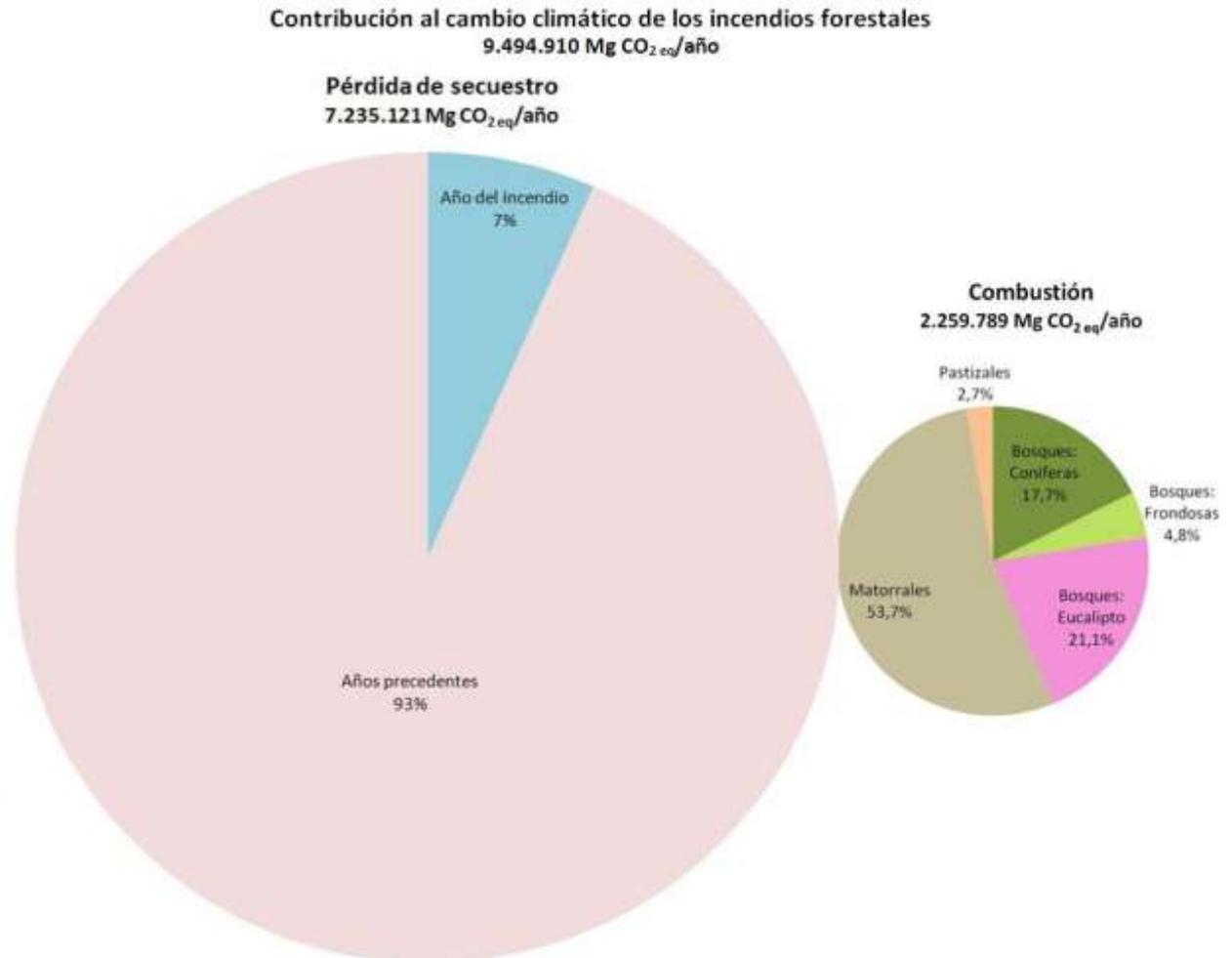
Especie	Diámetro normal con 37 años (cm)	Biomasa del árbol (kg/pie)	Contenido en carbono		CO <sub>2</sub> fijado a lo largo de 35 años		
			%	kg/pie	1 pie (kg/pie)	100 pies/ha (t/ha)	600 pies/ha (t/ha)
<i>Fraxinus angustifolia</i>	23 (2)	446,02 (5)	47,8 (5)	213,20	782,44	78,24	469,46
<i>Quercus ilex</i>	14 (3)	135,14 (5)	47,5 (5)	64,19	235,58	23,56	141,35
<i>Pinus pinaster</i>	23 (4)	166,70 (5)	51,1 (5)	85,18	312,62	31,26	187,57

# Los incendios forestales

Contribuyen al cambio climático de dos formas:

- **Emisión de GEI** en la combustión de la biomasa
- **Pérdida de secuestro** por destrucción de sumideros

El cambio climático está produciendo un aumento del riesgo de incendios en la región mediterránea.



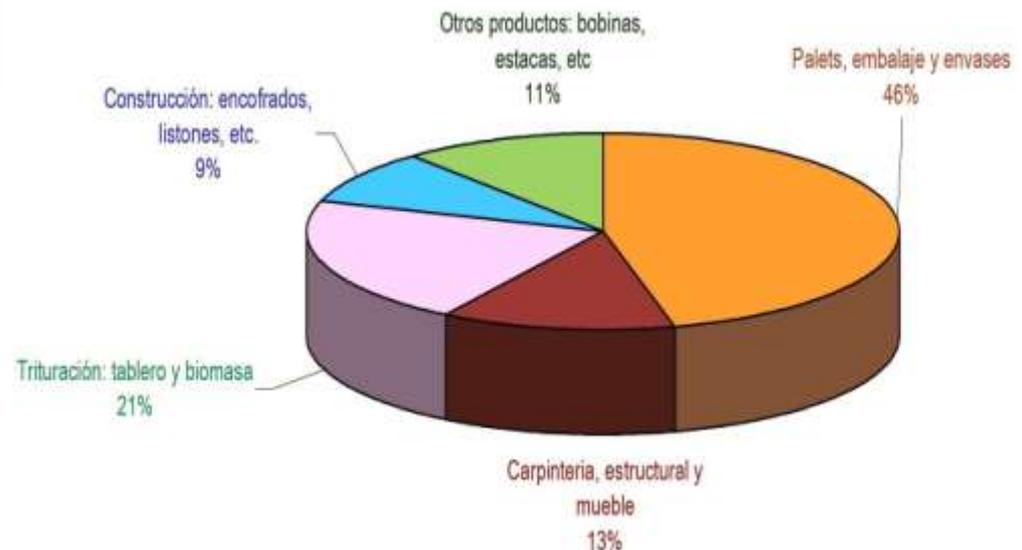
# Uso de la madera

La madera está compuesta en gran parte por carbono. Es un recurso renovable, y por tanto si se gestiona bien su uso es sostenible.

En 2017 el 69% del total de las cortas se destinó a la elaboración de pasta y tableros, mientras que el 29% se utilizó para aserrado.



*Destino de la industria del aserrío en España. (sin incluir la industria pasta y papel). Cifra de negocio (AEIM, 2014).*





# Selvicultura y gestión forestal

Medida	Influencia en el stock de carbono	Influencia en el secuestro de carbono	Influencia en otros factores
Cambio del turno de corta	En general, mayor almacenado con turnos largos	Los turnos largos reducen el crecimiento medio de la masa con la edad	Influencia en el tipo de madera obtenida
Cambio del turno de claras o podas	En general, menor almacenado a mayor frecuencia de cortas	Dependerá del crecimiento inducido	Influencia en calidad madera y crecimiento de la masa
Intensidad de cortas y claras	En general, menor almacenado a mayor intensidad de cortas	Depende de crecimiento inducido. Normal: reducción	Influencia en el crecimiento de la masa y su edad media
Cambio de densidad de la masa	En general, mayor almacenado con densidad alta, aunque pueden ser pies finos (poco volumen)	Más competencia con alta densidad: crecen en altura pero menos en diámetro	Influencia en riesgo incendio y regeneración de la masa
Desbroce de matorral, fajas y cortafuegos	Pérdida de almacén	Pérdida de vegetación con capacidad de secuestro	Reducción del riesgo de incendio y de pérdida súbita de almacén y secuestro
Retirada del ganado de zonas forestales	Aumento del almacenado a medio y largo plazo	Mejora de la regeneración y crecimiento del matorral	Mejor regeneración, mayor riesgo de incendio
Uso cinegético	Más presión en vegetación sin uso cinegético	Más presión en vegetación sin uso cinegético	Influencia positiva/negativa en la comunidad animal
Escamonda (poda de ramas muertas)	Pérdida de almacén	Sin influencia (ramas muertas)	Reducción del riesgo de incendios
Poda de ramas vivas	Pérdida de almacén	Pérdida de crecimiento en ramas bajas y mejora apical	Menor riesgo de incendios, mejor crecimiento apical
Plantaciones y siembras	Aumento del almacén, sobre todo a medio y largo plazo	Aumento del secuestro, sobre todo a medio plazo	Apoyo a la regeneración, aumento de la diversidad, aumento de la densidad
Erradicación de especies invasoras	Pérdida de almacén, al menos a corto y medio plazo	Pérdida de secuestro de invasoras; reducción de competencia a espontáneas	Evita cambios en ecosistema por la invasión biológica
Eliminación de residuos: quema	Pérdida de almacén	Sin influencia (residuo muerto)	Contribución al cambio climático por emisión CO <sub>2</sub>
Eliminación de residuos: trituración	Incorporación al suelo con cierta pérdida de carbono	Sin influencia (residuo muerto)	Mejora fertilidad de suelos; reduce emisión de CO <sub>2</sub>
Fertilización	Aumento del almacén a medio y largo plazo	Mayor crecimiento y fijación de carbono en plantaciones	Emisión N <sub>2</sub> O del fertilizante y CO <sub>2</sub> en su fabricación
Riego	Aumento del almacén a medio y largo plazo	Mayor crecimiento y fijación de carbono, mayor garantía de arraigo en plantaciones	Impactos consumo de agua (ecosistemas, biodiversidad)
Control de plagas y enfermedades	Mayor garantía de mantenimiento del almacén	Crecimiento menor con plagas o enfermedades	Reducción de mortandad o de la pérdida de vigor

Fuente: Enríquez de Salamanca Á. (2017). Mitigación del cambio climático en el sector forestal. *Foresta* 69: 34-61.

# Los bosques en el balance de GEI

## Inventario Nacional de GEI de España. Avance de emisiones de GEI para 2018

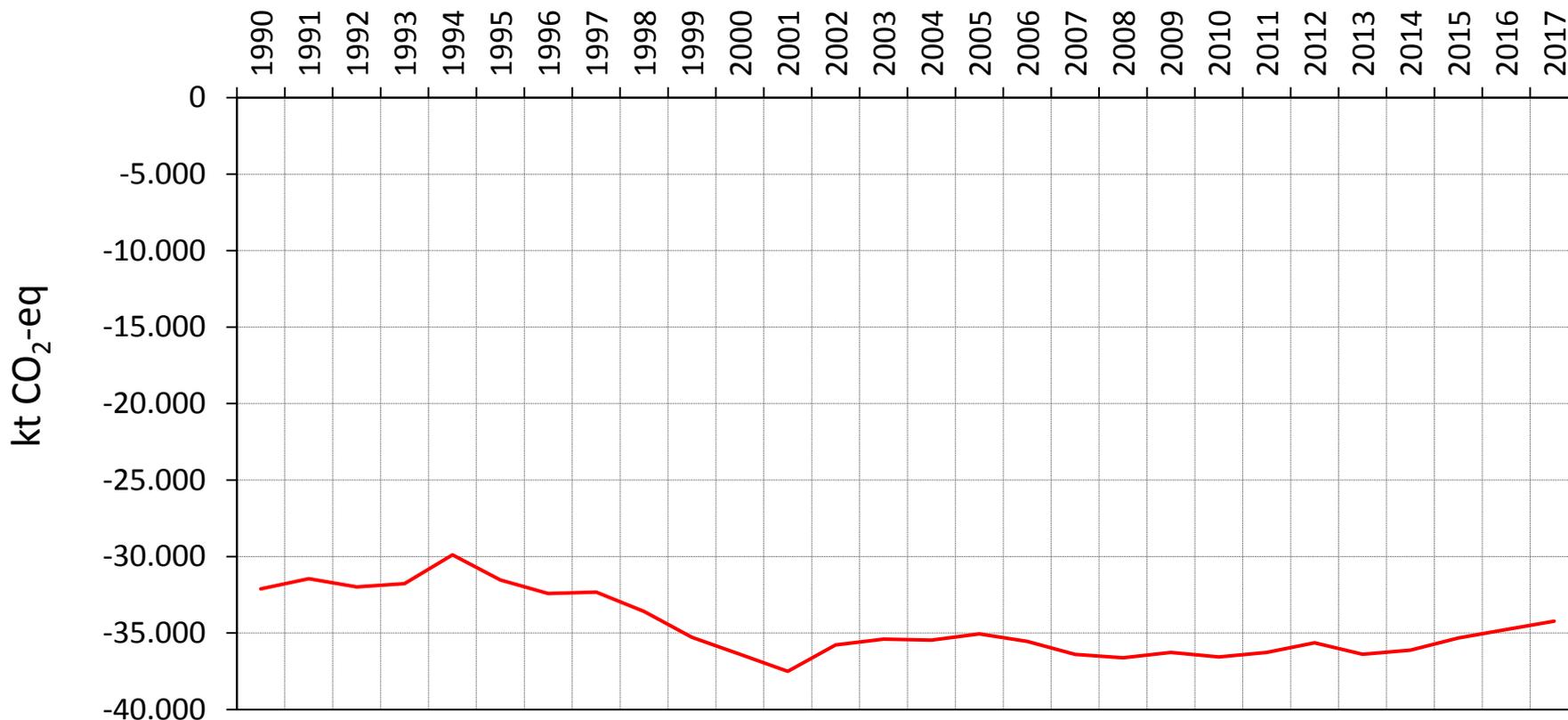
Sector	Emisiones (kt CO <sub>2</sub> -eq)
1. Energía	252.413,9
2. Procesos Industriales uso de otros productos	27.284,2
3. Agricultura	39.543,9
4. Usos de la tierra, cambios de uso y silvicultura (LULUCF)	-37.742,5
5. Residuos	13.599,9
<b>Total emisión bruta</b>	<b>332.842,0</b>
<b>Total emisión descontando el sector LULUCF</b>	<b>295.099,4</b>

# ¿Qué es LULUCF?

- Es el único sector considerado un sumidero neto: almacena más carbono del que emite (en España).
- Comprende diversos epígrafes: tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos, otras tierras, productos de madera recolectada y otros.
- **El 89 % corresponde a tierras forestales.**
- La absorción de carbono de las tierras forestales supuso en 2018 el 10 % de las emisiones brutas anuales del país.
- **Sin bosques nuestra contribución al cambio climático sería mucho mayor, y si los fomentamos, se puede reducir.**



# Absorción neta de carbono en tierras forestales





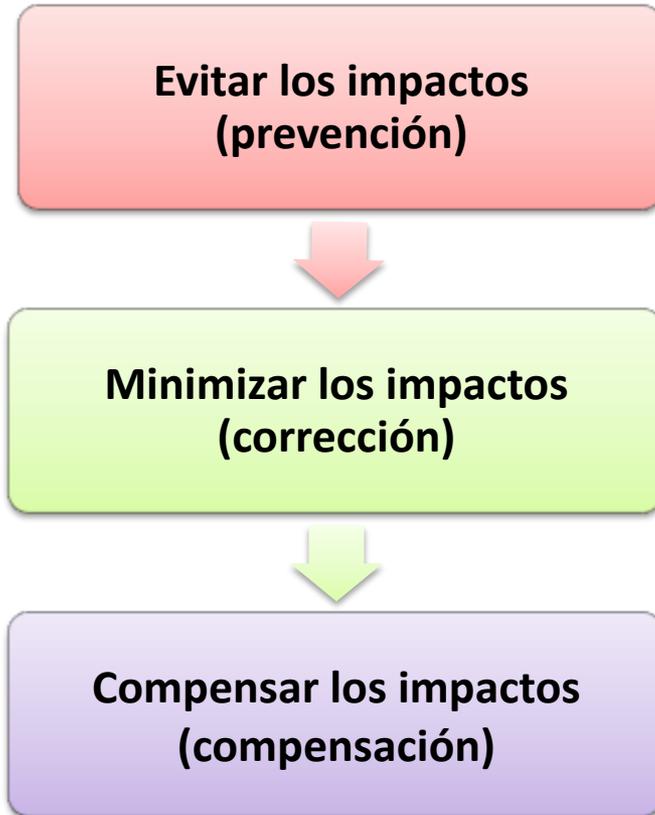
# Estrategias frente al cambio climático

El clima está cambiando, y va a seguir cambiando, con una intensidad que dependerá de los esfuerzos que se hagan. Hay que actuar en dos líneas:

- ❖ **MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO:** Evitar que se produzcan las causas que dan lugar al cambio climático, en especial el incremento de la concentración de GEI en la atmósfera.
- ❖ **ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO:** Modificar los sistemas (naturales o humanos) para que subsistan con las nuevas condiciones climáticas. En sistemas naturales la adaptación es espontánea pero requiere tiempo; si el cambio es brusco no son capaces de adaptarse, y colapsan. Los sistemas humanos carecen de respuesta espontánea.

# Mitigación del cambio climático

## Jerarquía de la mitigación



No da igual como mitigar; hay una jerarquía:

1. **MITIGACIÓN PREVENTIVA:** evitar los impactos antes de que se produzcan: evitar o reducir las emisiones de GEI o destrucción de sumideros.
2. **MITIGACIÓN CORRECTIVA:** corregir (paliar, minimizar) impactos inevitables: restaurar sumideros afectados.
3. **MITIGACIÓN COMPENSATORIA:** adoptar medidas ambientales positivas que compensen una pérdida inevitable: compensar la emisión de GEI con actuaciones que reduzcan su concentración en la atmósfera, como plantar nuevos sumideros.

# Mitigación del cambio climático en bosques

Todas las estrategias de mitigación son aplicables a los bosques:

- ❖ **PREVENCIÓN:** Evitar la destrucción de bosques (deforestación evitada). En España el riesgo más importante son los incendios forestales; en países en desarrollo hay importantes causas de deforestación.
- ❖ **CORRECCIÓN:** Si hay pérdida (como un incendio), restaurar el bosque.
- ❖ **COMPENSACIÓN:** Los bosques son una herramienta para reducir la concentración de GEI en la atmósfera, y con ello para mitigar el cambio climático, con ventajas ecológicas y paisajísticas añadidas. Pese a su importancia (10% de reducción de GEI en España), no reciben financiación por ello: mitigan el cambio climático gratis. **¿Que pasaría si valoráramos y pagáramos este servicio ambiental?**

# ¿Es viable compensar emisiones de GEI?

Para responder a esto analizamos las emisiones de GEI de todas las carreteras de la provincia de Segovia durante 45 años, y propusimos compensarlas por:

- ❖ **Agricultura de conservación:** no laborear y dejar restos en el suelo.
- ❖ **Setos arbóreos y arbustivos** entre cultivos (existían, y se destruyeron).
- ❖ **Reforestar** terrenos marginales (uso productivo nulo o muy bajo).
- ❖ **Dehesas:** uso agrícola o ganadero con arbolado (uso agroforestal).

Las emisiones del tráfico entre 2005 y 2050 serán 7.669,69 kt CO<sub>2</sub>-eq.

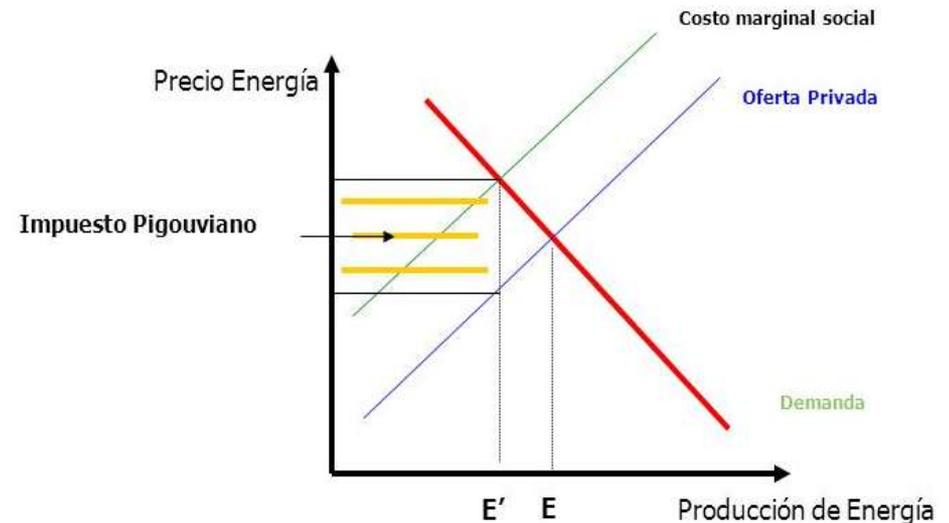
El secuestro con las medidas propuestas sería 15.690,04 kt de CO<sub>2</sub>-eq, **más del doble de las emisiones**. La eficiencia varía mucho entre medidas, pero **es viable** sin afectar a la productividad agraria.

# Externalidades e impuestos ambientales

Una **externalidad** es una situación en la que los costos o beneficios de producción o consumo de un bien o servicio no se reflejan en su precio de mercado. Son frecuentes las externalidades ambientales negativas al no considerar los costes derivados de la contaminación, o el cambio climático, por ejemplo.

Un principio básico del derecho ambiental es **quien contamina paga**, que pretende internalizar las externalidades ambientales; es un pilar en la normativa de la UE.

El economista Arthur Cecil Pigou propuso aplicar unos impuestos (**pigouvianos**) para corregir las externalidades; al alterar el precio, se altera la demanda. Ejemplos son las ecotasas o los impuestos al tabaco.



# ¿Cuanto cuesta compensar emisiones de GEI?

En el ejemplo anterior de Segovia se calculó el coste de cada medida incluyendo ejecución, compensación a los propietarios e incentivos para su adopción.

Aplicando el principio de **quien contamina paga**.

- ¿Quién contamina?: El conductor al utilizar su vehículo
- ¿Como contamina?: Consumiendo carburante, que emite GEI
- ¿Como puede pagar?: Con un **impuesto al carburante** (*carbon tax*)

Dividiendo coste de compensación más eficiente (315 millones de euros) entre consumo de carburante (2.949 millones de litros), la repercusión sería 0,10 €/litro.

La reforestación es la forma de compensación más eficiente. Es más caro compensar en España por el lento crecimiento de la vegetación, pero tiene ventajas ecológicas, paisajísticas y sociales añadidas.

# Tasas de carbono: una oportunidad para los bosques y para el desarrollo rural

Pagar a los bosques por sus servicios ambientales, entre ellos el secuestro de carbono, ayudaría a su conservación y fomento, y permitiría:

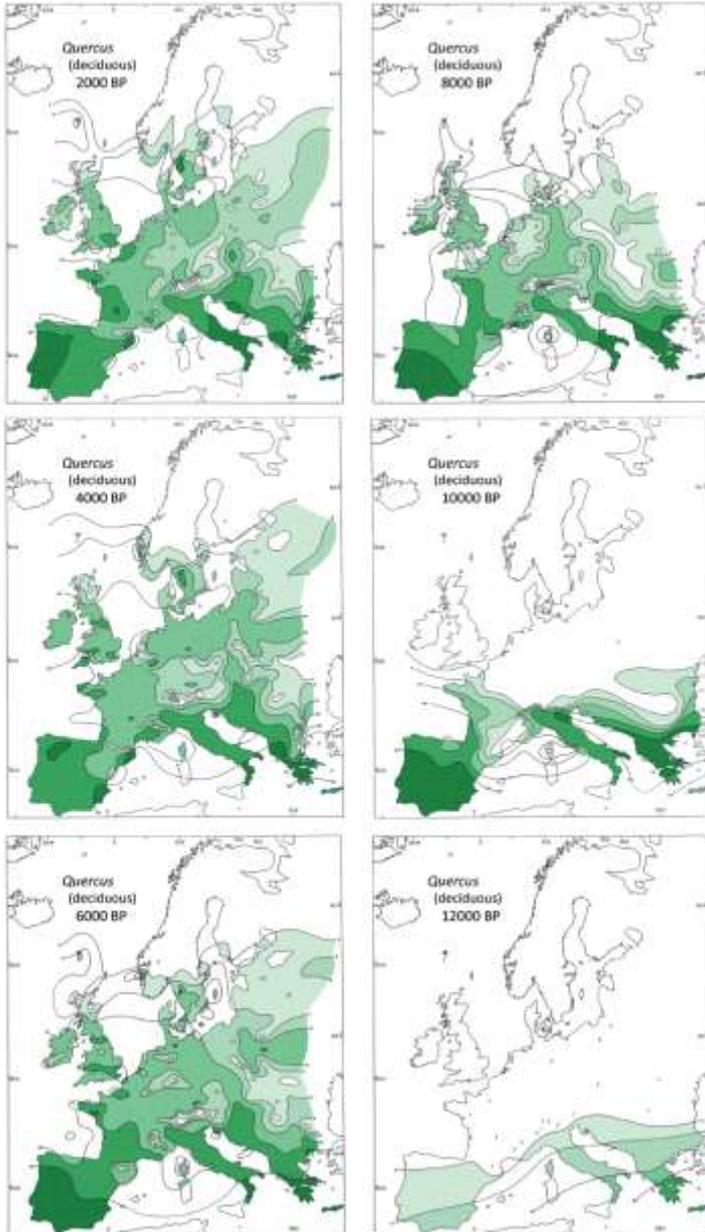
- ❖ Mitigar el cambio climático (reducir la concentración atmosférica de GEI)
- ❖ Ayudar a cumplir los compromisos internacionales
- ❖ Mejora ecológica, aumento de la biodiversidad y mejora paisajística
- ❖ Movilizar recursos financieros desde el mundo urbano (España llena), más poblado y contaminante, hacia el mundo rural (España vaciada)
- ❖ Favorecer el desarrollo rural: la ciudad produce riqueza y contaminación y el mundo rural naturaleza y secuestro de carbono; hay que redistribuir la riqueza entre bienes materiales y servicios ambientales.

# Impactos del cambio climático en los bosques

Los bosques se desarrollan bajo unas determinadas condiciones ambientales, con un papel esencial del clima; si el clima cambia el bosque también cambiará. Ya hay factores que están afectando a los bosques:

- ❖ Mayor riesgo de incendios
- ❖ Afecciones por veranos más secos y calurosos (seca, debilidad, plagas...)
- ❖ Mayores dificultades para la regeneración en zonas mediterráneas
- ❖ Cambios en la fenología (floración, brotación, caída de hojas)
- ❖ Competencia de especies exóticas invasoras
- ❖ Regresión de especies en su límite ecológico (p.e. submediterráneas)
- ❖ Regresión de bosques en su límite climático (p.e. sureste peninsular)

Algunos bosques dejarán de existir como los conocemos hoy en día.

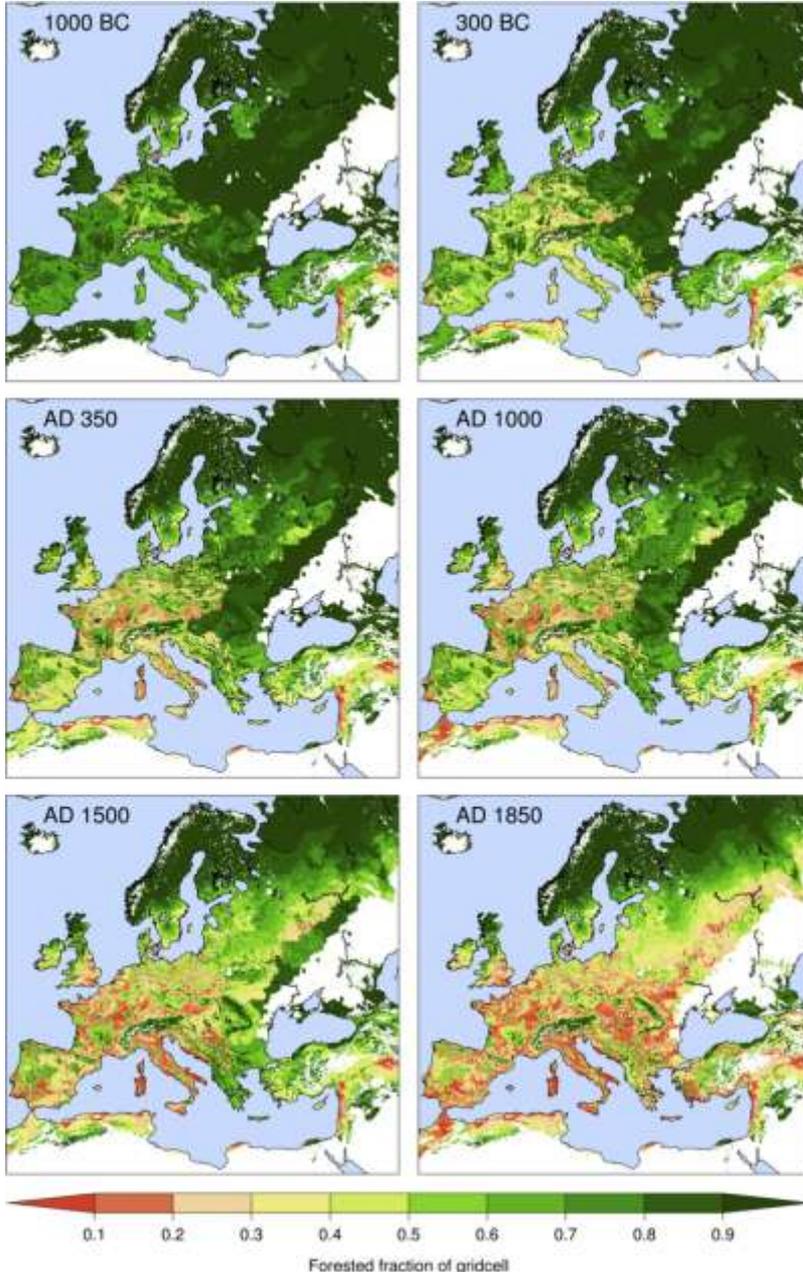


## Migraciones naturales en los bosques

Los bosques europeos han variado en su composición, estructura y extensión en los últimos 5 millones de años en respuesta a los cambios climáticos globales, en especial a la alternancia de ciclos glaciales-interglaciales a lo largo del Cuaternario (últimos 2,6 millones de años).

Evolución de los bosques de roble.

Fuente: Birks, H.J.B., Tinner, W. (2016). Past forests of Europe. In: San-Miguel, J., Rigo, D., Caudullo, G., Houston, T., Mauri, A. (Eds.) *European atlas of forest tree species*. European Commission.



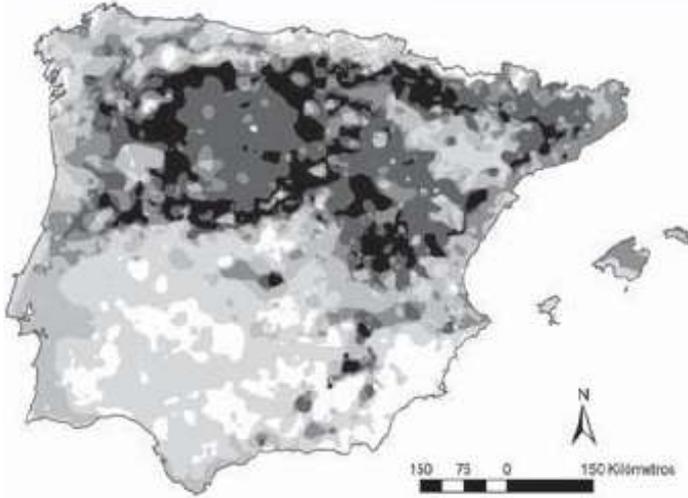
## Influencia humana histórica en los bosques

La evolución glacial e periglacial de los bosques se produce en largos periodos de tiempo y sobre un territorio nada o muy poco antropizado. Eso permite cambios progresivos en el medio.

Pero en la actualidad ese escenario no existe: el cambio en el clima es muy rápido, y el medio está totalmente antropizado, con unos bosques muy fragmentados y dispersos.

Fuente: Kaplan, J.O., Krumhardt, K.M., Zimmermann, N. (2009). The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe. *Quaternary Science Reviews* 28: 3016–3034.

# ¿Son posibles hoy las migraciones en bosques?



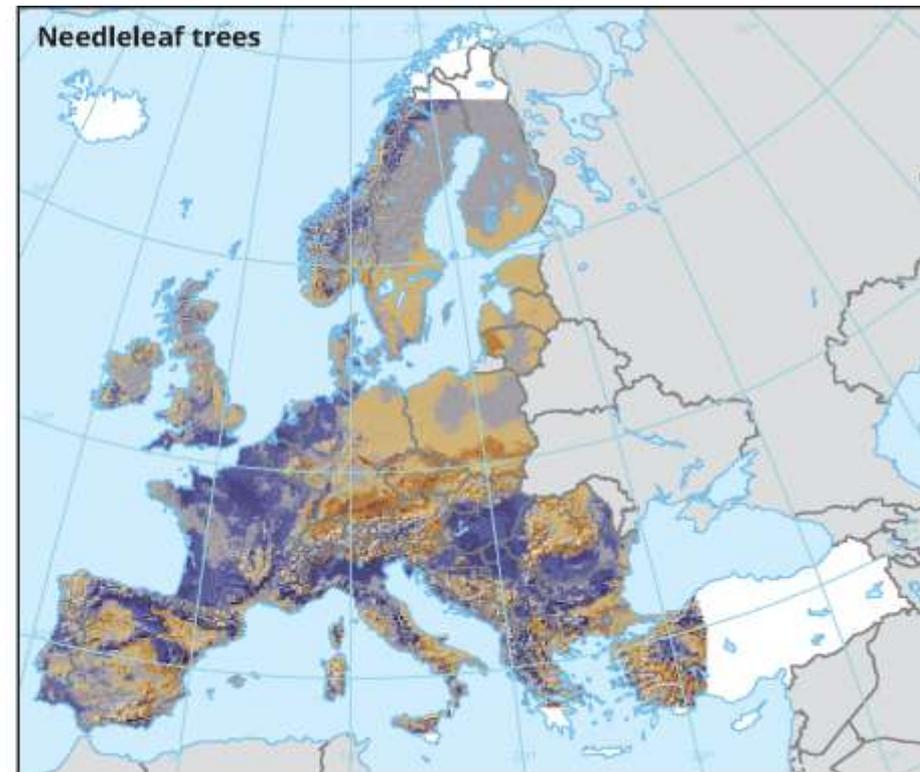
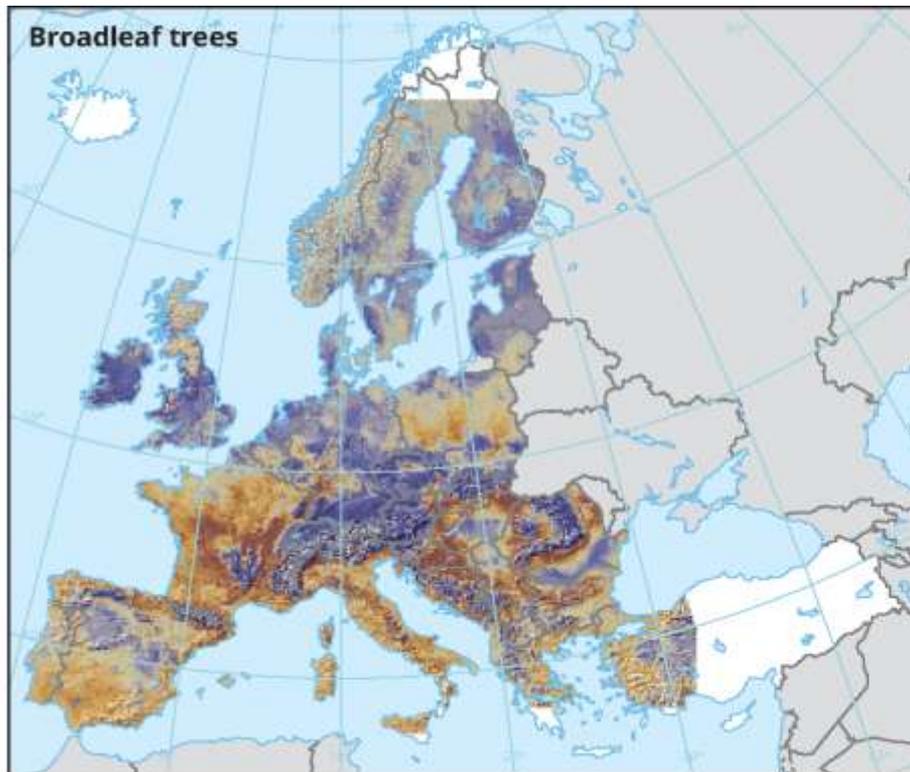
Territorios submediterráneos actuales (arriba) y en 2080 (abajo) para el escenario RCP 8.5

Especies como el melojo (*Quercus pyrenaica*) sufrirán una reducción en su presencia.



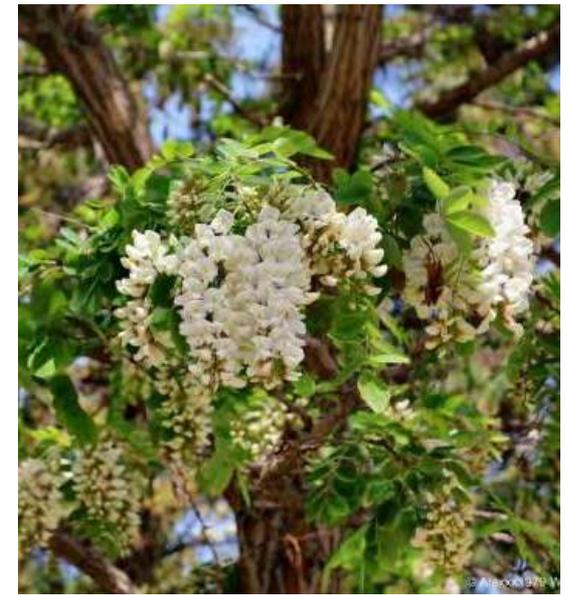
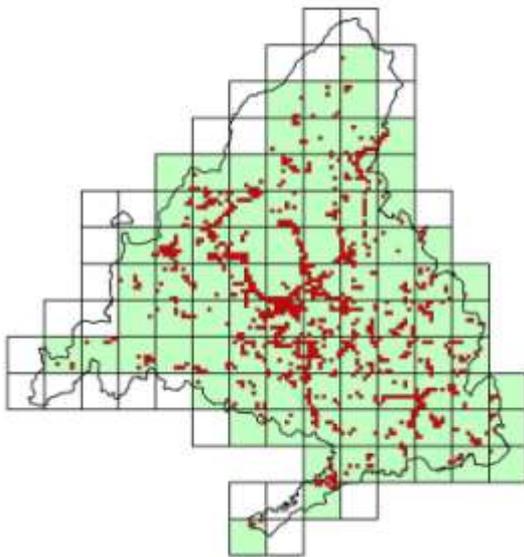
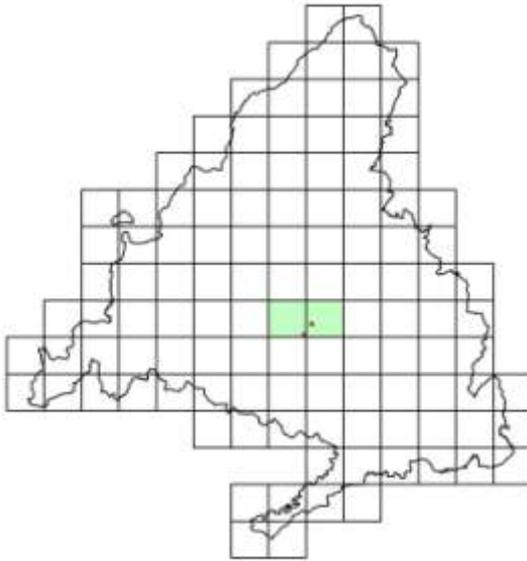
# Cambios en la composición de los bosques

Cambio en la presencia de frondosas (izquierda) y coníferas (derecha) en 2100.  
En azul, incremento en número, en marrón, reducción.



# Especies exóticas invasoras

Los cambios en el clima favorecen el desarrollo y expansión de algunas especies exóticas invasoras, que pueden alterar la composición y estructura de la vegetación natural y los bosques.



# ¿Adaptación natural al cambio climático?

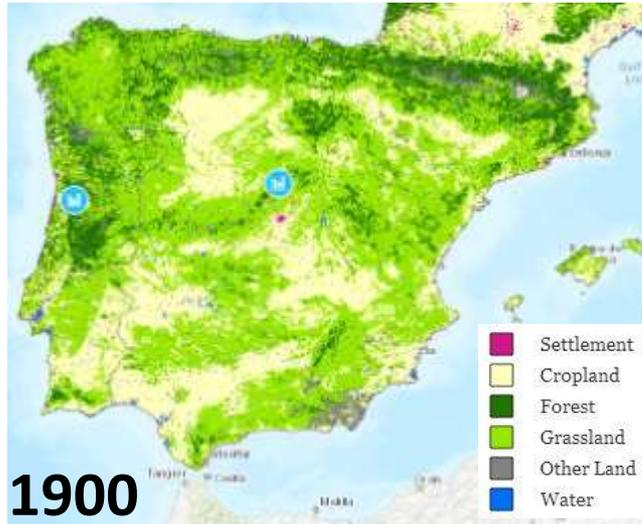
Podemos dejar que los bosques se adapten de forma espontánea a los cambios en el clima, pero hay varios riesgos y limitaciones:

- ❖ En España prácticamente no existen bosques naturales; en su mayoría están intervenidos desde hace milenios o son directamente plantaciones.
- ❖ Los bosques no ocupan su extensión natural; están relegados y fragmentados, por la presencia de zonas urbanas y agrícolas.
- ❖ El cambio en el clima está siendo muy rápido; si no se actúa, algunos bosques podrían colapsar y desaparecer por fuego, plagas, sequía...
- ❖ El cambio climático aumenta la vulnerabilidad de los bosques.
- ❖ En un momento en que los bosques son esenciales para mitigar el cambio climático no nos podemos permitir su desaparición.

# Fomento de la adaptación al cambio climático

Es muy deseable adoptar medidas para reducir la vulnerabilidad de los bosques y aumentar su resiliencia, como:

- ❖ Ordenación sostenible de los bosques:
  - ✓ Adecuar la silvicultura a las nuevas condiciones
  - ✓ Diversificar especies y fomentar masas mixtas
  - ✓ Fomentar servicios ambientales
  - ✓ Promover la certificación forestal
- ❖ Nuevos sistemas de gobernanza, como pagos por servicios ambientales
- ❖ Apoyo continuo a la investigación aplicada a la gestión y adaptación
- ❖ Conocer límites de la adaptación: no siempre se podrá mantener lo actual
- ❖ Gestión adaptativa: cambiar la forma de actuar de acuerdo con la evolución
- ❖ Evitar la pérdida neta de bosques, y perseguir una ganancia neta.
- ❖ Mantener la diversidad genética de las poblaciones.



Fuente: Fuchs, R. et al. (2013). A high-resolution and harmonized model approach for reconstructing and analysing historic land changes in Europe. *Biogeosciences* 10: 1543–1559.

En el último siglo se ha incrementado la superficie de bosques en España.

Sin embargo, el Inventario de Daños Forestales del MITECO refleja que un 22 % de los árboles está dañado, casi el doble que hace dos décadas.

El cambio climático amenaza los bosques sobre todo por el aumento de sequías prolongadas, el mayor riesgo de incendio y el incremento de plagas.

El cambio climático es una amenaza pero también puede ser la oportunidad para comenzar a valorar su importancia, y a invertir en los bosques, como una herramienta para mitigarlo.

El futuro está en nuestras manos.

MITECO (2018). *Inventario de daños forestales (IDF) en España. Red europea de Seguimiento de Daños en los Bosques (Red de Nivel I). Resultados del muestreo de 2017.*



Gracias por  
su atención

[aenriquez@draba.org](mailto:aenriquez@draba.org)