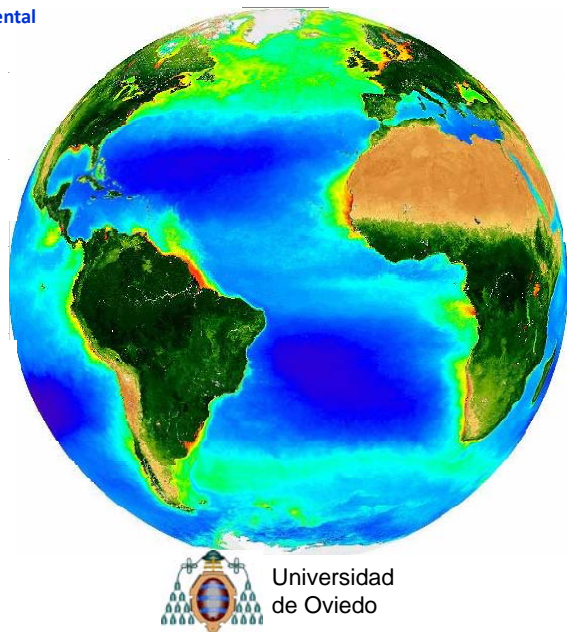


**El Cambio Climático:**  
 Mitigar y Adaptarse al Cambio Climático



Ricardo Anadón  
 Catedrático de ECOLOGÍA

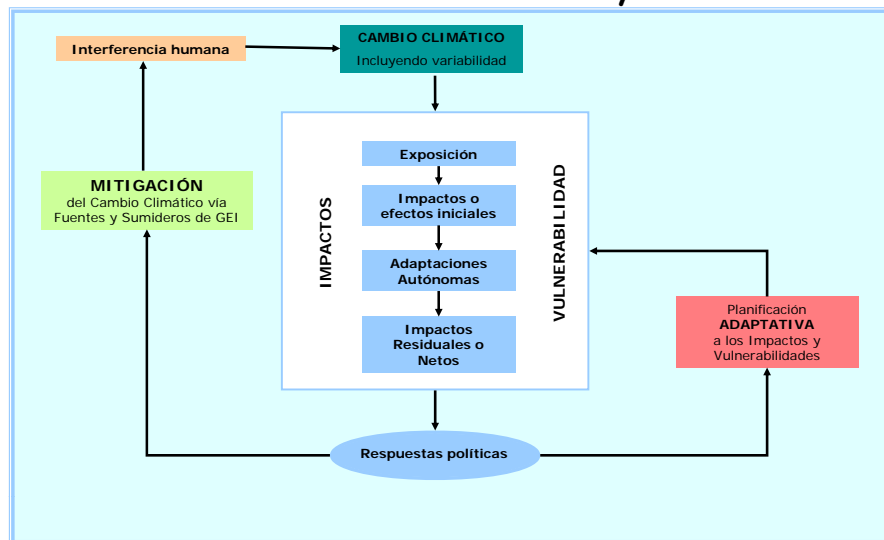


**¿PODEMOS HACER ALGO PARA REDUCIR LOS IMPACTOS ?**

- Mitigar las causas del cambio
- Adaptarse para disminuir la vulnerabilidad
  
- Necesitamos predecir mejor los efectos del cambio
- Necesitamos planificar la actividad humana para minimizar los efectos del cambio

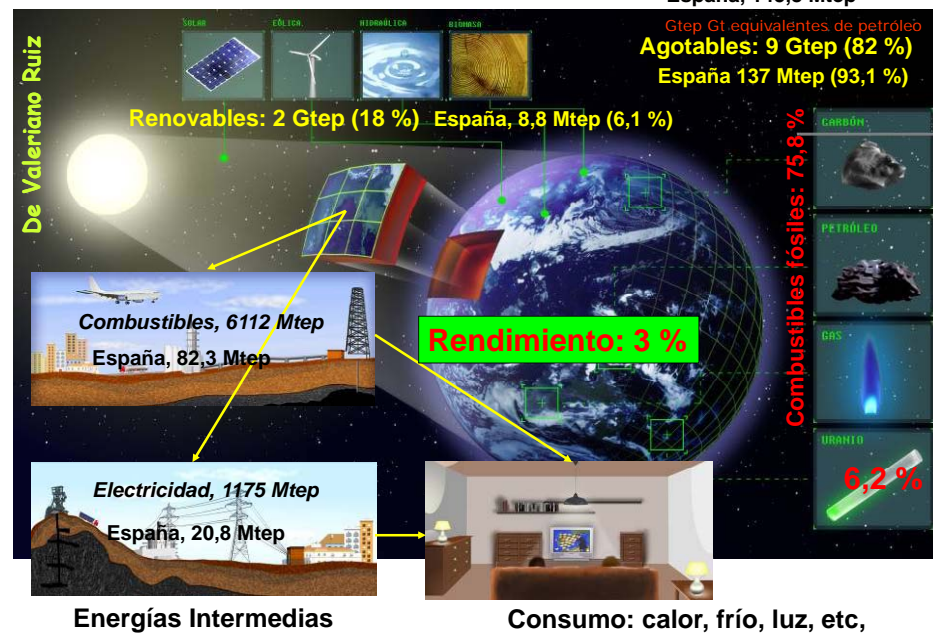
¿Qué podemos hacer frente al cambio de clima?

**Las posibilidades de respuesta humana necesitan de una cadena de conocimientos y acciones**



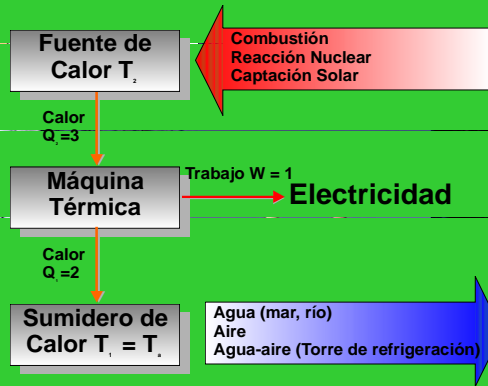
**SISTEMA ENERGETICO ACTUAL**

Energías Primarias, 11 Gtep  
 España, 145,8 Mtep



## Consumo de electricidad

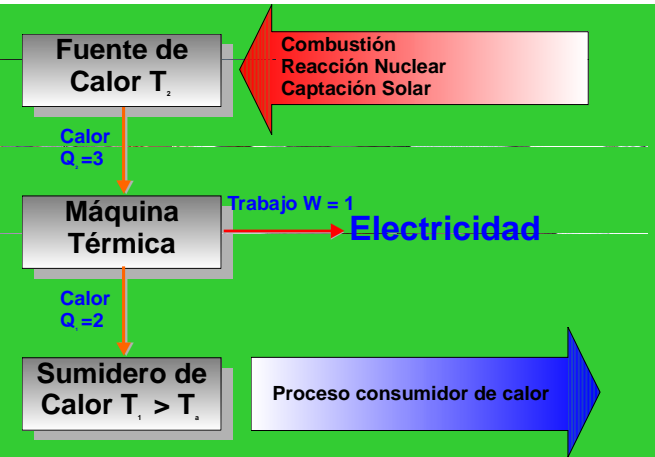
De Valeriano Ruiz



*Esquema de central termoeléctrica*

## Forma eficiente de generar electricidad

De Valeriano Ruiz



*Esquema de cogeneración*

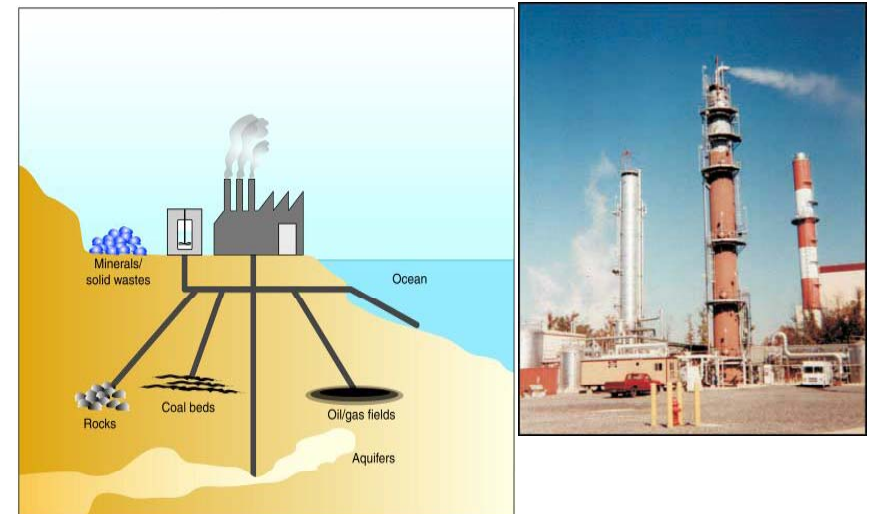
Los criterios de urbanización, desplazamientos para el trabajo u otras no se deben de olvidar nunca

¿Para que queremos tanta luz por la noche?

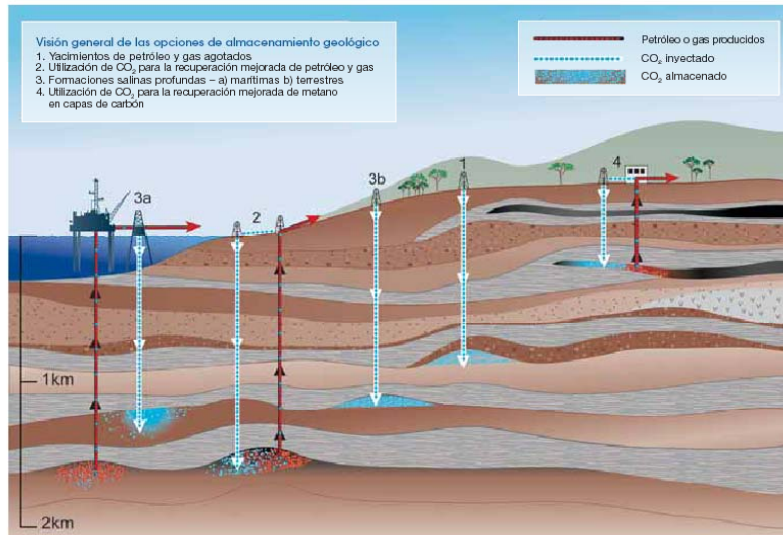
Consume energía, despista a los animales voladores nocturnos y no nos deja contemplar el cielo



## Enterramiento de $CO_2$



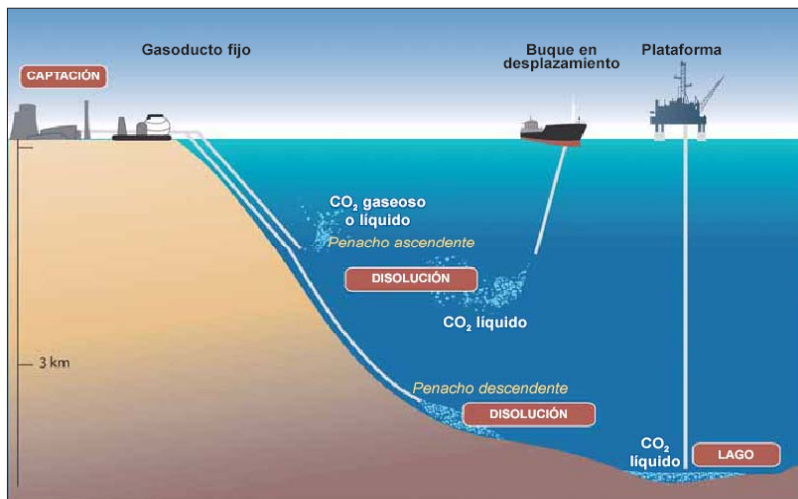
## Sumideros Geológicos



## Planta Sleipner (Mar Noruega) de producción de gas y petróleo con separación e inyección de CO<sub>2</sub>



## Sumideros Oceánicos



El océano profundo puede almacenar 500 PgC (50-80 años) con un descenso del pH de 0.2





Puestas de sol más brillantes después (derecha) que antes (izquierda) de la erupción del Volcán Pinatubo en 1991

Se están proponiendo y analizando geoingenierías para tratar de paliar la llegada de la radiación solar a la troposfera

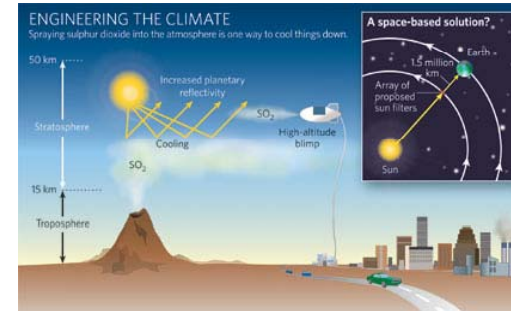


El dióxido de azufre inyectado por el Volcán Pinatubo en la estratosfera actuó como un filtro de los rayos solares

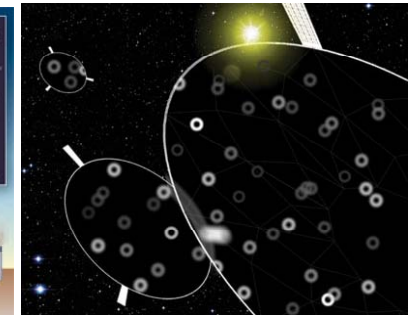


La contaminación atmosférica también reduce el efecto del Sol en la atmósfera

Se están proponiendo y analizando geoingenierías para tratar de paliar la llegada de la radiación solar a la troposfera



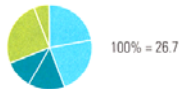
Inyectar dióxido de azufre en la estratosfera es una de las opciones. Lo podrían hacer también aviones con combustible con azufre



Billones de placas suspendidas en la estratosfera podrían actuar como escudo de la Tierra frente a los rayos solares

### Reducción potencial de emisiones de GEI por sectores

Abatement potential for greenhouse gases by sector, GtCO<sub>2</sub>e<sup>1</sup> per year by 2030 (costing up to €40 per ton)



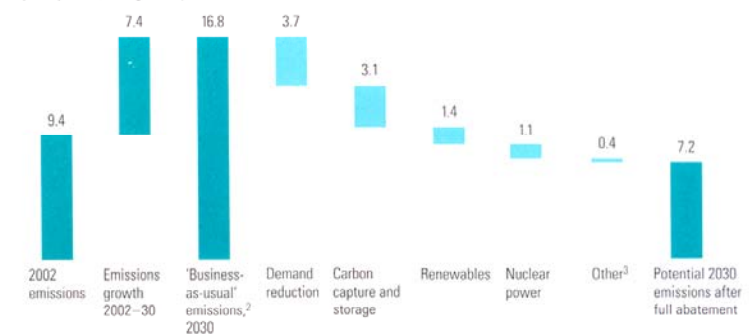
Sector	Potential (GtCO <sub>2</sub> e)	Possible abatement measures (examples)
Power	5.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Renewables (wind, solar, biomass)</li> <li>Nuclear</li> <li>Carbon capture and storage</li> </ul>
Manufacturing	6.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energy efficiency (eg. cogeneration, process shift)</li> <li>Fuel switching (eg. biofuels)</li> <li>Carbon capture and storage in industrial process</li> </ul>
Buildings	3.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Improved building insulation, heating/cooling efficiency</li> <li>Energy efficiency in lighting, appliances</li> </ul>
Transportation	2.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuel-efficient vehicles</li> <li>Biofuels</li> </ul>
Forestry	6.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deforestation avoided</li> <li>Afforestation/reforestation</li> </ul>
Agriculture/waste	1.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capture of methane from landfills</li> <li>New agricultural methods without tillage<sup>2</sup></li> </ul>

<sup>1</sup>GtCO<sub>2</sub>e = gigaton of carbon dioxide equivalent.  
<sup>2</sup>Reduces CO<sub>2</sub> emissions from soil.

### Reducción potencial de emisiones de GEI en el sector energético

#### Abatement potential in the power sector

Emissions development and abatement potential in power sector, greenhouse gases measured in GtCO<sub>2</sub>e per year by 2030 (costing ≤ €40 per ton)<sup>1</sup>

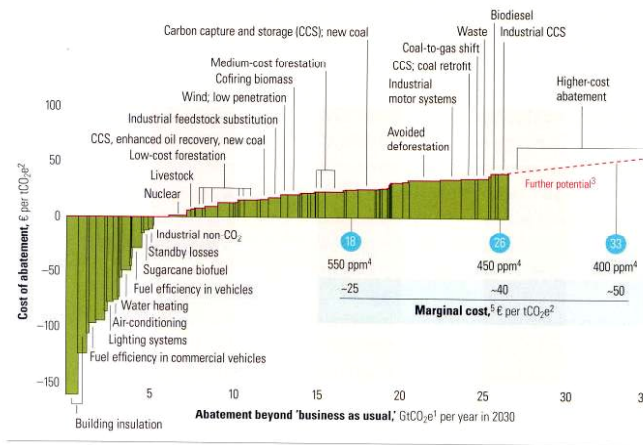


<sup>1</sup>GtCO<sub>2</sub>e = gigaton of carbon dioxide equivalent; figures do not sum to 100%, because of rounding.  
<sup>2</sup>"Business as usual" based on emissions growth driven mainly by increasing demand for energy and transport around the world and by tropical deforestation.  
<sup>3</sup>For example, coal-to-gas shift beyond "business as usual," improved efficiency in existing plants; these measures compete with other measures and could have higher impact on abatement in other abatement scenarios.

## Curva de costes de reducción de emisiones de GEI

Global cost curve for greenhouse gas abatement measures beyond 'business as usual'; greenhouse gases measured in GtCO<sub>2</sub>e<sup>1</sup>

● Approximate abatement required beyond 'business as usual', 2030



<sup>1</sup>GtCO<sub>2</sub>e = gigaton of carbon dioxide equivalents; "business as usual" based on emissions growth driven mainly by increasing demand for energy and transport around the world and by tropical deforestation.

<sup>2</sup>tCO<sub>2</sub>e = ton of carbon dioxide equivalent.

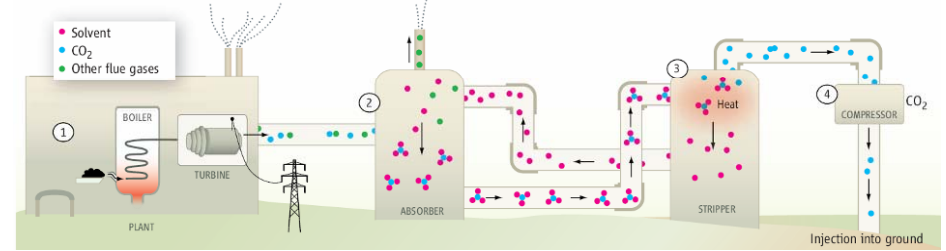
<sup>3</sup>Measures costing more than €40 a ton were not the focus of this study.

<sup>4</sup>Atmospheric concentration of all greenhouse gases recalculated into CO<sub>2</sub> equivalents; ppm = parts per million.

<sup>5</sup>Marginal cost of avoiding emissions of 1 ton of CO<sub>2</sub> equivalents in each abatement demand scenario.

Enkvist et al, 2007. Mackinsey Quarterly

## CATCHING THE FLUE (GAS)



How a retrofit works. (1) Most coal plants burn coal to create steam, running a turbine that produces electricity. After treatment for pollutants, the flue gas, a mixture of CO<sub>2</sub> (blue) and other emissions (green), goes out a smokestack. To collect CO<sub>2</sub> for storage, however, the mixture of gases is directed to an absorber (2), where a solvent like MEA (pink) bonds with the CO<sub>2</sub> molecules. The bonded CO<sub>2</sub> – solvent complexes are separated in the stripper (3), which requires heat. More energy is needed for the next step (4), which produces a purified CO<sub>2</sub> stream for ground storage as well as solvent molecules that can be reused

Anhidrasa carbónica: pasar CO<sub>2</sub> a CO<sub>3</sub>H-

Ya se están produciendo algunas tensiones, económicas y sociales, por el uso alimentario o energético de recursos.  
La ONU ya ha alertado sobre el problema

## ¿Comida o combustible?

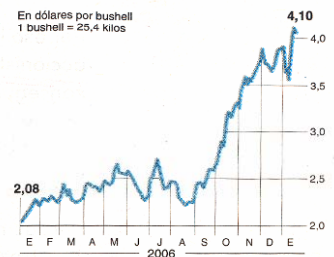
La apuesta de EE UU por los biocarburantes pone en guardia al mercado alimentario

### La energía del maíz

■ EVOLUCIÓN DEL USO DEL MAÍZ PARA PRODUCIR ETANOL CON RESPECTO A LAS EXPORTACIONES



■ COTIZACIÓN DEL MAÍZ EN EL MERCADO DE MATERIAS PRIMAS DE CHICAGO



Fuente: Bloomberg y Departamento de Agricultura de EE UU.

EL PAÍS

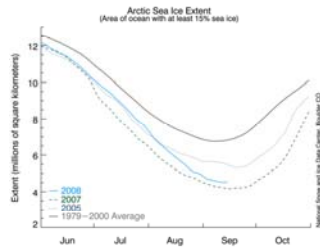
## Tipo de recomendaciones de expertos en clima y su predicción

Las predicciones de cambios climáticos peligrosos inminentes puede estimular la discusión sobre **métodos para reducir el cambio climático**. La noción de tales métodos es en si mismo peligroso **si disminuye los esfuerzos para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>**, .....

....., dado que una gran porción del CO<sub>2</sub> emitido por los humanos permanecerá en el aire durante muchos siglos, las políticas sensibles se deben enfocar sobre **la invención de estrategias energéticas que reduzcan de manera importante las emisiones de CO<sub>2</sub>** ,

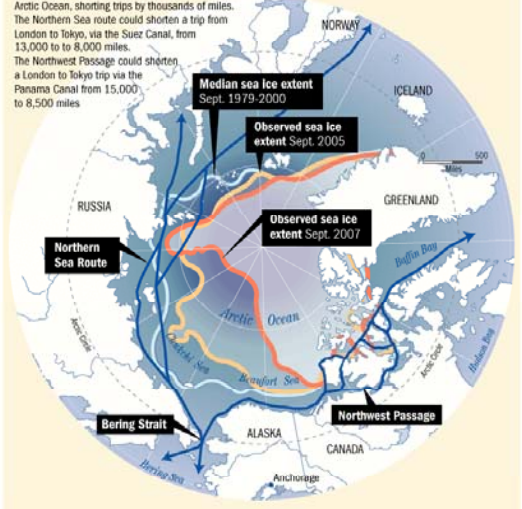
Hansen et al 2006

Veremos nuevas posibilidades debidas al Cambio de Clima que tendrá influencia en la economía y en las sociedades. También afectará de manera decisiva a muchas especies y ecosistemas



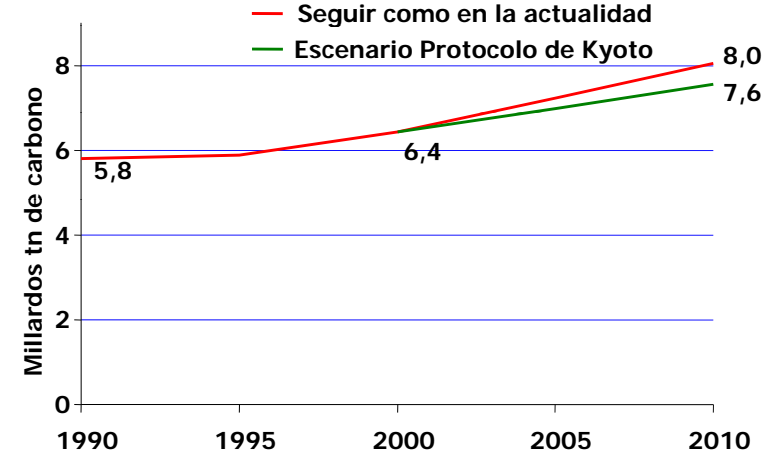
### Sea ice loss a boom to Arctic shipping

Sea ice extent in the fall of 2007 dwindled to the lowest level since satellite measurements began in 1979. The sea ice extent at the end of summer melting was 1.7 million square miles, compared to the 1979-2000 median of 2.7 million square miles. The greatest loss has been north of Siberia and Alaska coasts. Retreating ice will open shipping routes through the Arctic Ocean, shorting trips by thousands of miles. The Northern Sea route could shorten a trip from London to Tokyo, via the Suez Canal, from 13,000 to 8,000 miles. The Northwest Passage could shorten a London to Tokyo trip via the Panama Canal from 15,000 to 8,500 miles.



Sources: National Sea Ice Data Center, USGS, The New York Times. RON ENGSTROM / Anchorage Daily News

### ¿Cuanto reduciría las emisiones el Protocolo Kioto?



Data Sources: United States Department of Energy, Energy Information Administration, *International Energy Outlook*, 1998 and 1999.

- El Cambio Climático es real y necesitamos hacer algo para prevenir "interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático"
- La Mitigación no tendrá efectos en unas décadas (50 años aprox.), por lo que tenemos que desarrollar estrategias de adaptación a corto plazo
- Cuanto más tiempo esperemos, menores opciones tendremos
- Los patrones Regionales de calentamiento pueden ser complicados
- No pueden descontarse sorpresas climáticas
- Se necesita diálogo entre los científicos y el sector privado para desarrollar las estrategias de adaptación y mitigación

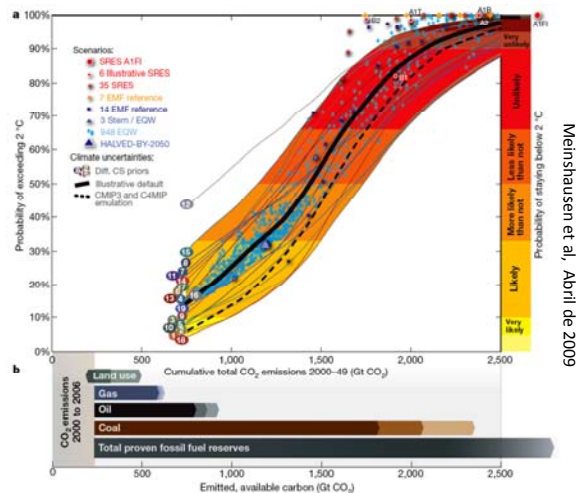
# CLIMAS

## EVIDENCIAS Y EFECTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ASTURIAS

Una iniciativa de la Oficina para la Sostenibilidad, el Cambio Climático y la Participación  
 Consejería de Media Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras  
 Principado de Asturias

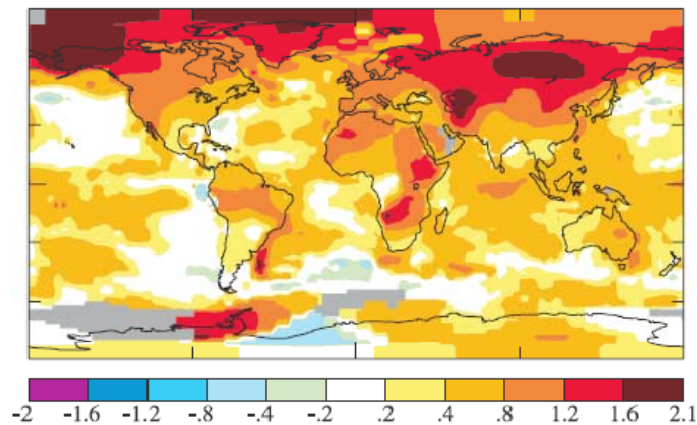
SI QUEREMOS TENER UN ATERRIZAJE SUAVE, NUESTRAS OPCIONES ESTÁN PRÁCTICAMENTE EXHAUSTAS. DEBEMOS EMPEZAR A REDUCIR NUESTRAS EMISIONES ANTES DE 2020 (Meinhausen, 2009)

Probabilidad de superar los 2 °C de calentamiento respecto a las emisiones de CO2 en la primera mitad del siglo, y CO2 emitido entre 2000-2006 y previsión de emisiones entre 2006 y 2049



Meinhausen et al., Abril de 2009

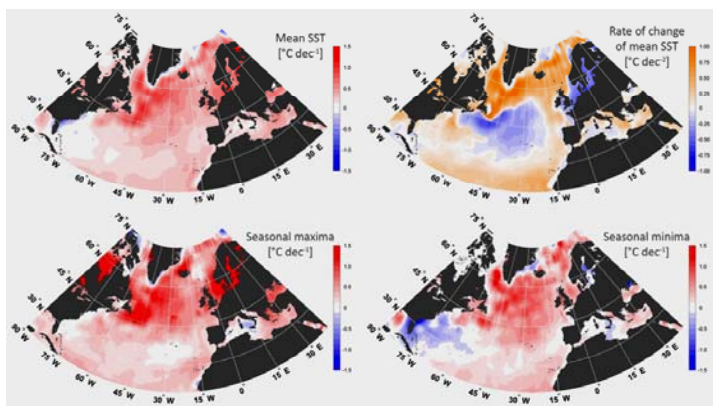
EL CALENTAMIENTO GLOBAL Y EL CAMBIO DE CLIMA ASOCIADO ES UN HECHO CONTRASTADO, COMO LO ES QUE NO SE HA MODIFICADO CON LA MISMA INTENSIDAD EN TODOS LOS LUGARES



2001-2005 Anomalías de la Temperatura Superficial (°C) respecto a 1951-1980

Hansen et al., 2006

EL CALENTAMIENTO GLOBAL INCLUYE AL OCEANO, QUE ACUMULA LA MAYOR PARTE DEL CALOR GANADO POR LA TIERRA, TAMBIÉN DE FORMA DESIGUAL



González-Taboada y Anadón, 2007

Incremento térmico (°C década) entre 1986 y 2006 en el Atlántico Norte. Se incluye la temperatura media, y las máximas y mínimas estacionales

SI LAS RECOMENDACIONES DE LOS ORGANISMOS INTERNACIONALES NOS DICEN QUE DEBEMOS CONTRIBUIR A MITIGAR LA INTENSIDAD Y RAPIDEZ DEL CAMBIO, E INVERTIR HOY PARA GENERAR RESPUESTAS QUE PERMITAN ADAPTARNOS A LAS CONDICIONES FUTURAS

¿CUAL ES EL NIVEL DE RESPUESTA A TOMAR EN UNA ESCALA REGIONAL?

¿QUÉ CONOCIMIENTOS DEBEN FUNDAMENTAR LA TOMA DE DECISIONES?

## CON ESTAS PREMISAS ¿CUALES FUERON LOS OBJETIVOS DE CLIMAS?

1. Una **recopilación y análisis de las Evidencias** existentes sobre el Cambio Climático en Asturias para su puesta a disposición de los responsables de hacer las políticas y de los ciudadanos
2. Con esa información se trataría de obtener una indicación de los riesgos potenciales futuros, de la **vulnerabilidad**, a la vista de las proyecciones climáticas aportadas, y de medidas que permitirían mitigar el cambio y sus riesgos
3. Identificar las **bases de datos e información disponibles**, estén o no analizadas
4. Obtener un listado de **futuras acciones de investigación**, desde implantación de redes de control y monitorización a nuevas necesidades de conocimientos en distintos campos
5. Generar un **repositorio con los documentos** que avalen las evidencias

29

## COMO PRETENDIMOS QUE FUERA EL DOCUMENTO

- Se persiguió que el documento que se generase fuese **conciso e informativo**, y presentara de manera resumida y accesible la información existente en la actualidad sobre estos campos en Asturias
- Se pretendió evitar **cuestiones generales** de Cambio Climático, ya resueltos en otros informes mas generales (p.e. los informes del IPCC)
- La **focalización en Asturias** es lo que creemos que puede aportar interés a este proyecto, aun reconociendo las dificultades que lo limitado del territorio puede implicar
- Aunque la **información fuese insuficiente** debería servir como base de partida para definir estrategias de mitigación y adaptación, por lo que las **incertidumbres regionales** deberían explicitarse, y proponer acciones para reducir la incertidumbre.

30

## Se organizaron 11 Grupos de Trabajo Han contribuido 46 personas

- Raquel Cruz Manuel de Castro Vicente Pérez Muñuzuri Heather Stoll Ángeles Gómez Borrago Miguel Ángel Álvarez
- José Ramón Obeso Tomás E. Díaz María Luisa Vera Florentino Braña Álvaro Bueno Estanislao Luis Calabuig
- Ricardo Anadón Lucía García Flórez Iñigo Losada Consolación Fernández Luis Valdés Santurio
- Juan María Fornés Jesús González Piedra Almudena Ordoñez Fernando Pendás
- Asunción Cámara Juan Majada Enrique Dapena Francisco Javier Lucientes Antonio Martínez Marcos Miñarro
- Rosana Menéndez Luis Laín M<sup>a</sup> Teresa Piserra Estanislao Luis Calabuig
- Valeriano Ruiz Fernando Rubiera M<sup>a</sup> Rosario Heras Enrique Loredo
- Luis Valdés Peláez Belén Gómez Álvaro Moreno
- Carlos Abanades Miguel Ángel Zapatero Jorge Loredo
- Dolores Quiñones Mario Juan Margolles Marisa Redondo Francisco Javier Lucientes
- José Alba Luis Jiménez Herrero Pilar Álvarez-Uría

## Pertenecientes a 21 Instituciones

Universidad de Oviedo **MeteoGalicia** INCAR-CSIC Universidad de Castilla La Mancha Universidad de León **SERIDA** IGME Universidad de Barcelona Universidad de Cantabria Centro de Experimentación Pesquera de Asturias Universidad de Sevilla Instituto Español de Oceanografía CIEMAT Universidad de Zaragoza Maastrich University Confederación Hidrográfica del Cantábrico Consejería de Salud y Servicios Sanitarios de Asturias **MAPRE** Hospital Monte Naranco Jardín Botánico Atlántico Observatorio de Sostenibilidad de España

31



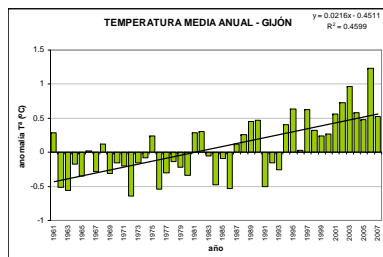
32



## TEMPERATURA

QUÉ ESTÁ PASANDO

- Se ha detectado en Asturias un incremento medio de la temperatura atmosférica de 0,21 °C/década a lo largo del periodo 1961-2007.
- El aumento de las temperaturas ha sido homogéneo en el periodo analizado
- El aumento de temperatura durante el periodo analizado ha sido más pronunciado en primavera y verano.



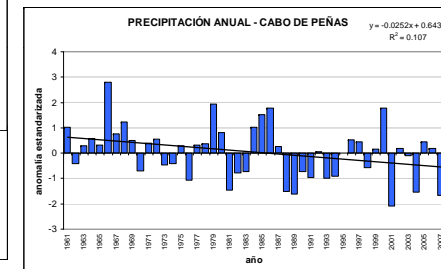
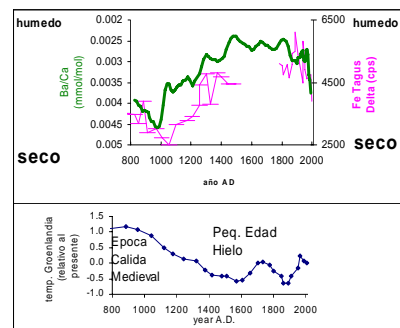
ESTACIÓN		anual	invierno	primavera	verano	otoño
Grado	Tmed	0.20 <sup>***</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>***</sup>	0.22 <sup>***</sup>	0.08 <sup>ns</sup>
	Tmax	0.25 <sup>***</sup>	0.24 <sup>*</sup>	0.37 <sup>***</sup>	0.27 <sup>***</sup>	0.08 <sup>ns</sup>
	Tmin	0.15 <sup>**</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	0.27 <sup>**</sup>	0.17 <sup>(p&lt;0.10)</sup>	0.08 <sup>ns</sup>

33

## PRECIPITACIÓN

QUÉ ESTÁ PASANDO

- Los registros paleoclimáticos de los últimos 2.000 años en Asturias, indican que han sido más secos los periodos cálidos -como el Periodo Cálido Medieval- y han sido más lluviosos los periodos más fríos -como la Pequeña Edad del Hielo
- En algunas localidades de Asturias se aprecia un descenso significativo de la precipitación anual en el intervalo 1961-2007



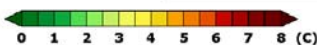
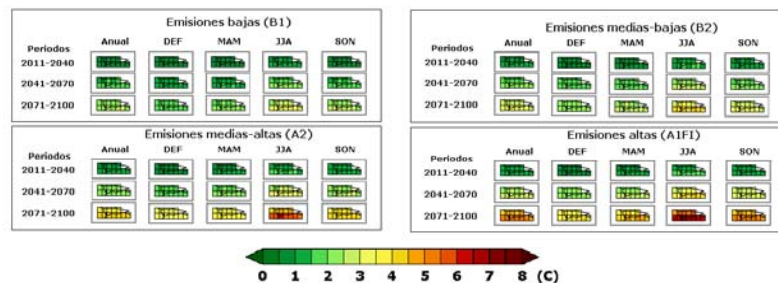
34

## TEMPERATURA

QUÉ PUEDE PASAR

- Las proyecciones de los modelos climáticos para Asturias prevén un incremento térmico medio anual de 5°C a finales del siglo XXI, para escenarios de emisiones de GEI medias-altas.
- El calentamiento será más notable en verano, pudiendo llegar a 6,5°C. Este incremento será un poco menor en las zonas costeras

Cambio de temperatura media respecto a 1961-90



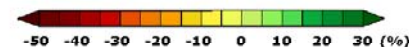
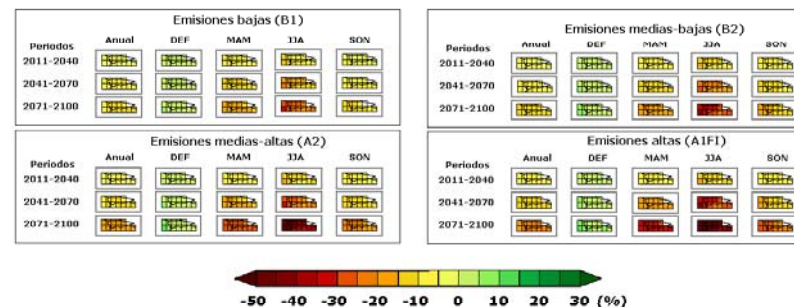
35

## PRECIPITACIÓN

QUÉ PUEDE PASAR

- No se puede descartar que en Asturias se produzca un cambio rápido de las precipitaciones asociado al calentamiento climático actual, si el clima responde como en los paleoregistros
- Se proyecta una tendencia a la disminución de la precipitación media anual. Esta tendencia será más acusada a partir de la mitad del presente siglo

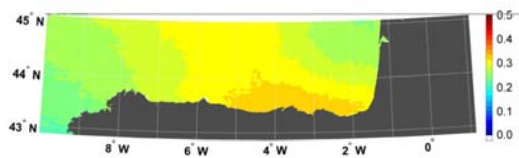
Cambio (%) de precipitación media respecto a 1961-90



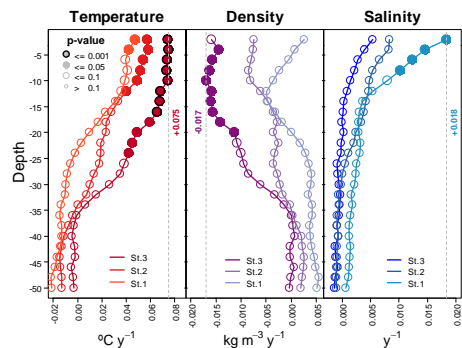
36

## TEMPERATURA

QUÉ ESTÁ PASANDO



- La temperatura del agua superficial se está incrementando de manera sostenida en toda la costa desde hace 20 años al menos. Este incremento es inferior al incremento térmico detectado en la atmósfera y se sitúa entre 0,3 y 0,7 °C por década.
- Las aguas sub-superficiales (por debajo de 50 m) también se está calentando pero a una tasa menor.

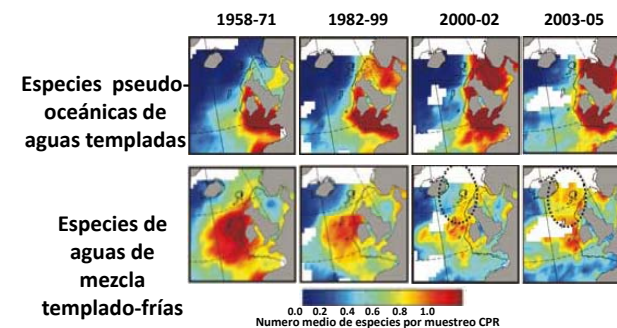


37

## ESPECIES INVASORAS

QUÉ ESTÁ PASANDO

- Se viene detectando la aparición o incremento de la abundancia de especies típicas de aguas templado-cálidas y subtropicales, antes muy poco frecuentes. Se han citado especies de peces, crustáceos, moluscos.
- Se ha demostrado en estudios en todo el Atlántico Norte una aceleración de los cambios desde comienzos de este siglo.



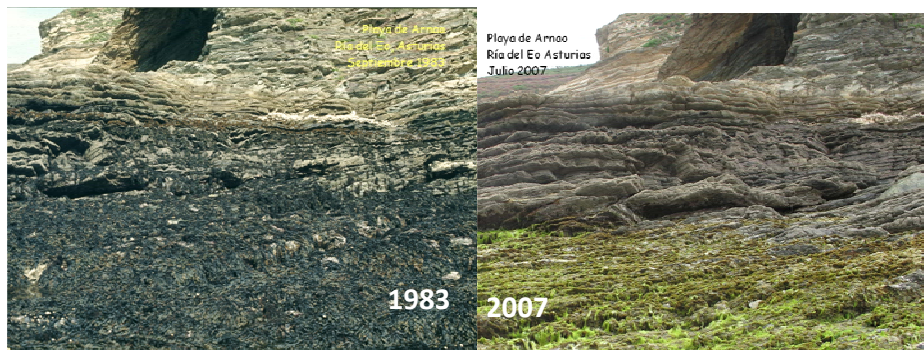
Cambios biogeográficos en las agrupaciones de copépodos del Atlántico norte a lo largo de 5 décadas

38

## COMUNIDADES

QUÉ ESTÁ PASANDO

- Se han detectado cambios importantes en las comunidades de macroalgas en la costa de Asturias en los últimos 25 años.
- Se ha detectado una reducción importante de la biomasa de especies de algas de aguas templado-frías como Fucales y Laminariales en la última década que afecta a la organización de los ecosistemas costeros.

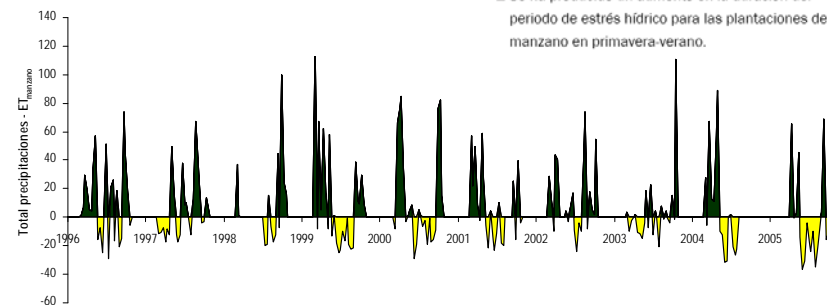


39

## CLIMA Y CULTIVO

QUÉ ESTÁ PASANDO

- En los últimos 30 años se ha detectado en el área costera de Asturias un aumento de la temperatura, especialmente de marzo a agosto, acompañada de una disminución de las precipitaciones en los meses de abril a junio. El mes más seco se ha adelantado de septiembre a junio.
- Se ha producido un aumento en la duración del periodo de estrés hídrico para las plantaciones de manzano en primavera-verano.

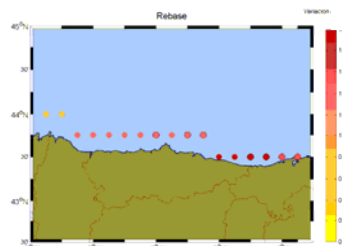


40

## VIENTOS Y TEMPORALES

QUÉ PUEDE PASAR

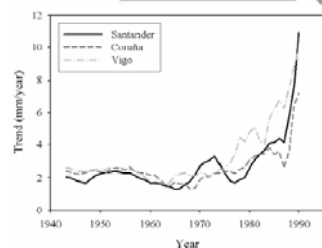
- Se proyecta un incremento significativo de los rebases de obras públicas en la costa oriental de Asturias, que puede llegar al 1,5 % anual.



## NIVEL DEL MAR

QUÉ ESTÁ PASANDO

- El nivel del mar se está elevando unos 3 mm anuales, y se ha acelerado en las últimas 2 décadas.

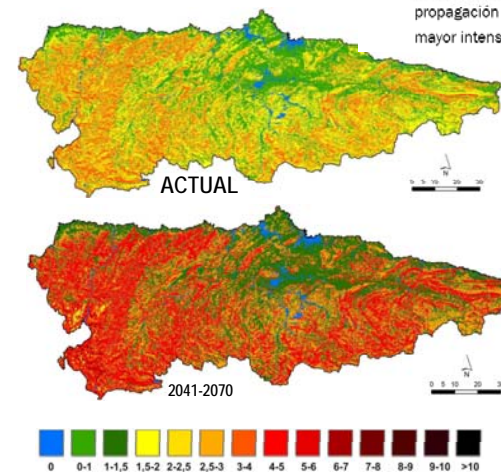


41

## INCENDIOS FORESTALES

QUÉ PUEDE PASAR

- Dadas las proyecciones climáticas se debe esperar un incremento del riesgo por incendios forestales, especialmente una más rápida propagación de los que se inicien e incendios de mayor intensidad.



42

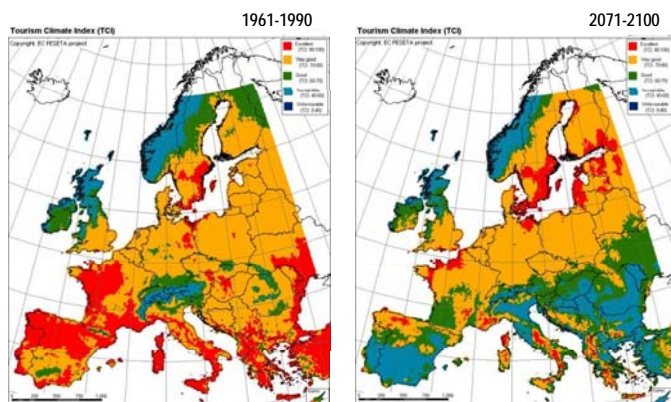
## DEMANDA TURÍSTICA

QUÉ ESTÁ PASANDO

- El clima y el tiempo meteorológico han sido y son factores importantes para una buena parte de los productos turísticos que se ofertan en el Principado, por lo que cualquier cambio en las condiciones climáticas comportará impactos en este ámbito de actividad.

QUÉ PUEDE PASAR

- Desde la perspectiva de las condiciones climático-turísticas, en un contexto regional más amplio, Asturias podría salir beneficiada al mantener unas condiciones muy favorables en relación a otros destinos competidores del Mediterráneo.



43

## Cuatro consideraciones finales

- Esperamos haber dado ese primer paso en el **conocimiento y divulgación del Cambio Climático a escala regional**
- Esperamos que sea un **instrumento útil para todos, ciudadanos y responsables de las políticas**
- Esperamos que atraiga la atención de investigadores actuales, pero sobre todo esperamos que su lectura **despierte el interés por el estudio de un aspecto tan excitante y preocupante de generaciones futuras**
- Esperamos que se tengan en consideración los efectos que se producirán en otros lugares, y por ello de la **responsabilidad ética de todos nosotros, sobre todo con aquellas personas que viven en los países menos favorecidos**

44