

# Impacto del Cambio Climático sobre la biodiversidad y los bosques

**FERNANDO VALLADARES**





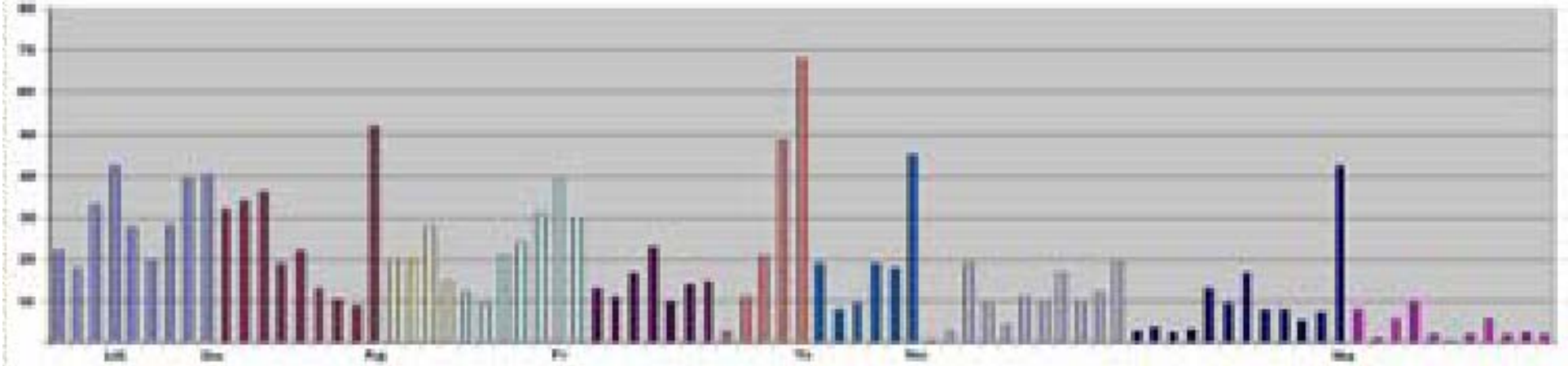
# La biodiversidad

**En un mundo  
cambiante**



**La diversidad del planeta ha estado en constante cambio:**  
extinciones de flora y fauna

Han sido frecuentes oscilando entre masivas y locales



Fauna extinta del  
Sahara

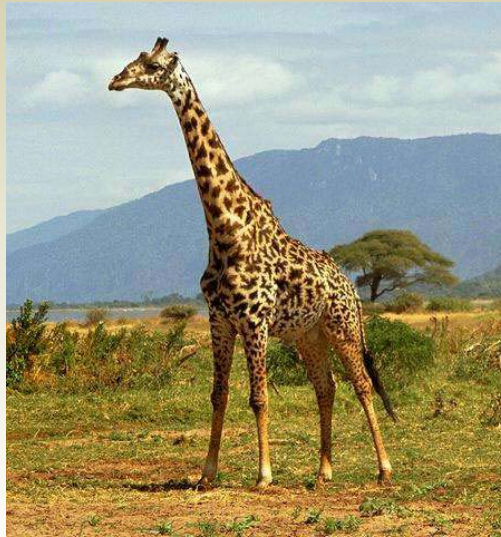




## La huella humana

Cambio climático, extinciones de flora y fauna

Fauna extinta del Sahara. Causa probable la aridificación del clima



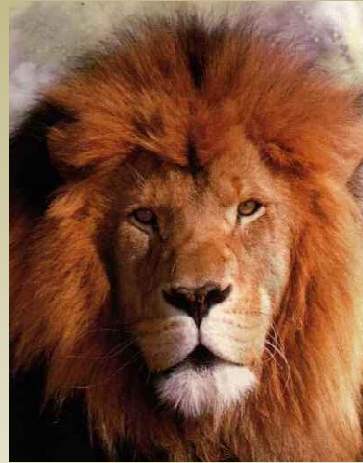
...huella humana ?



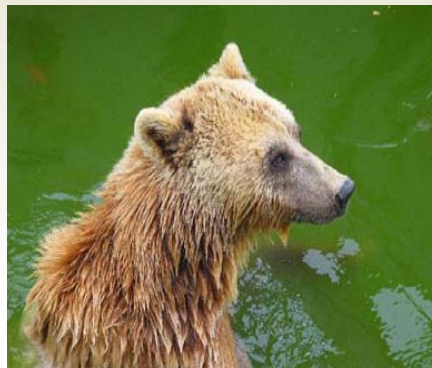


## La huella humana

Cambio climático, extinciones de flora y fauna



Extinciones históricas (s. XVIII-XIX) clima + caza

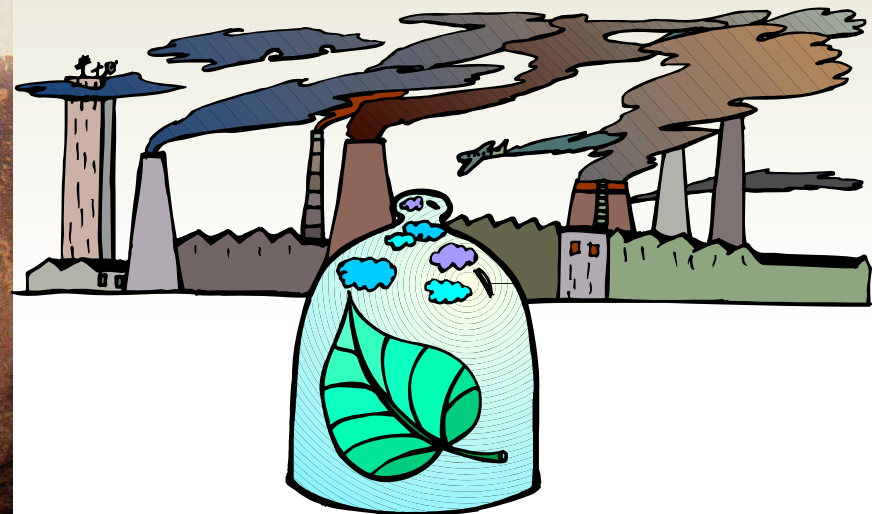


Extinciones  
futuras: cambios de uso + clima



Sean climáticas, directas o indirectas, existen evidencias sobre el efecto humano en la actual extinción masiva

- En mayo de 2002, las Naciones Unidas informa que el ritmo actual de extinción es 100-1000 veces superior al ritmo de fondo
- La mitad de las especies podrían extinguirse en 100 años (25% de los mamíferos en sólo 30 años)





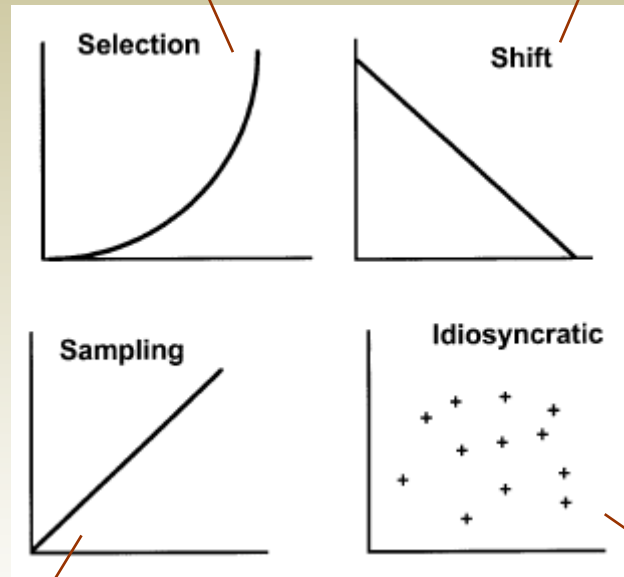
# Biodiversidad:

Cambios demográficos en plántulas Mediterráneas en un experimento de sequía e incremento de temperatura

Desaparición de especies mas escasas

Declinan especies mas abundantes

Abundancia relativa sps  
Condiciones nuevas



Declinan especies en proporción a su abundancia

Abundancia relativa sps  
Condiciones actuales

No hay relación

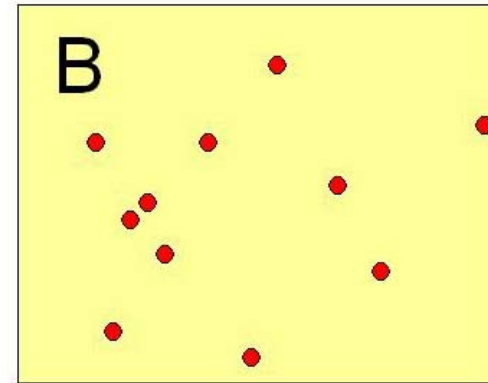
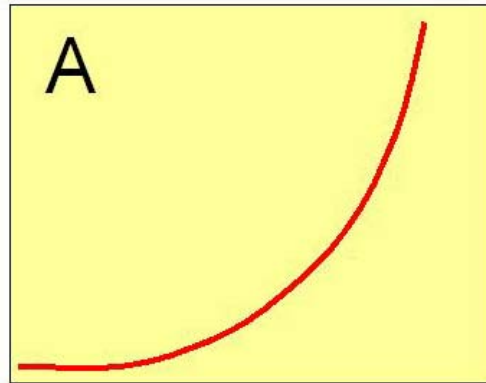




Intensidad del cambio climático



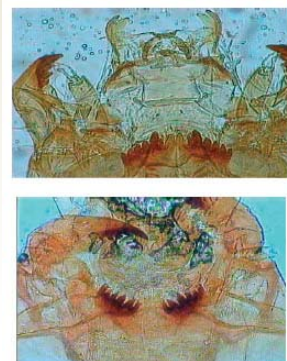
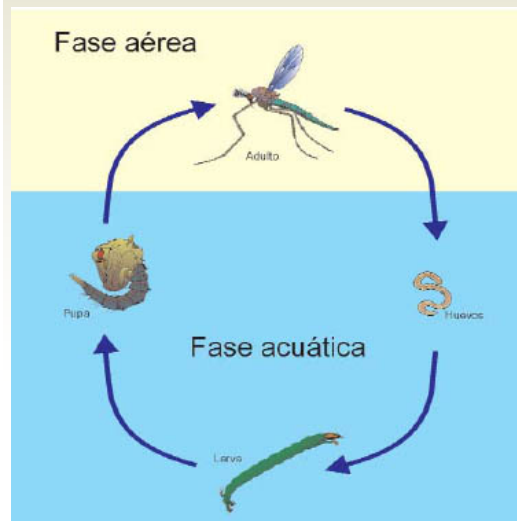
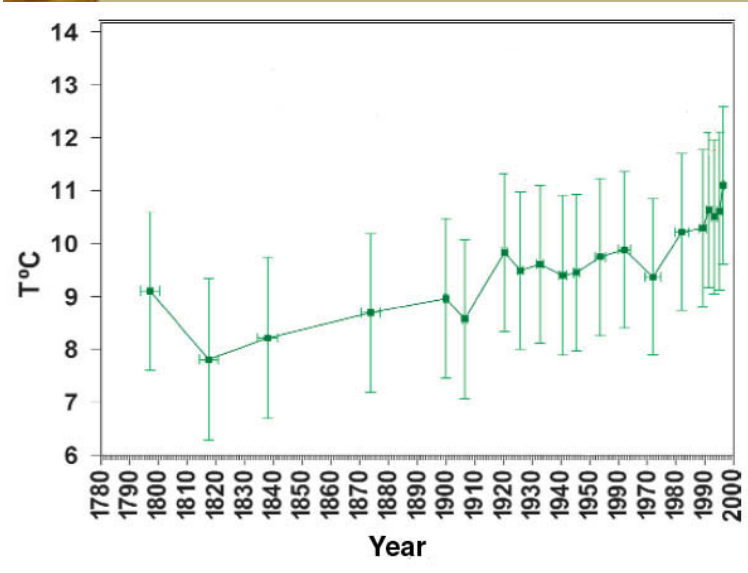
Abundancia  
(clima nuevo)



Abundancia relativa especies (clima actual)



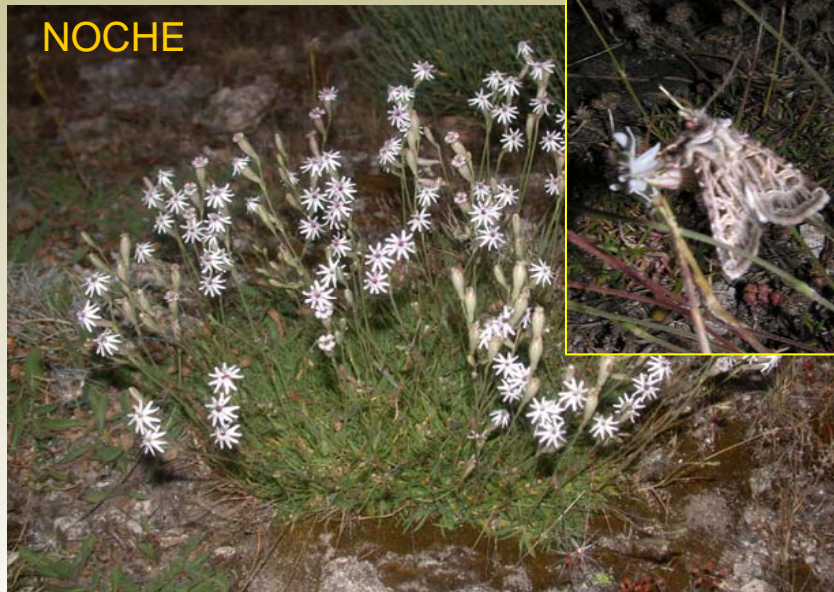
# Las montañas: observatorios de cambio climático



Mean air temperature reconstruction, inferred by frequency of fossil Chironomids in high mountain lakes (Granados & Toro, 2000. *Journal of Limnology*).



# Dinámica de poblaciones de *Silene ciliata* a lo largo de un gradiente altitudinal





# Tasa de crecimiento poblacional ( $\lambda$ )

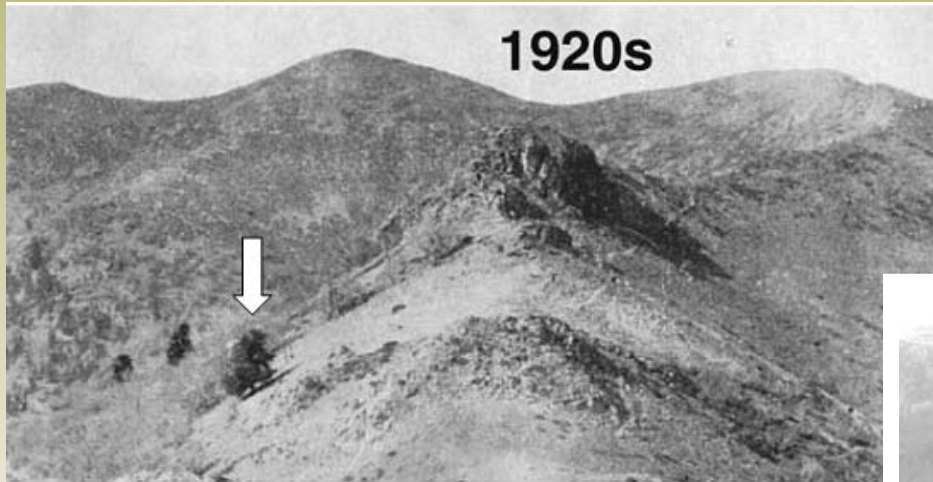
$\lambda = 0,98$

$\lambda = 1,03$

$\lambda = 0,86$



# Migraciones altitudinales de ecosistemas



Estudios en el Montseny  
(Peñuelas et al.)



Pero el clima no es  
lo único que  
cambia...



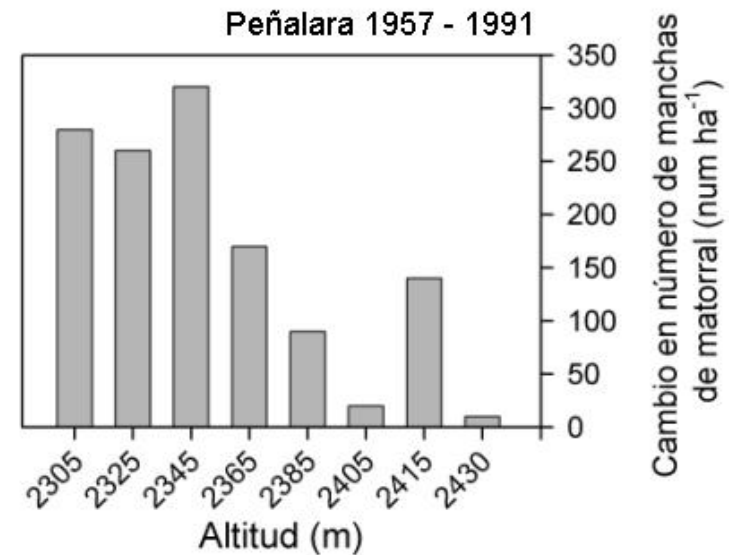
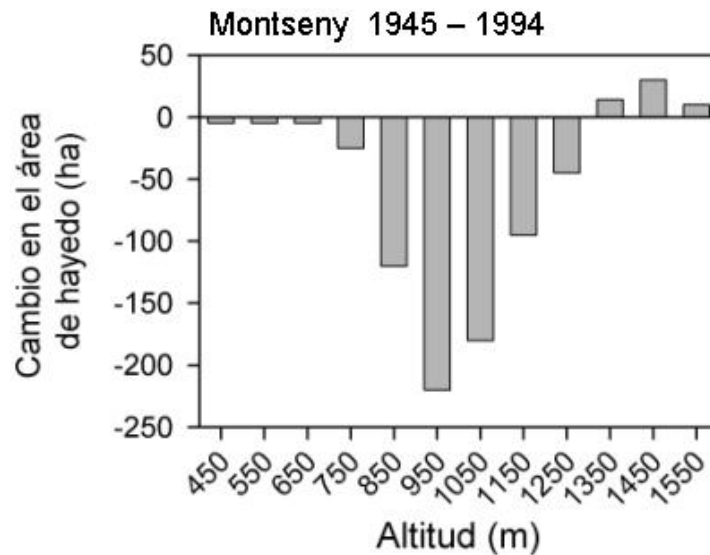


# Migraciones altitudinales de ecosistemas: clima + cambios de uso

Hayas y brezos en Les Agudes, 1703 m



Enebros en las Lagunas de Peñalara, 2200 m





# Los motores directos de cambio están aumentando su intensidad

Ecosystem	Impact				
	Habitat change	Climate change	Invasive species	Over-exploitation	Pollution
Boreal forest	↗	↑	↗	→	↑
Temperate forest	↘	↑	↑	→	↑
Tropical forest	↑	↑	↑	↗	↑
Temperate grassland	↗	↑	→	→	↑
<b>Mediterranean ecosystems</b>	↗	↑	↑	→	↑
Tropical grassland and savanna	↗	↑	↑	→	↑
Desert	→	↑	→	→	↑
Inland water	↑	↑	↑	→	↑
Coastal ecosystems	↗	↑	↗	↗	↑
Marine ecosystems	↑	↑	→	↗	↑
Island	→	↑	→	→	↑
Mountain	→	↑	→	→	↑
Polar	↗	↑	→	↗	↑

Driver's impact on biodiversity over the last century      Driver's actual trends

Low  
 Moderate  
 High

↘ Decreasing  
→ Continuing  
↗ Increasing

- La mayoría se mantienen o aumentan en la mayoría de ecosistemas

# Cambios muy evidentes en los ecosistemas mediterráneos



SE Creta,  
verano  
1968



1988



1998







¿Debido al  
cambio  
climático?

# Cambios en la intensidad y tipo de las perturbaciones: cambios en fisonomía, funcionamiento y biodiversidad



SE Creta, verano 1968:  
la herbivoría regula las  
comunidades vegetales  
de *Pistacia lentiscus*



1988: abandono. Se  
extiende *Pinus brutia* y  
aparece *Atriplex halimus*



1998: el fuego regula las  
comunidades vegetales





No se puede descartar un efecto del clima ... aunque en conjunción con otros cambios





# Los motores directos de cambio están aumentando su intensidad

Ecosystem	Impact				
	Habitat change	Climate change	Invasive species	Over-exploitation	Pollution
Boreal forest	↗	↑	↗	→	↑
Temperate forest	↘	↑	↑	→	↑
Tropical forest	↑	↑	↑	↗	↑
Temperate grassland	↗	↑	→	→	↑
<b>Mediterranean ecosystems</b>	↗	↑	↑	→	↑
Tropical grassland and savanna	↗	↑	↑	→	↑
Desert	→	↑	→	→	↑
Inland water	↑	↑	↑	→	↑
Coastal ecosystems	↗	↑	↗	↗	↑
Marine ecosystems	↑	↑	→	↗	↑
Island	→	↑	→	→	↑
Mountain	→	↑	→	→	↑
Polar	↗	↑	→	↗	↑

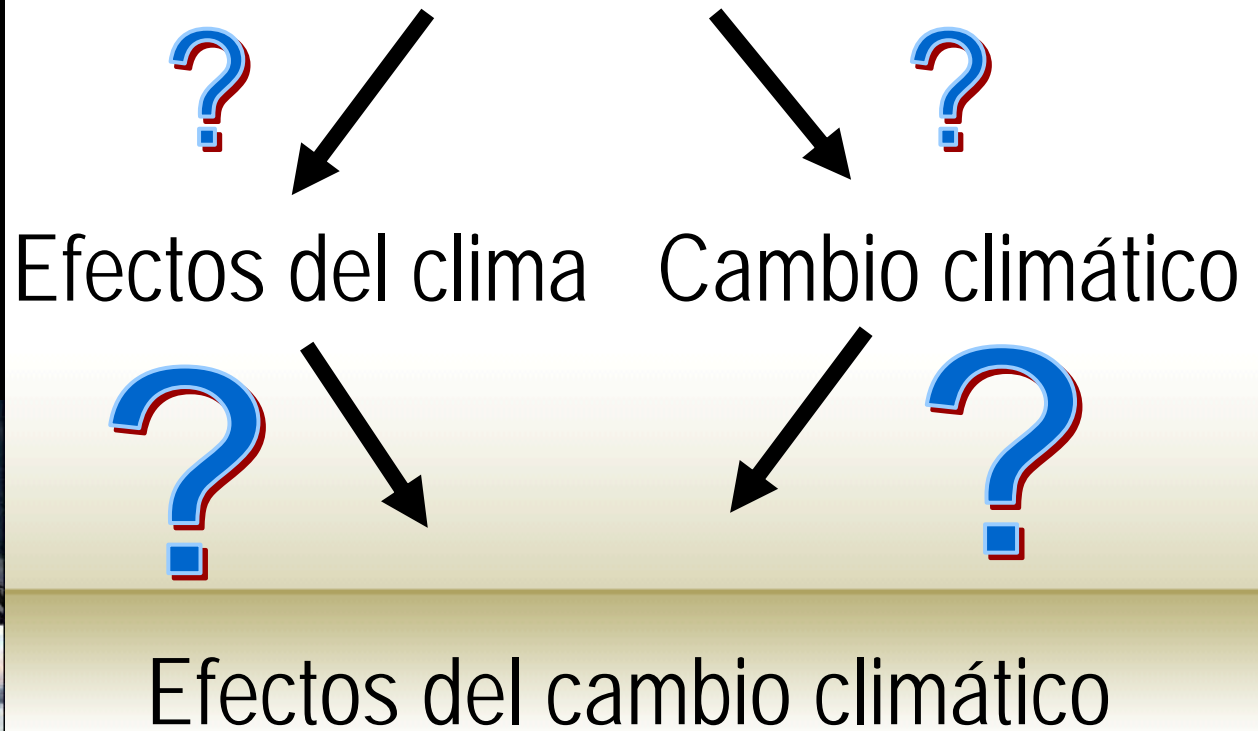
Driver's impact on biodiversity over the last century      Driver's actual trends



- La mayoría se mantienen o aumentan en la mayoría de ecosistemas

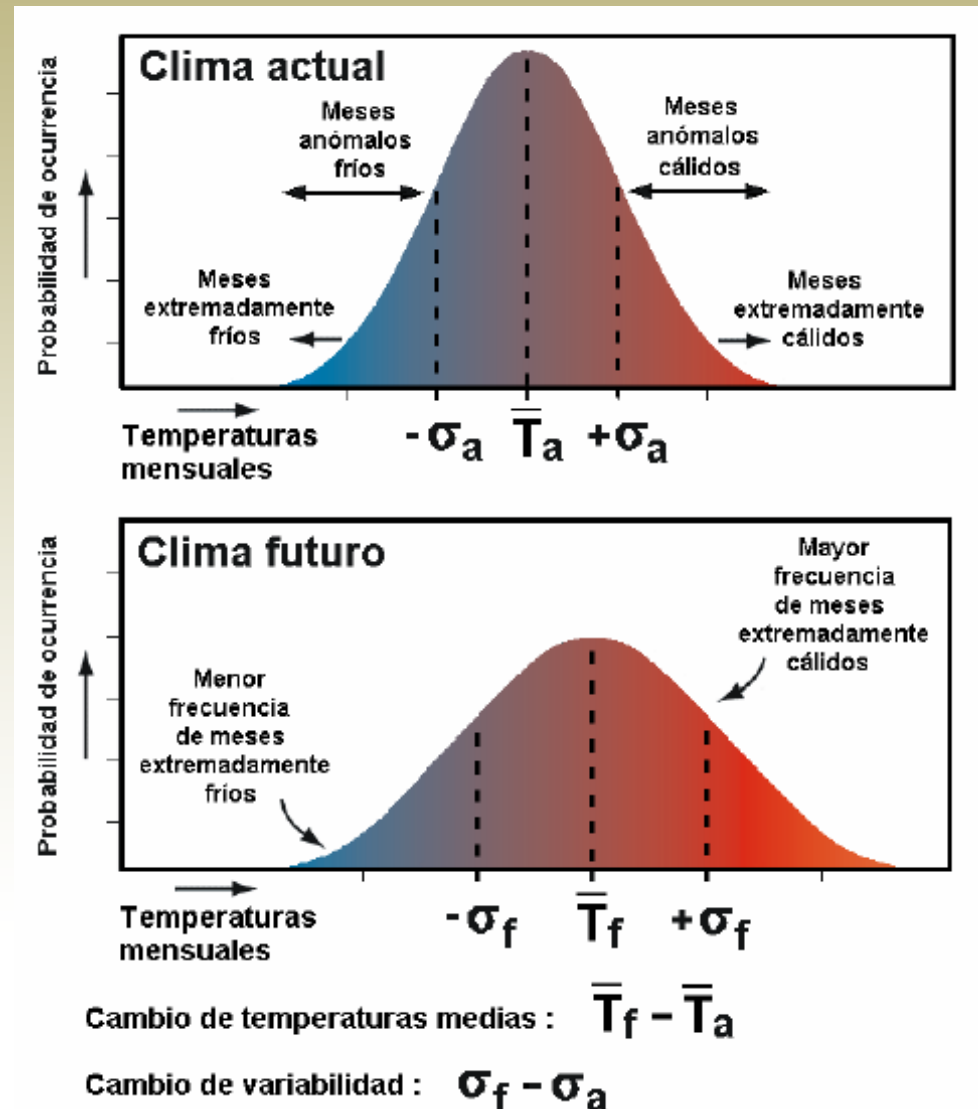


# Clima



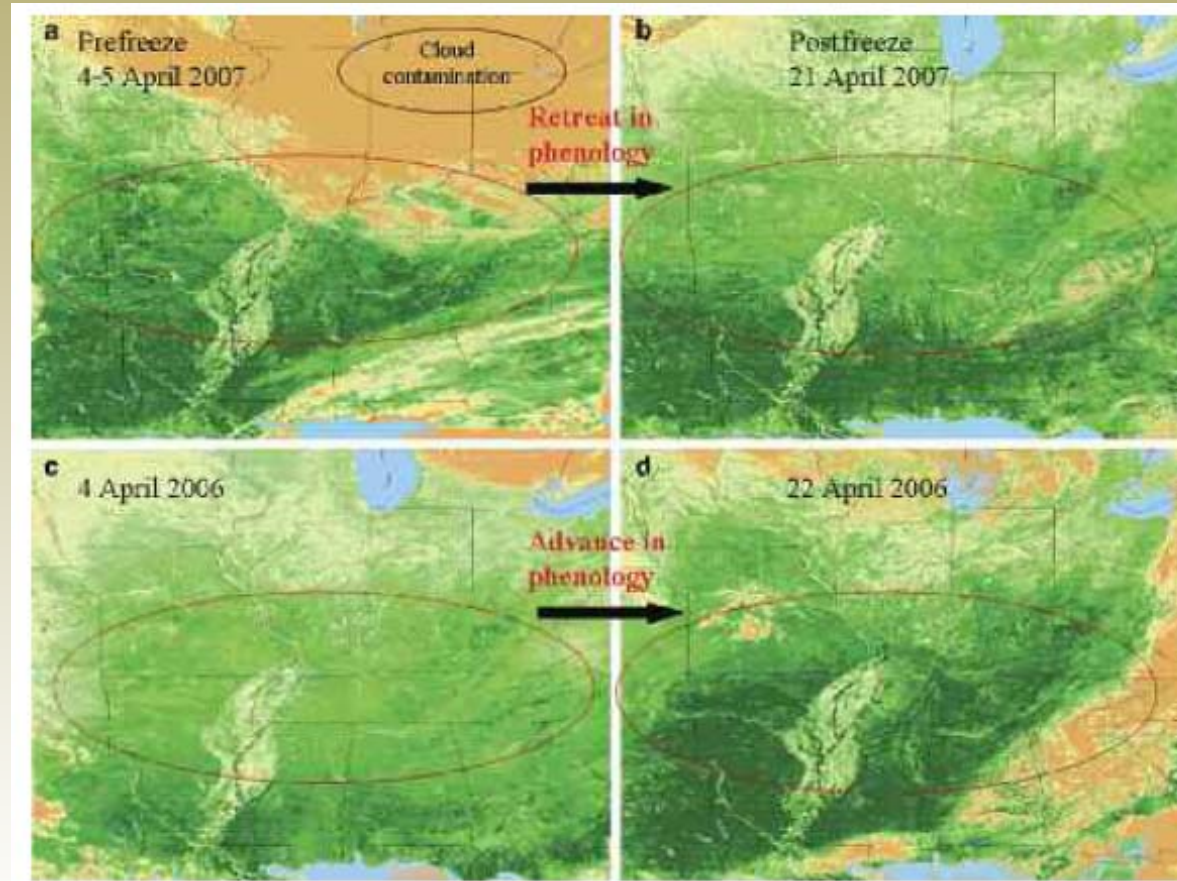


# Cambio climático, otros cambios: amplitud y variación





## *Cambios en el ritmo y secuencia de eventos climaticos extremos*



El calentamiento avanza la fenología (4-5 abril 2007)

Una helada tardía retrasa la fenología (21 abril 2007) en Norteamérica

(Gu et al 2008)



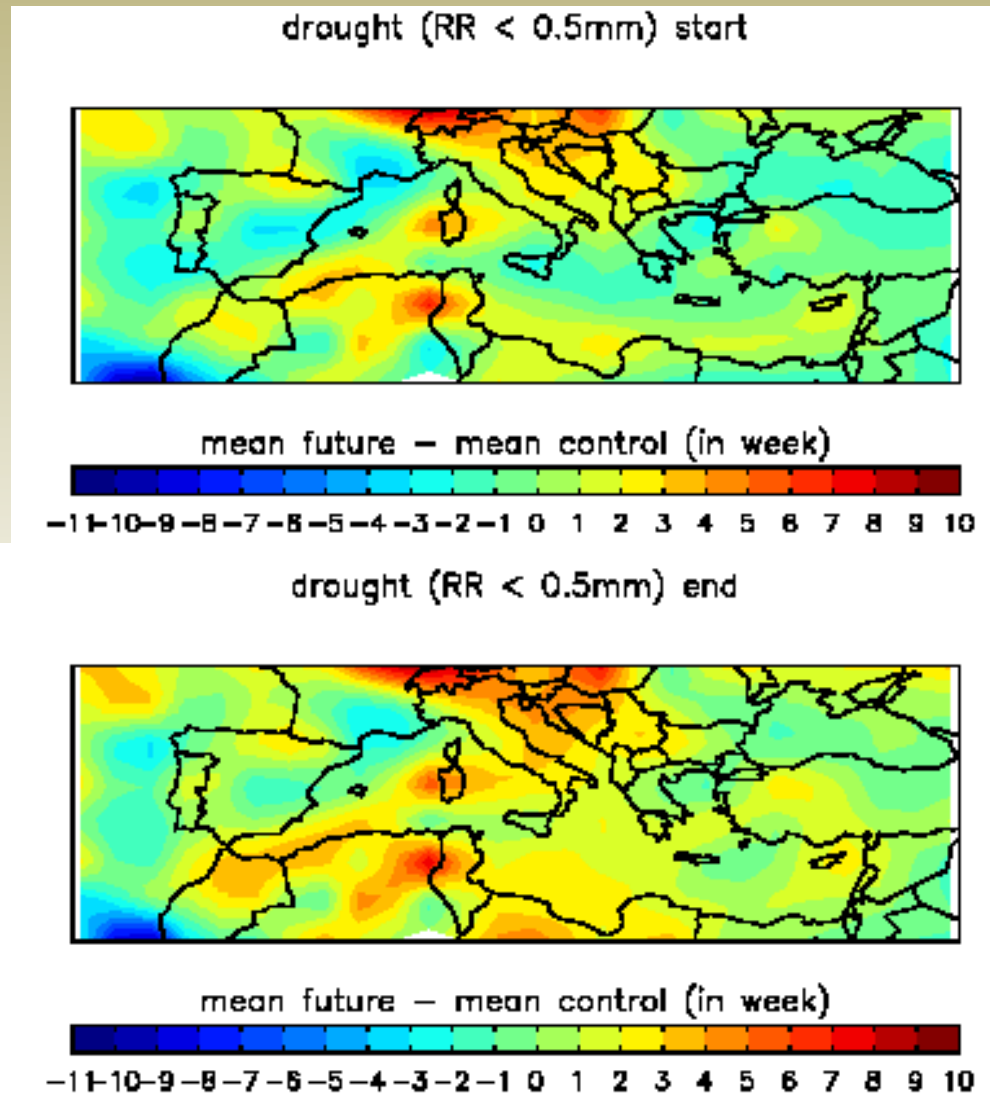
## *Cambios en el ritmo y secuencia de eventos climaticos extremos*



El resultado es un gran daño por congelación de árboles y plantas herbáceas que estaban creciendo (Gu et al 2008)



## Otros cambios: inicio y fin de la sequía 2060 (A2)

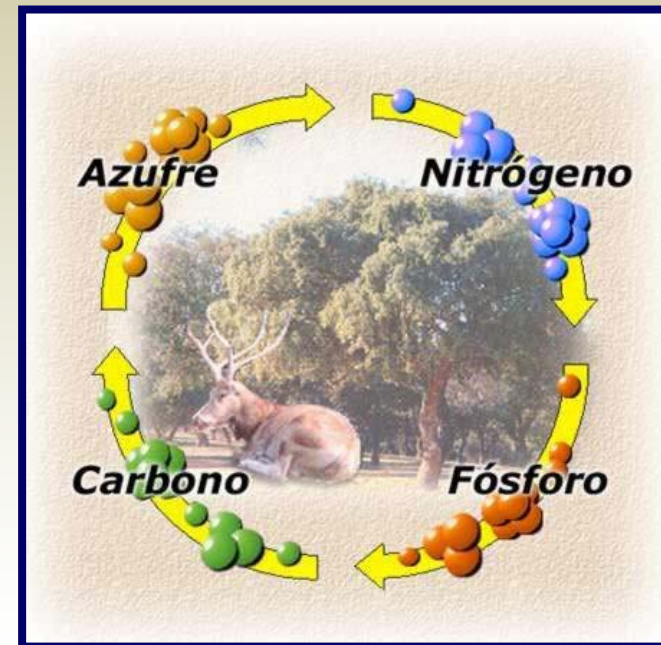


- En sur de Francia y España Central la sequía empieza 3 semanas antes y termina dos semanas antes (desplazamiento hacia primavera).
- En el Norte del Adriático y Maghreb se retrasa 2-4 semanas (desplazamiento hacia otoño)



# Implicaciones ecológicas

- Alteración de ciclos biogeoquímicos
- Perdida de sincronización de ciclos vitales y migraciones





# Implicaciones económicas

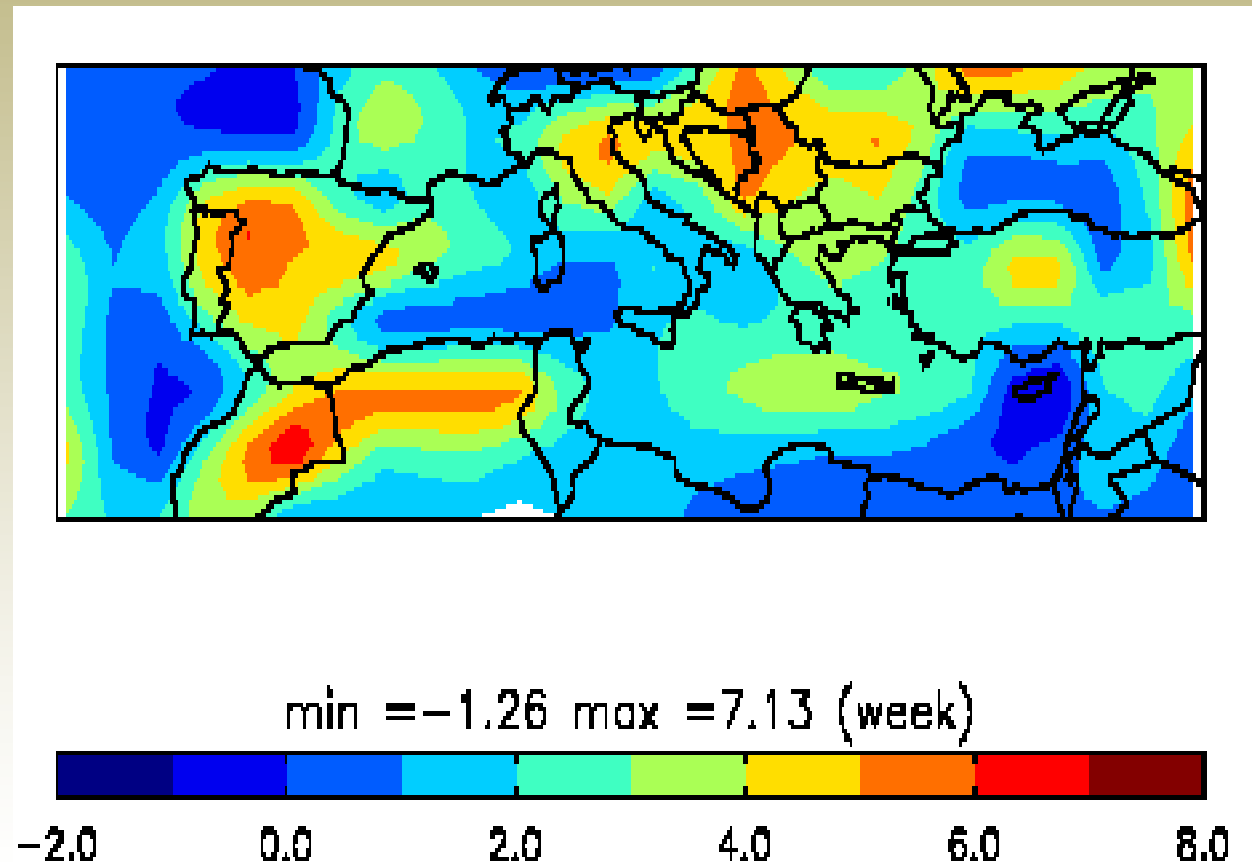
- Planificación de cultivos
- Productividad agrícola





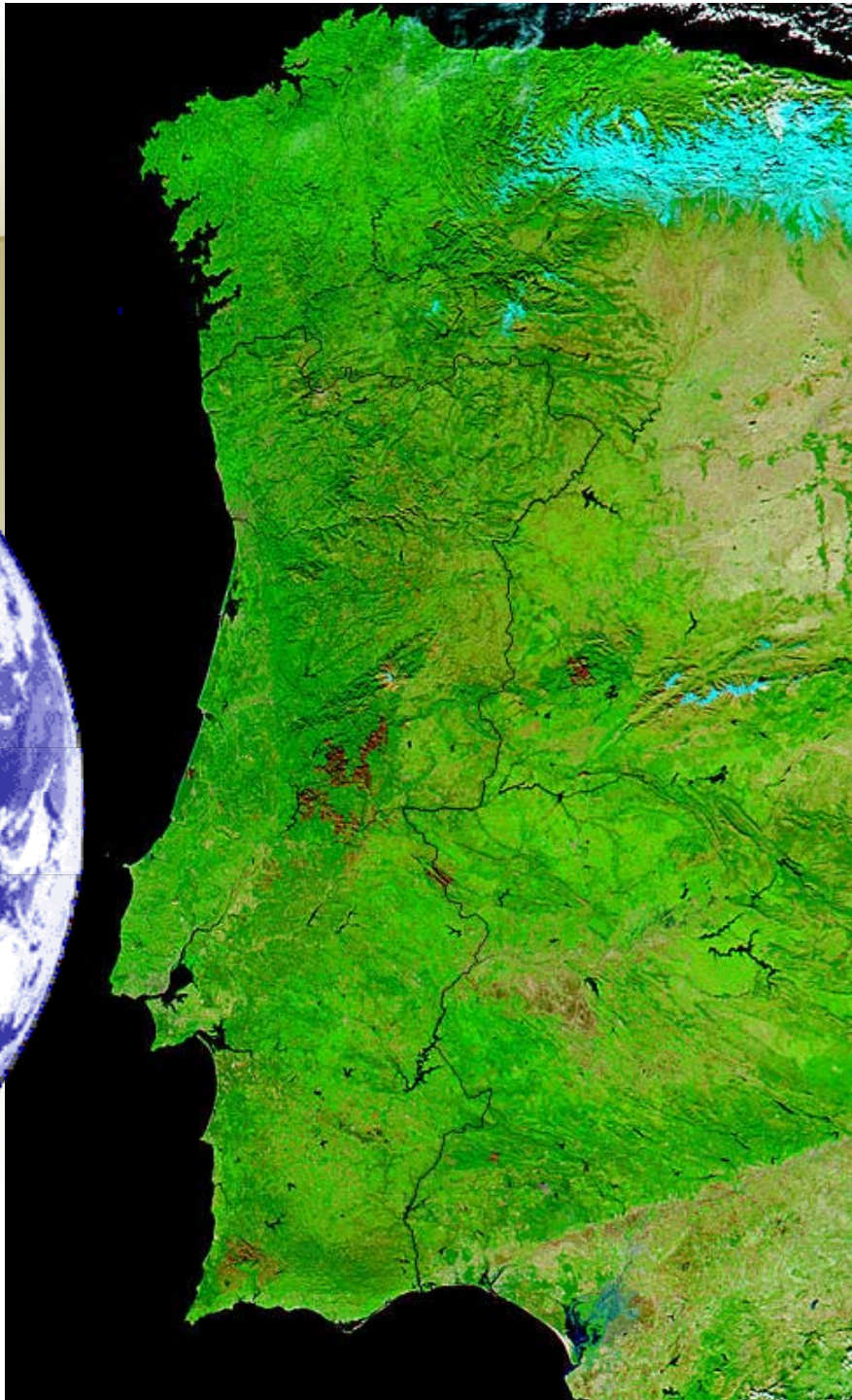
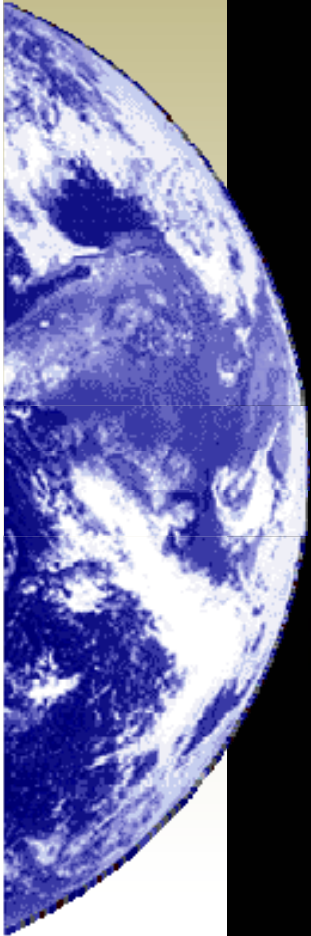
# Una perturbación asociada al cambio climático

Incremento en las semanas de riesgo de incendio 2060 (A2)



FWI > 15 (fire weather index) tiene en cuenta temperatura, humedad y viento





# Incendios devastadores

España y Portugal  
verano 2003



Imagen satélite: en rojo, zonas quemadas visible el 19 Enero de 2004

<http://www.visibleearth.nasa.gov/>



# Incendios catastróficos (Guadalajara 2005, Galicia 2006)

Interacción cambio climático – cambios de uso del monte  
(acumulación de combustible) – actividades humanas  
negligentes





# Incendios devastadores en Canarias julio 2007







Grecia en estado de emergencia por incendios agosto 2007

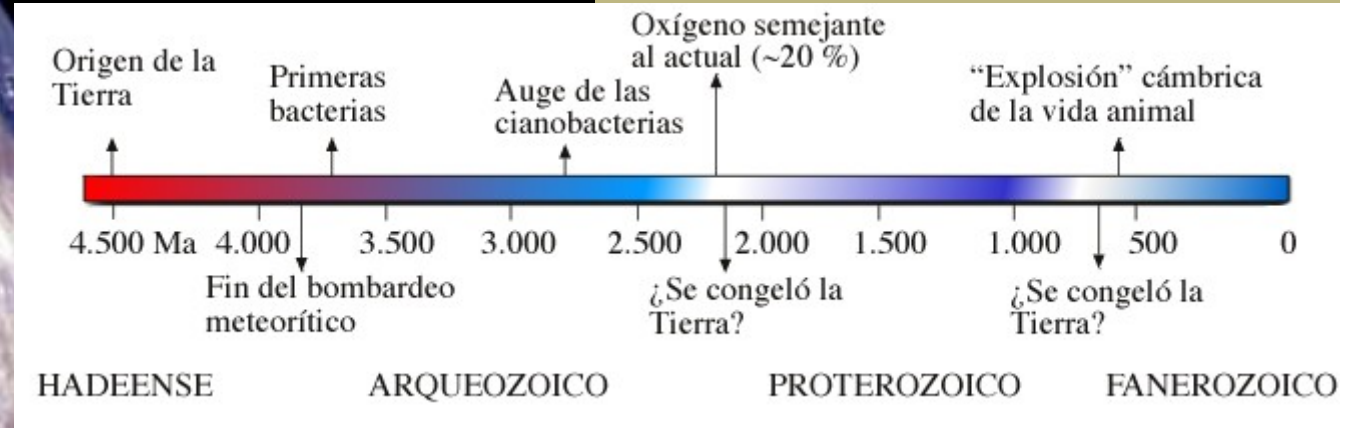


## Con el calentamiento global aumenta el riesgo de especies invasoras en zonas templadas y frías

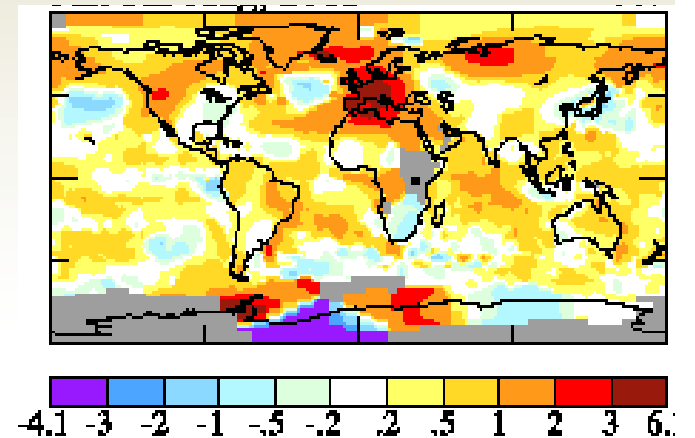
- Bien documentado para comensales de la especie humana



# 1. Aumentar la escala temporal

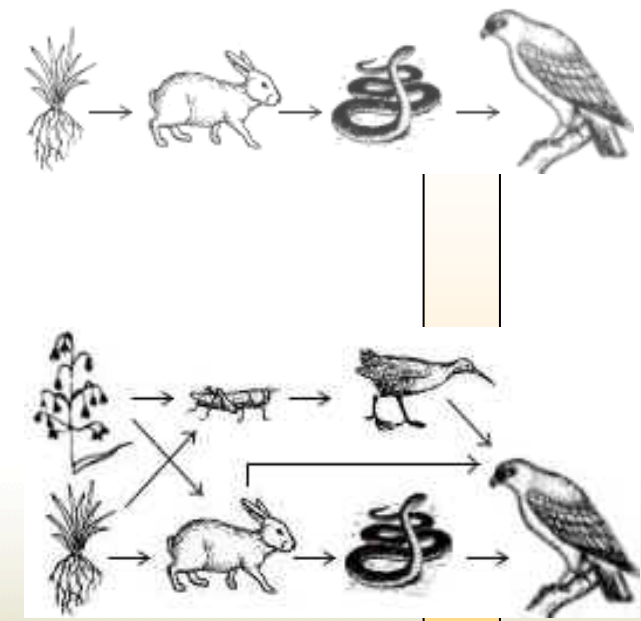


# 2. Aumentar la escala espacial



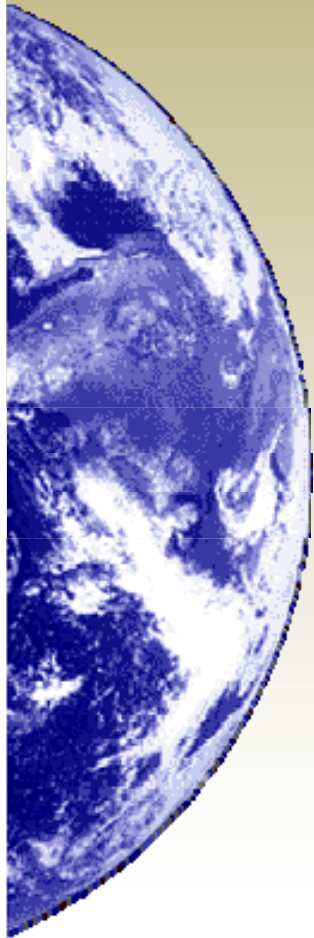
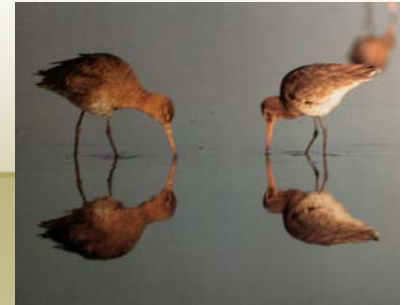
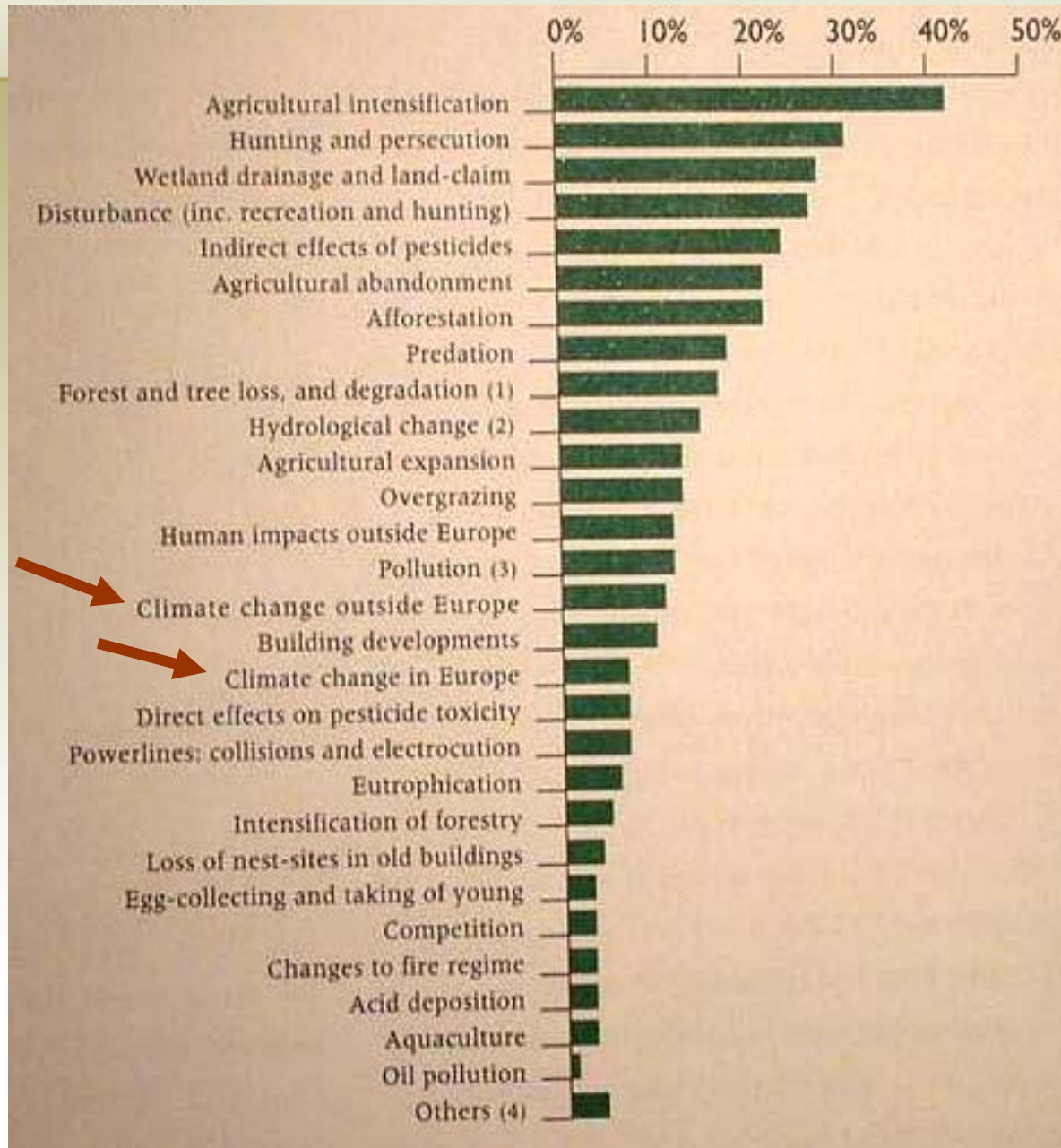


### 3- Complejidad de los ecosistemas y las interacciones entre factores





# Amenazas para las aves europeas







# El Pinsapo, un abeto andaluz, como indicador del cambio climático





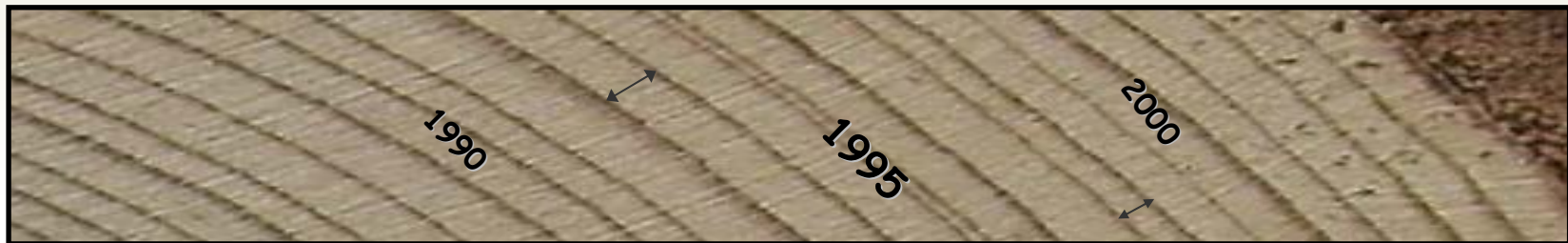
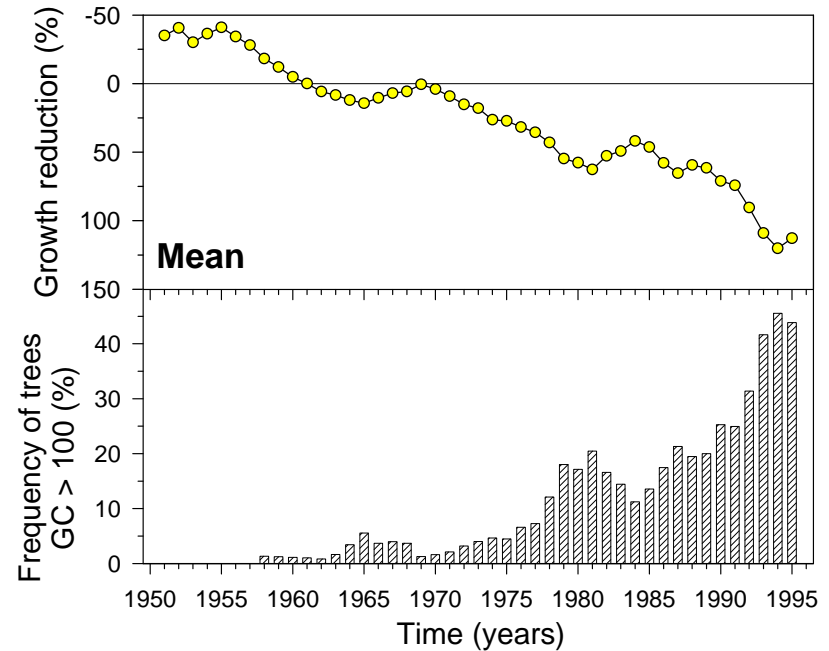
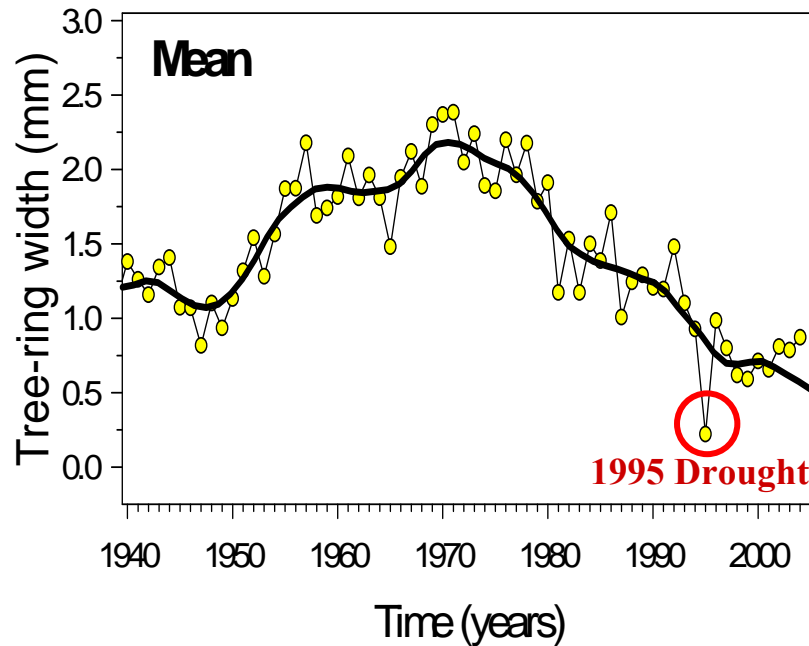
# Biogeografía de abetos circum-Mediterraneos



2: *A. maroccana*; 3: *A. tazaotana*; 4: *A. numídica*; 5: *A. cilicica*; 6: *A. normanniana*; 7: *A. bormuelleriana*; 8: *A. equi-trojani*; 9: *A. cephalonica*; 10 *A. boriis-regis*; 11 *A. nebrodensis*.

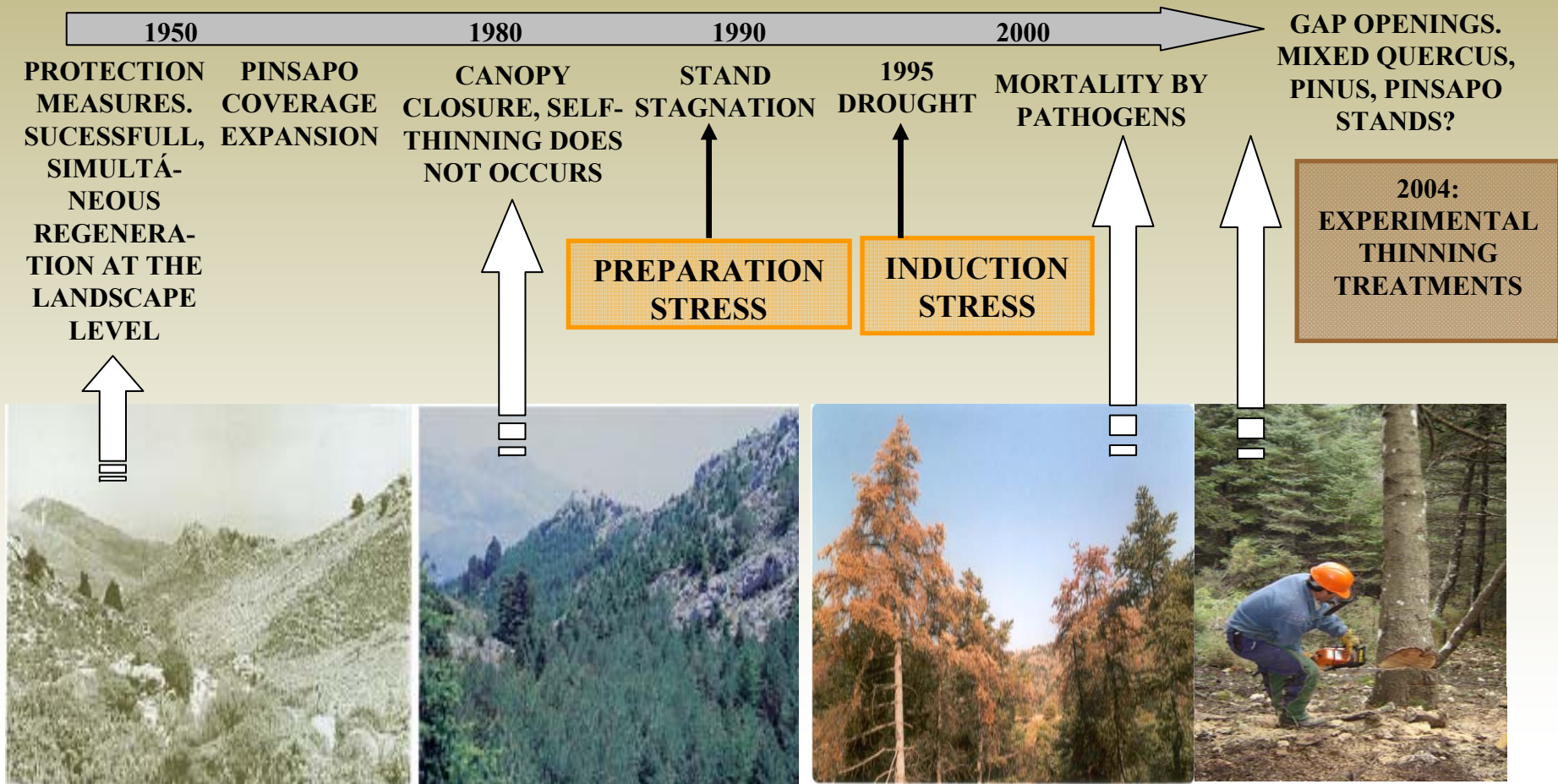


# Disminución de crecimiento particularmente en años secos





# Una serie de factores internos (densidad de la masa) y externos (clima) favorecen patógenos



Cortesía J.A. Carreira





## Efectos del clima en una especie forestal de interés comercial: el pino piñonero



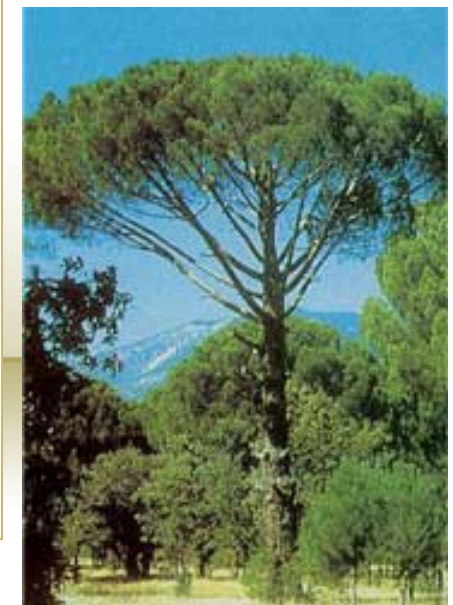
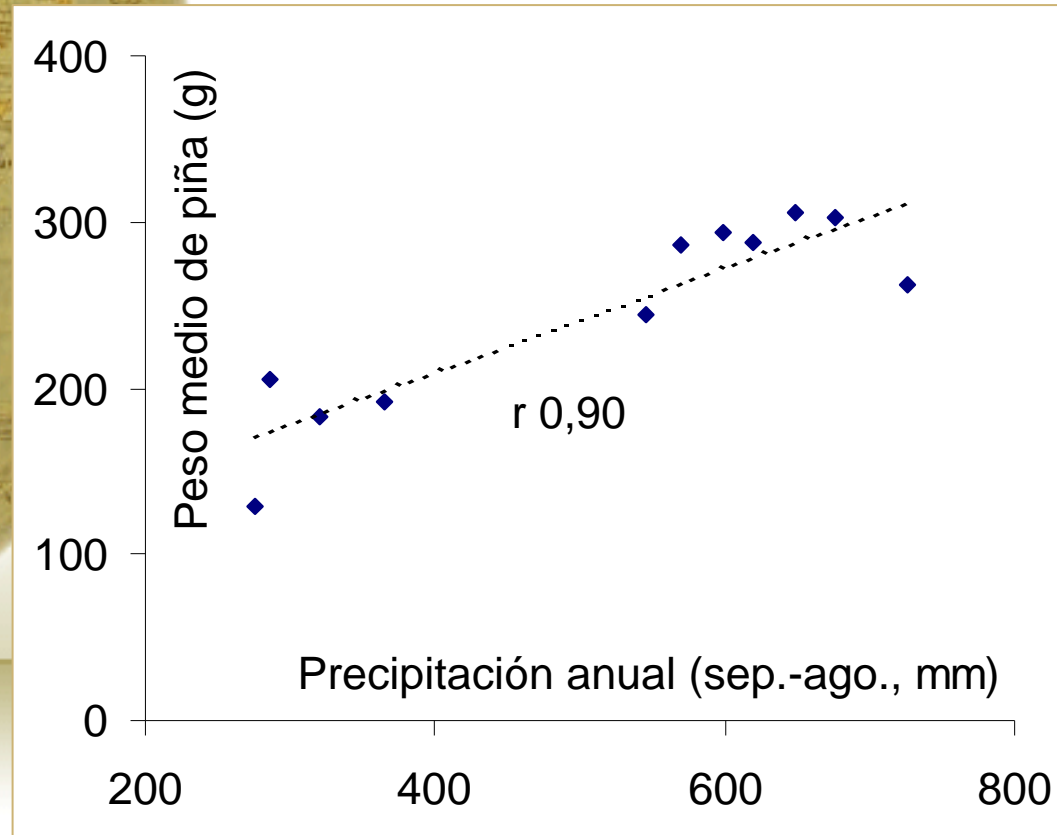
Las grandes piñas suponen un esfuerzo notable para el árbol. Requiere de 3 años (inducción, floración, maduración)

# Vecería en pino piñonero

Serie de 11 años 1994/95-2005/06

Variación del tamaño medio

(Sven Mutke, inédito)



## Vecería en pino piñonero

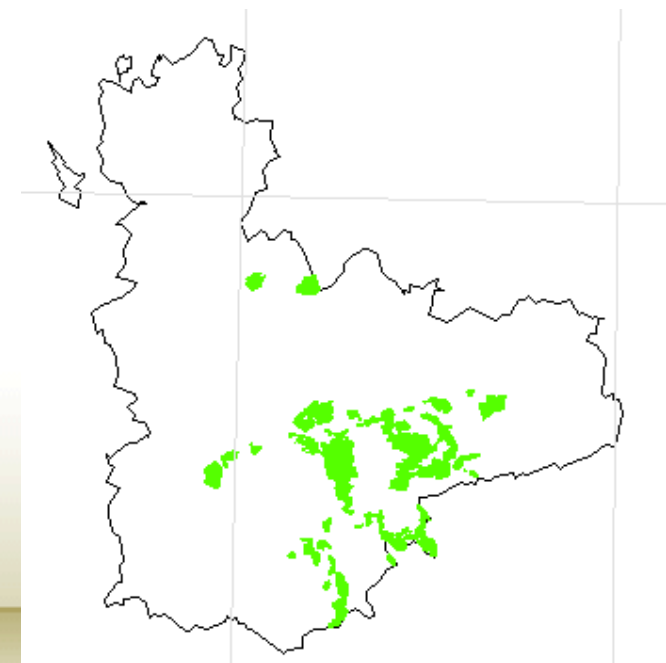
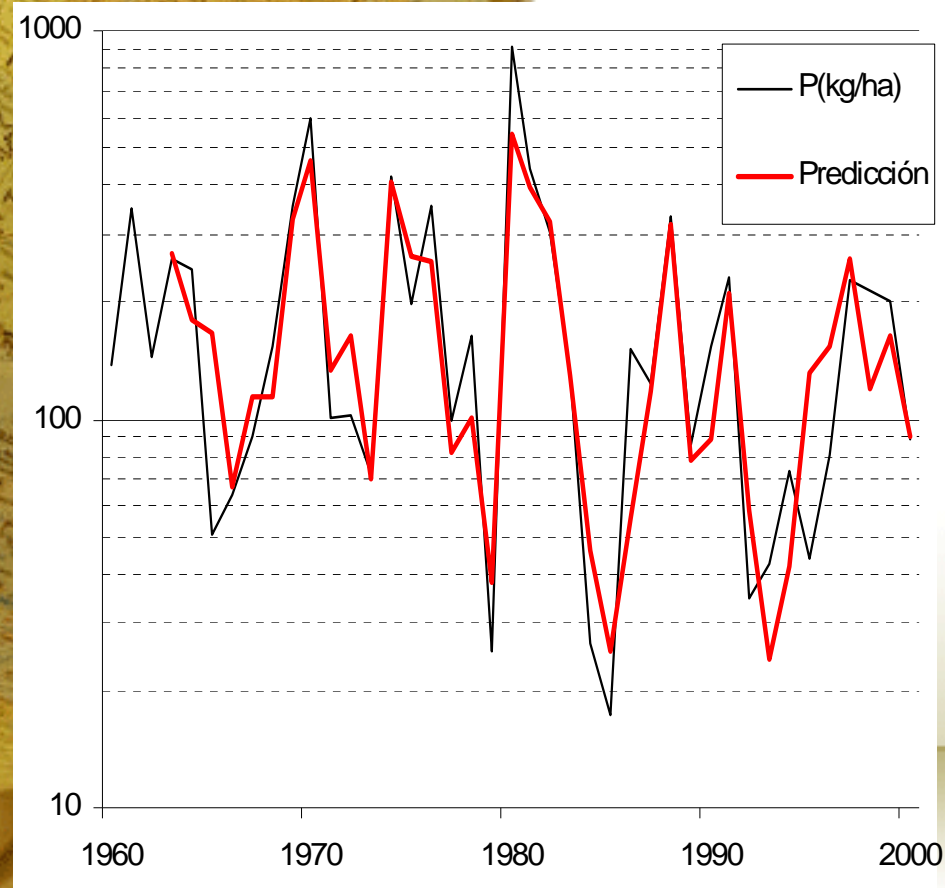
## Modelo de cosecha media anual

Montes de Utilidad Pública de Valladolid (16.000 ha *P. pinea*)

[Archivo del Servicio Territorial de Medio Ambiente: 1960-2000]

peor año < 20 kg/ha

mejor año > 900 kg/ha



Mutke, Gordo, Gil, 2005: Agricultural and Forest Meteorology 132: 263-272





Vecería en pino piñonero



## Modelo de cosecha media anual

Valladolid (16.000 ha) 1960-2000

### R<sup>2</sup> 75%, incluyendo

13% Autocorrelación negativa con la carga de piña **año de inducción**

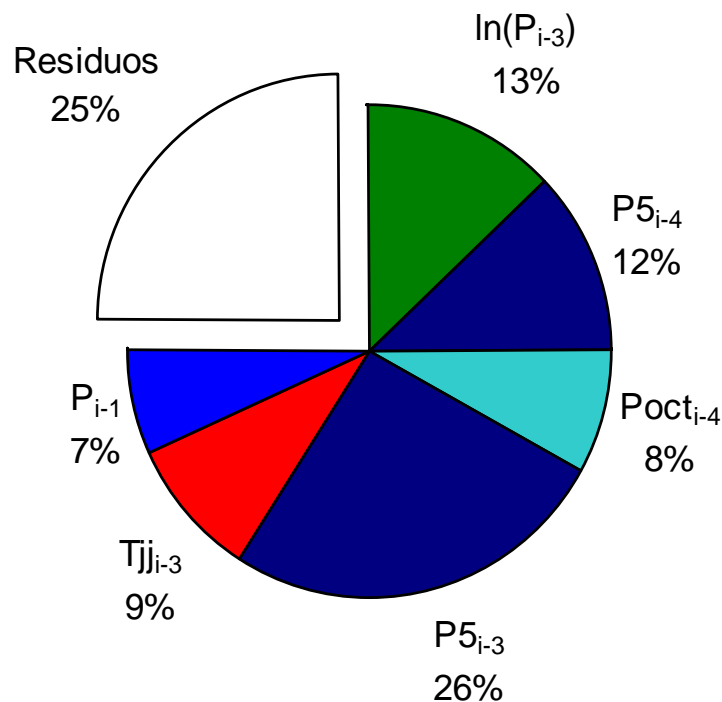
+12% P5 Lluvia ene-mayo **año inducción**

+8% Poct Lluvia octubre **año inducción**

+26% P5 Lluvia ene-mayo **año floración**

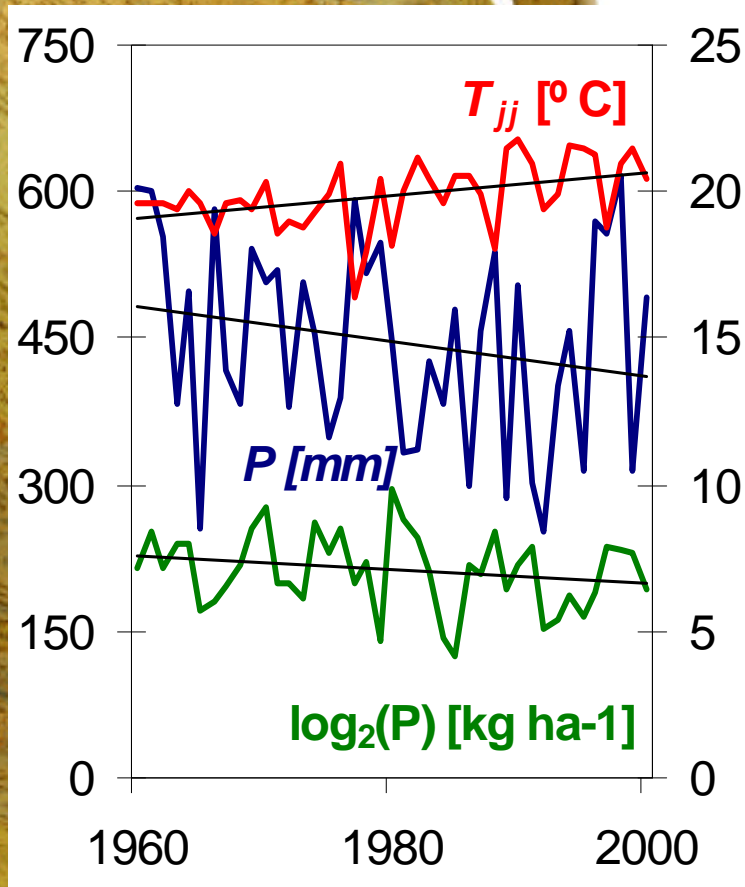
+9% Tjj Temp. junio/julio **año floración**

+7% Pa Lluvia sept-ago. **año maduración**



Mutke, Gordo, Gil, 2005: Agricultural and Forest Meteorology 132: 263-272

## Vecería en pino piñonero



### Tendencias lineales? climáticas 1960-2000

Precipitación anual **-15%** (-75 mm)

Precipitación primaveral **-30%** (-71 mm)

Temperatura junio/julio **+1,7° C**

*medidos en el modelo predicen la observada*

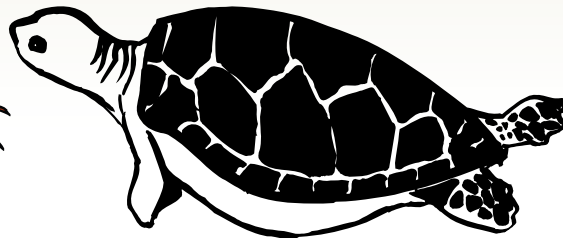
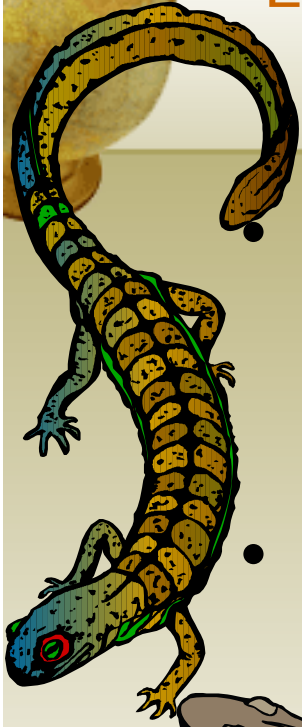
### Tendencia de la cosecha de piña

**-35%** (-60 kg ha<sup>-1</sup>)

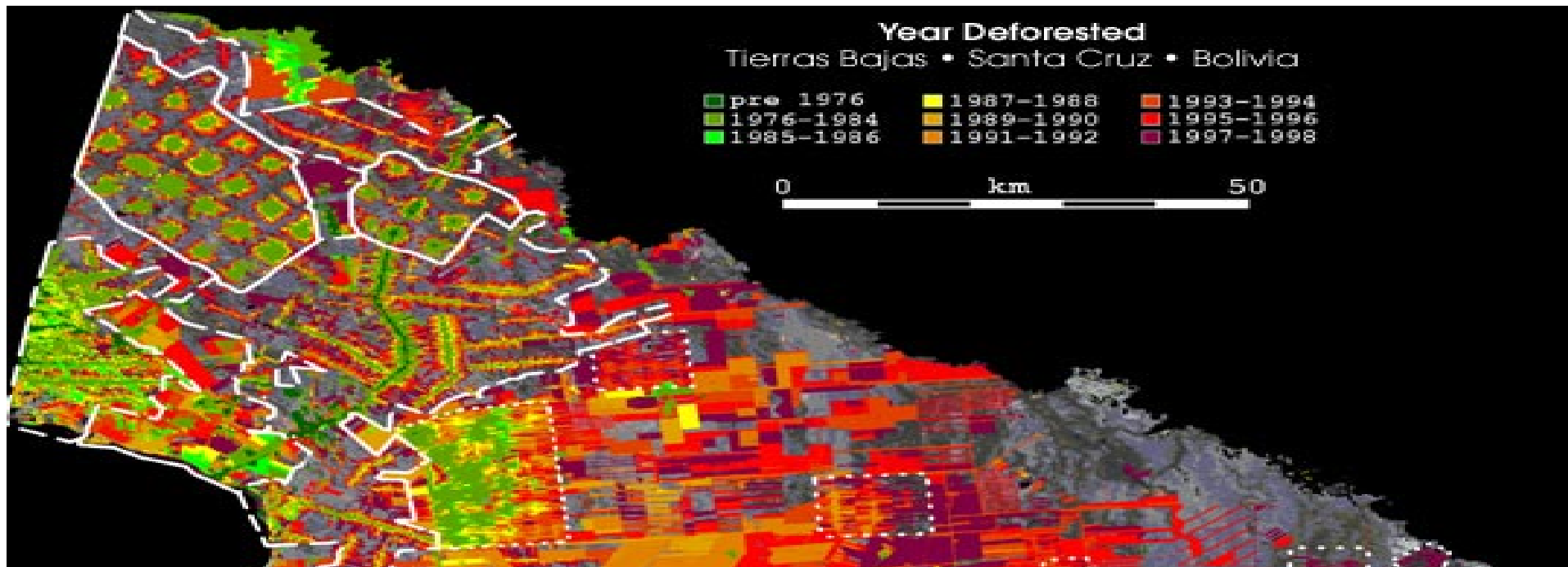
años 60 >180 kg/ha ⇒ años 90 120 kg/ha

# Los reptiles son muy sensibles al cambio climático

- La capacidad de migración (movilidad territorial) es muy escasa
- Su actividad depende de la temperatura ambiente







Esto los hace sensibles a la fragmentación y degradación de habitat



Cortesía Adolfo Marco



## Algunos rasgos de los reptiles



- Depositán sus huevos en nidos subterráneos entre 0 y 40 cm
- Su desarrollo embrionario ocurre en los meses más cálidos
- Ponen huevos con cáscaras flexibles y permeables
- Los huevos intercambian mucho agua con el ambiente del nido
- No hay cuidado paterno de los huevos







Mortandad de los huevos es muy alta (hasta el 100%) por:

- Predación
- Infecciones hongos y bacterias
- Alteraciones por raíces
- Intoxicación
- Inundación
- Deseccación







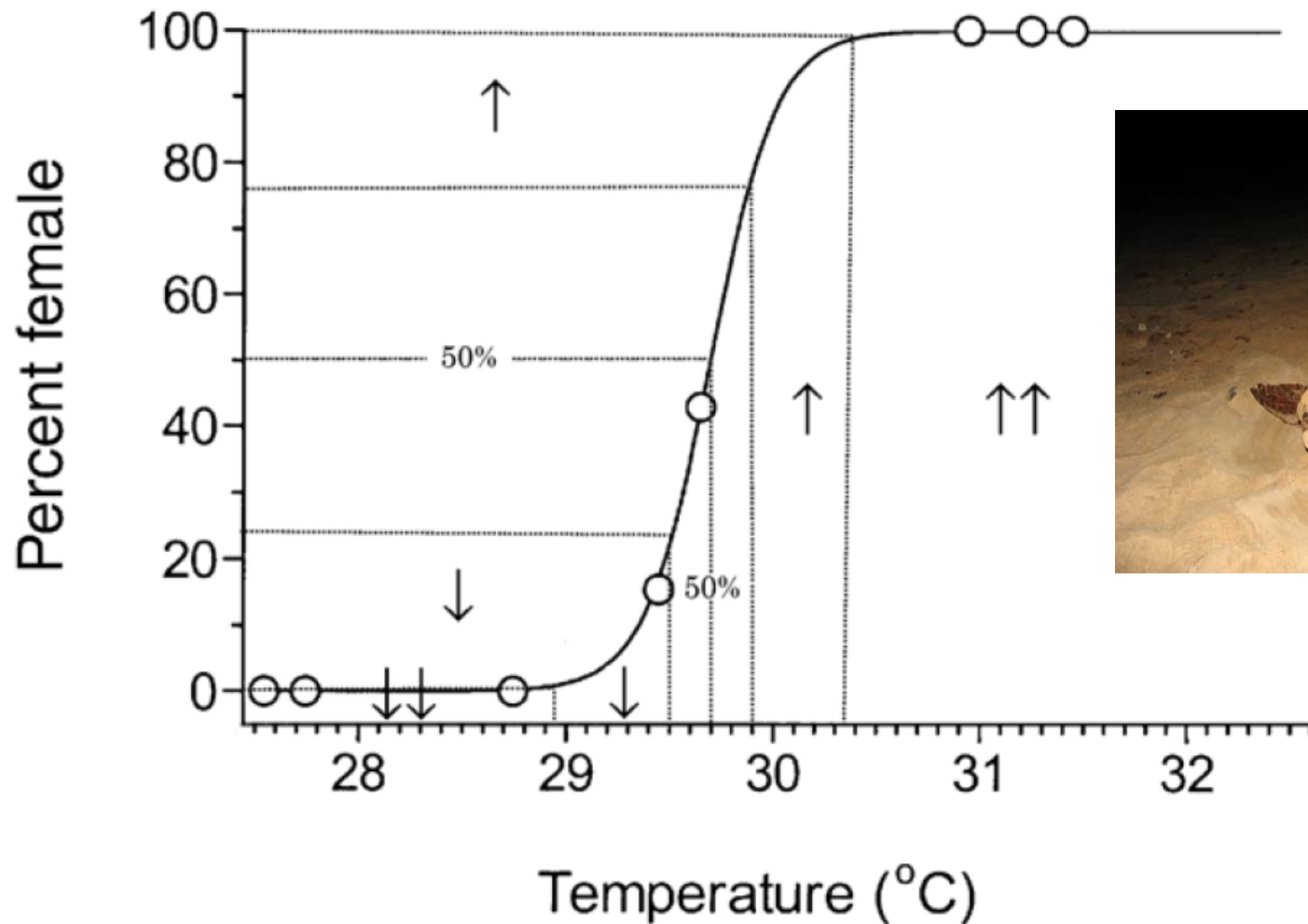
## Un problema adicional

- El sexo en muchos grupos de reptiles (tortugas, cocodrilos y lagartos) no está determinado genéticamente
- Es la temperatura durante el desarrollo la que da lugar a machos o a hembras

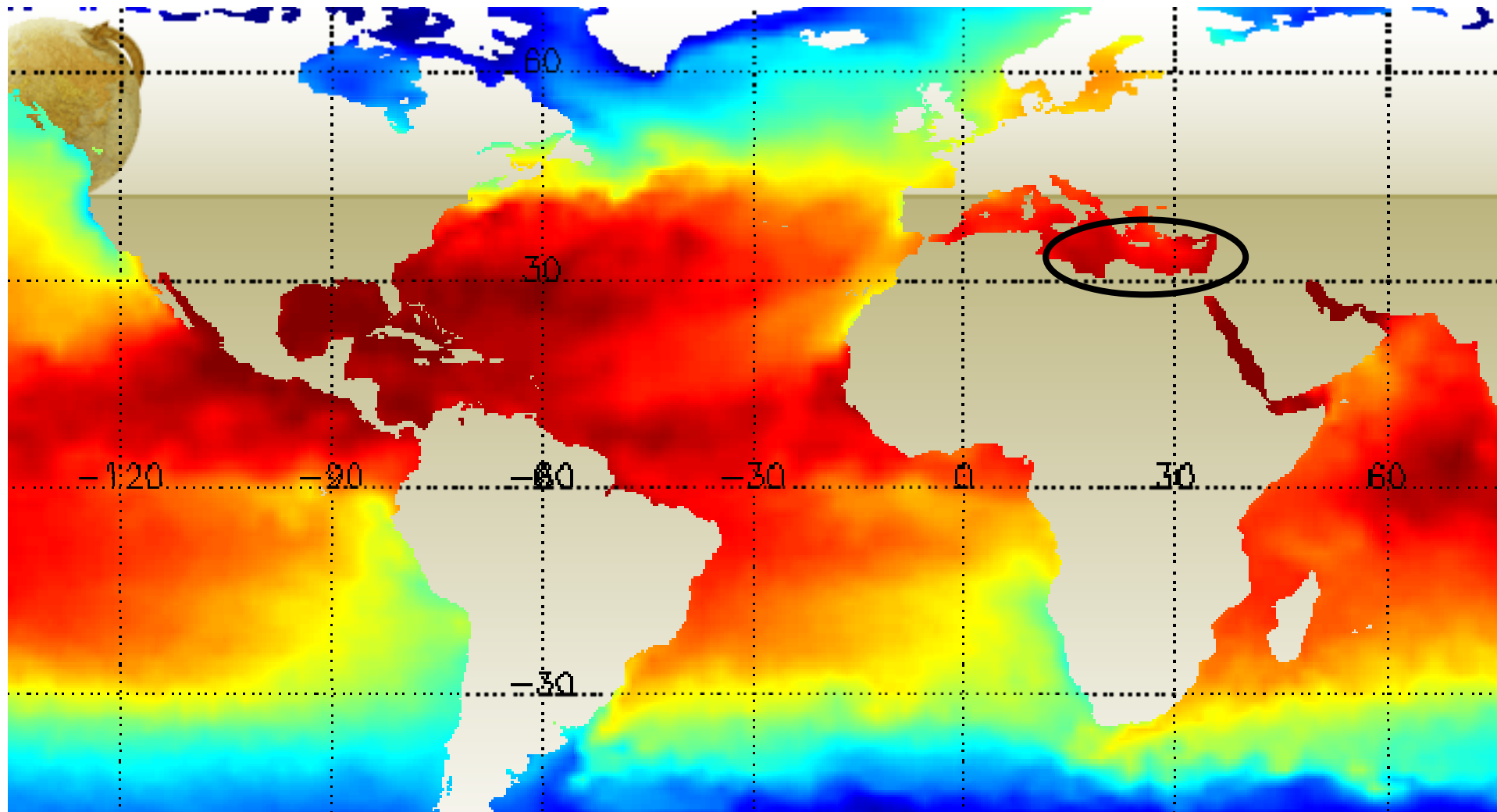




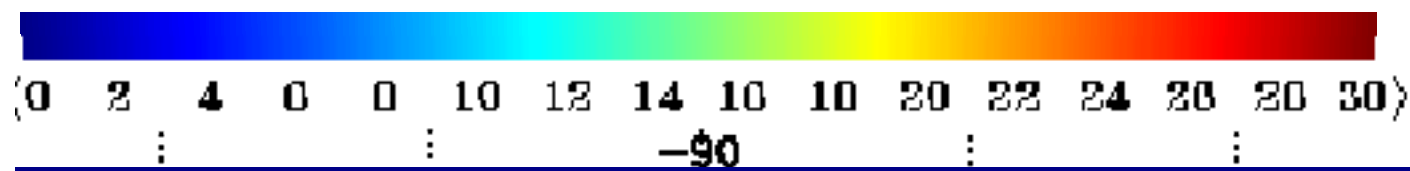
# Huevos incubados a alta temperatura no producen machos, solo hembras en tortugas de mar




Cortesía Adolfo Marco



**La temperatura de las playas de nidificación de las tortugas en el Mediterráneo tienen temperaturas de la arena de 32-33 °C dando lugar mayoritariamente a hembras.**








Las playas mediterráneas con temperaturas apropiadas son empleadas por las tortugas de forma muy esporádica



Las tortugas tienen una tendencia muy fuerte de volver exactamente a la misma playa donde nacieron. Con el aumento de la temperatura de la arena, la producción de machos disminuye radicalmente, sin que las poblaciones se muevan a playas mas favorables

Cortesía Adolfo Marco



# Cambio climático y mariposas. Un estudio a largo plazo en 16 especies



**SNAPSHOT**  
WEEK OF 01.23.2006

IMAGE BY NASA

GLOBAL WARMING: BUTTERFLIES ON THE MOVE  
SIERRA DE GUADARRAMA, SPAIN

De Prunner's ringlet butterfly  
*Erebia triaria*

Purple-shot copper butterfly  
*Lycaena alciphron*

Scarce copper butterfly  
*Lycaena virgaureae*

Global warming is relocating the butterflies of Spain's Sierra de Guadarrama mountains.





**SNAPSHOT**

WEEK OF 01.23.2006

IMAGE BY NASA

GLOBAL WARMING: BUTTERFLIES ON THE MOVE

SIERRA DE GUADARRAMA, SPAIN



Segovia  
Sierra de Guadarrama  
Madrid  
Calceres

Temperatures around the Sierra de Guadarrama  
have risen 1.3 degrees C in the past 30 years.





**SNAPSHOT**

WEEK OF 01.23.2006

IMAGE BY NASA

GLOBAL WARMING: BUTTERFLIES ON THE MOVE

SIERRA DE GUADARRAMA, SPAIN

low elevation

ridge of Sierra de Guadarrama

high elevation

low elevation

Butterfly shift: 212 m higher in 30 years

Madrid

10 km

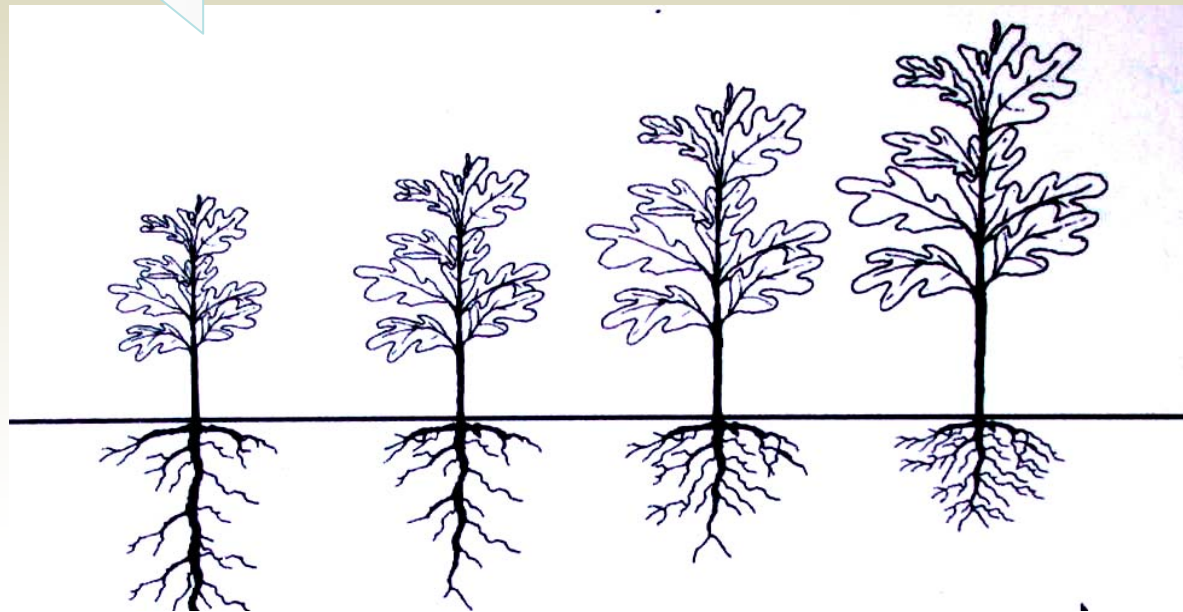
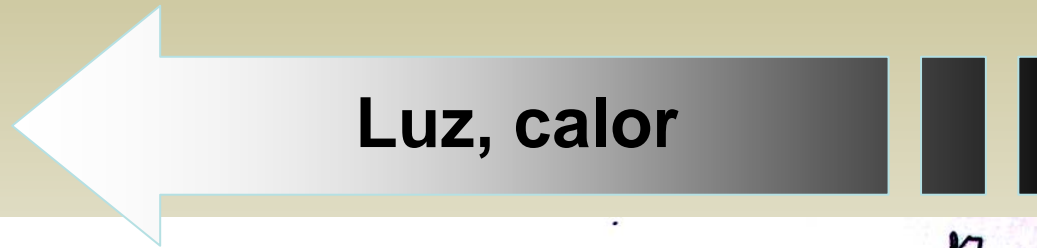
The shift leaves the butterflies with one-third less space for living.  
As available habitat shrinks further, extinctions may occur.



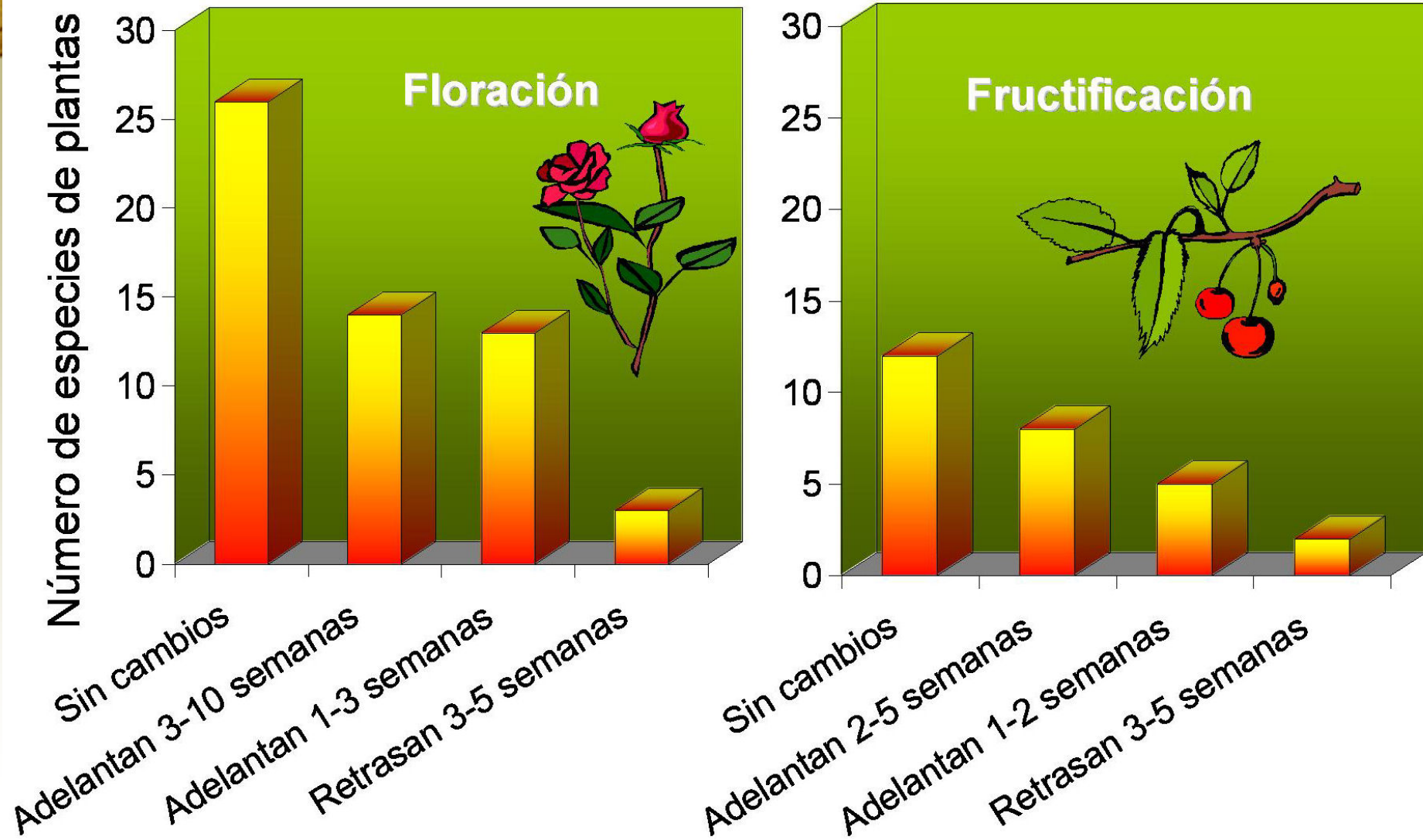


# Las plantas no pueden migrar

...pero pueden aclimatarse y responder al cambio ambiental

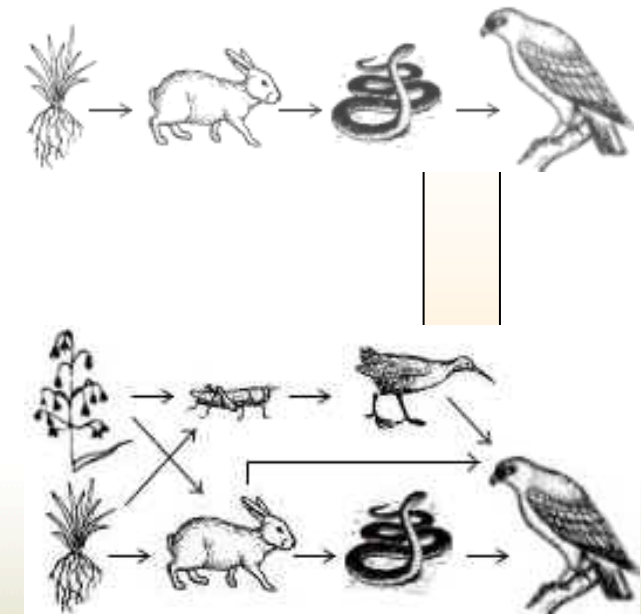


## Cambios en la fecha de floración y fructificación en Cardedeu (Barcelona) tras 50 años de observación



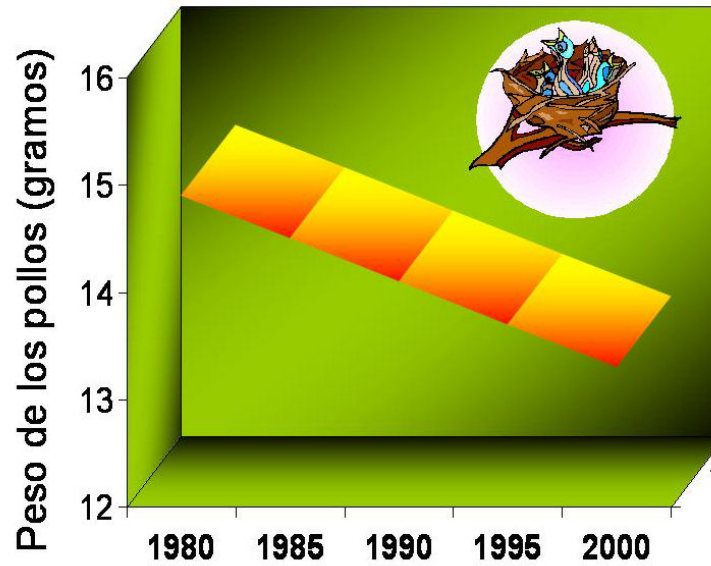
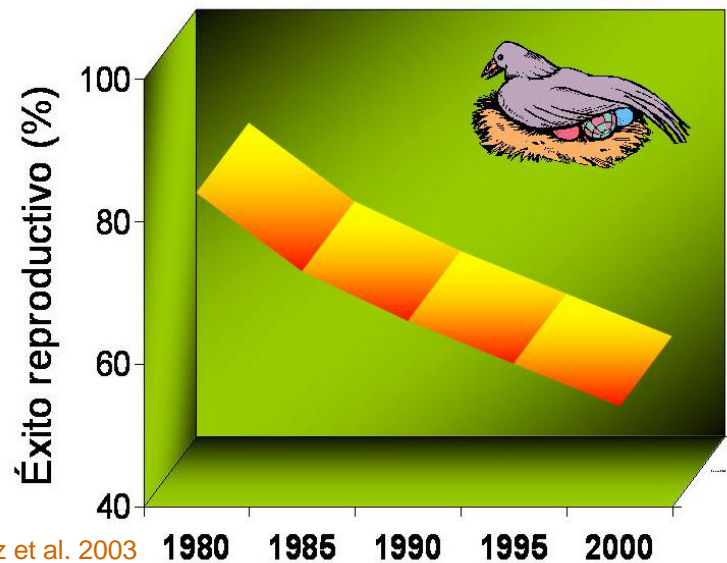
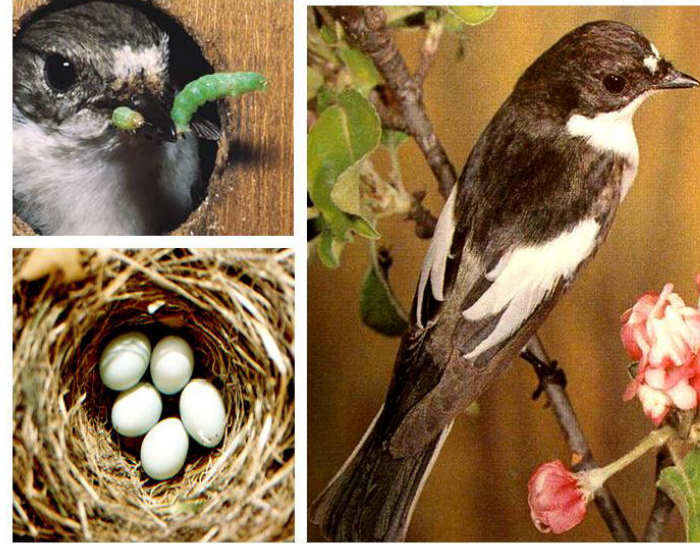
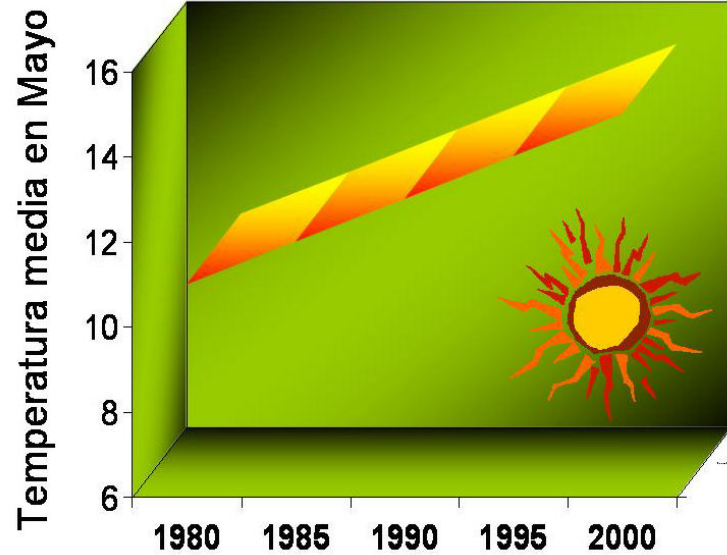


# Pero las especies no están solas





# Cambios en la temperatura, en el éxito reproductor y en el peso de los pollos de papamoscas en la Sierra de Guadarrama tras 20 años de observación



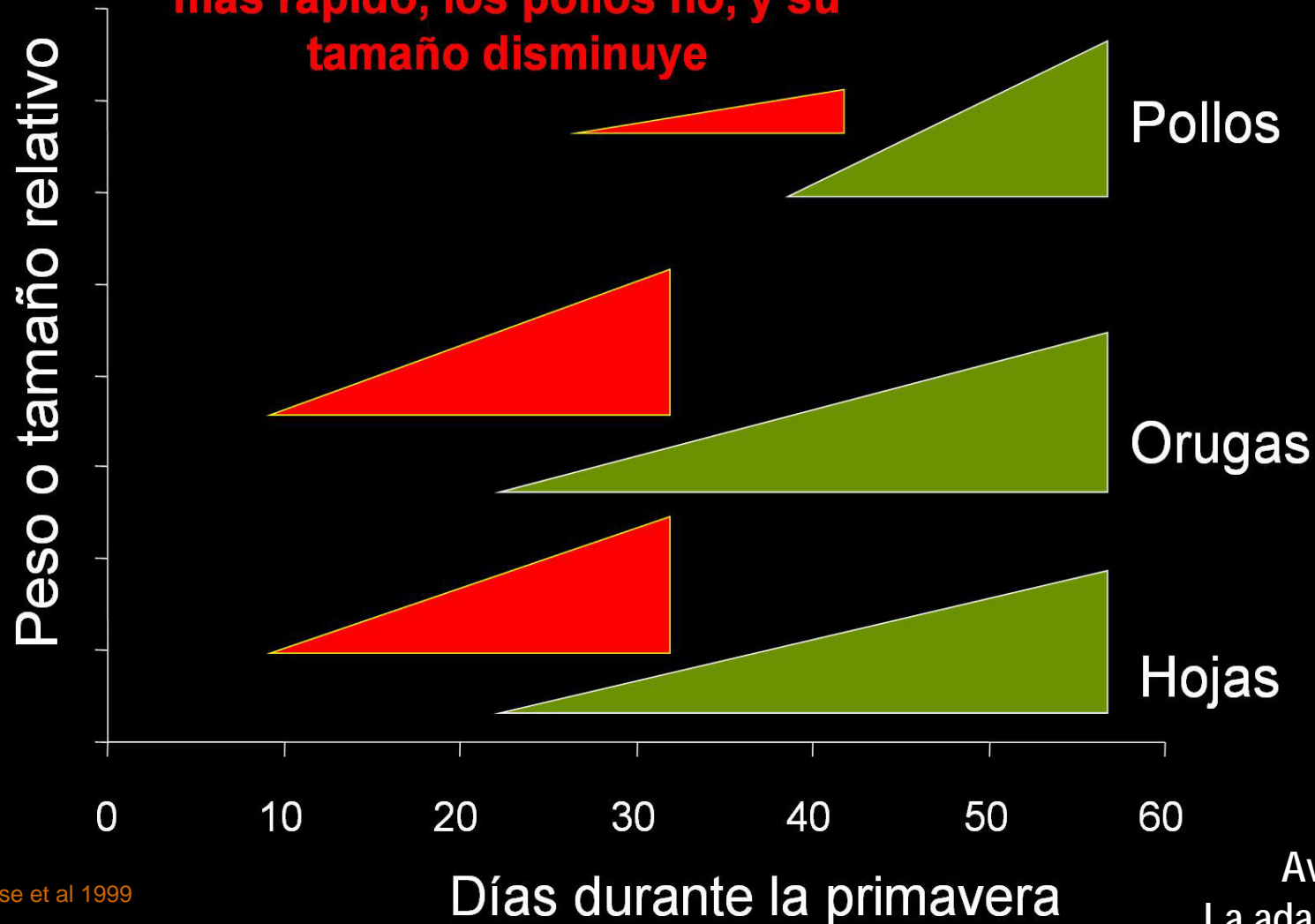
Sanz et al. 2003

Ave migradora  
La sincronización es crucial

Cambios en el crecimiento de hojas, orugas y pollos de carbonero inducidos por el cambio climático. Simulación experimental en Inglaterra.

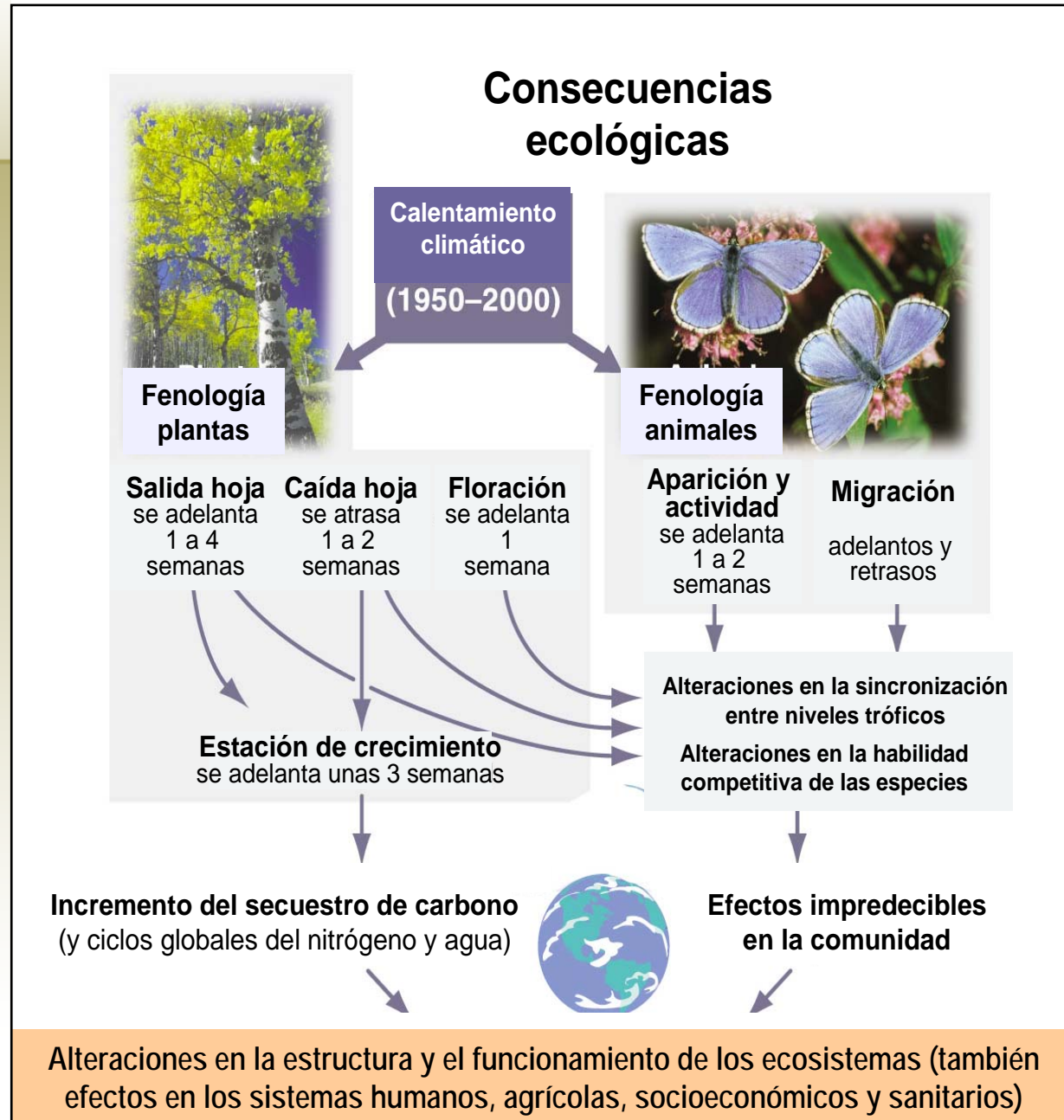
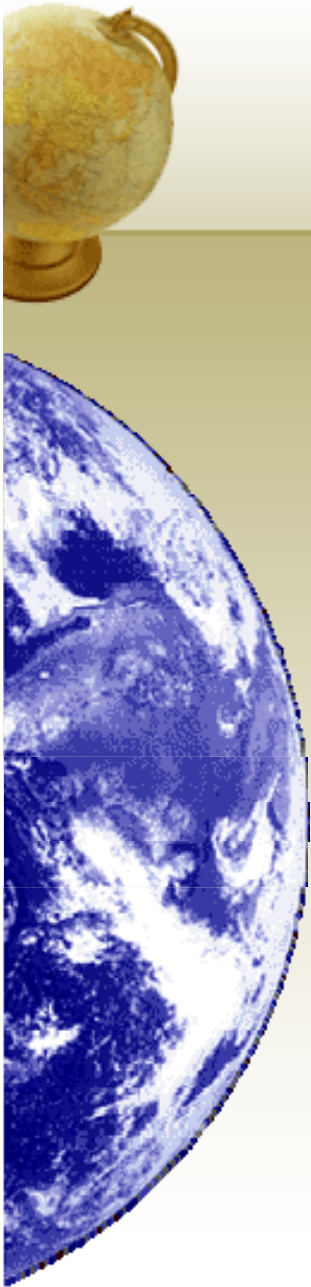
**Situación de cambio climático:**  
hojas y orugas crecen antes y más rápido, los pollos no, y su tamaño disminuye

**Situación normal**



Ave sedentaria  
La adaptación es crucial





# Las especies forman complejas redes de interacciones







## *Las mariposas requieren de su planta nutricia*

El clima afecta no solo al desarrollo de la mariposa, sino también al de su planta nutricia. Ambos deben ir acoplados.

Los cambios en la distribución potencial de la mariposa en un mundo más cálido dependen de la planta nutricia... y de los predadores







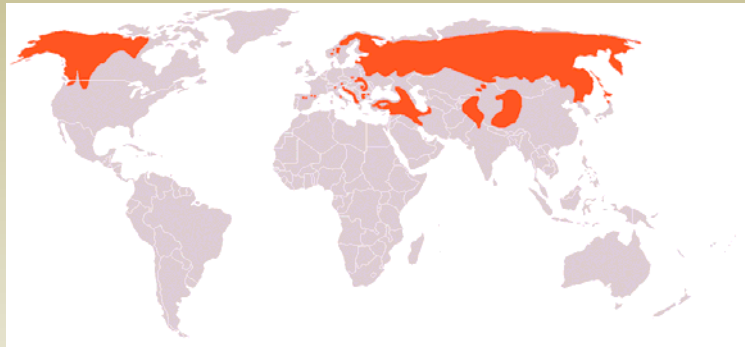
# Las plantas necesitan de ciertas mariposas para su polinización

Los cambios en la distribución potencial de las plantas en un mundo mas cálido depende de las mariposas ... y de los herbívoros



# El oso hiberna en función del clima

- Las poblaciones de mas al sur hibernan menos... o no hibernan







## Efectos directos pero tambien indirectos

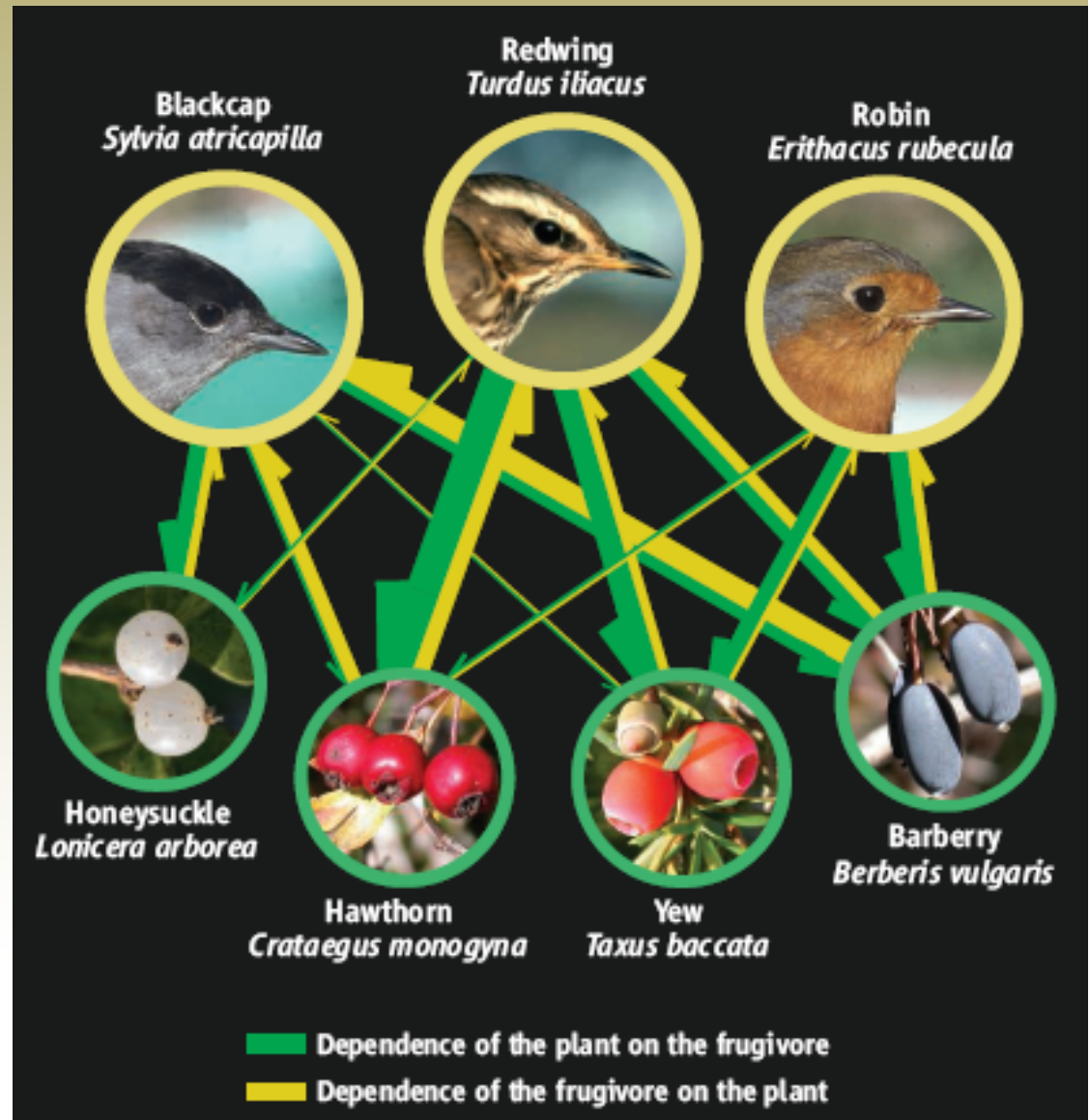
- El clima afecta no solo a las temperaturas durante el invierno, sino, sobre todo a la disponibilidad de frutos durante el otoño



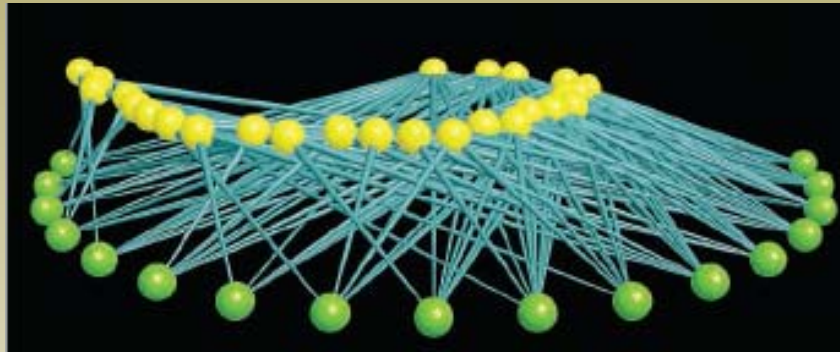


# Las relaciones son asimétricas

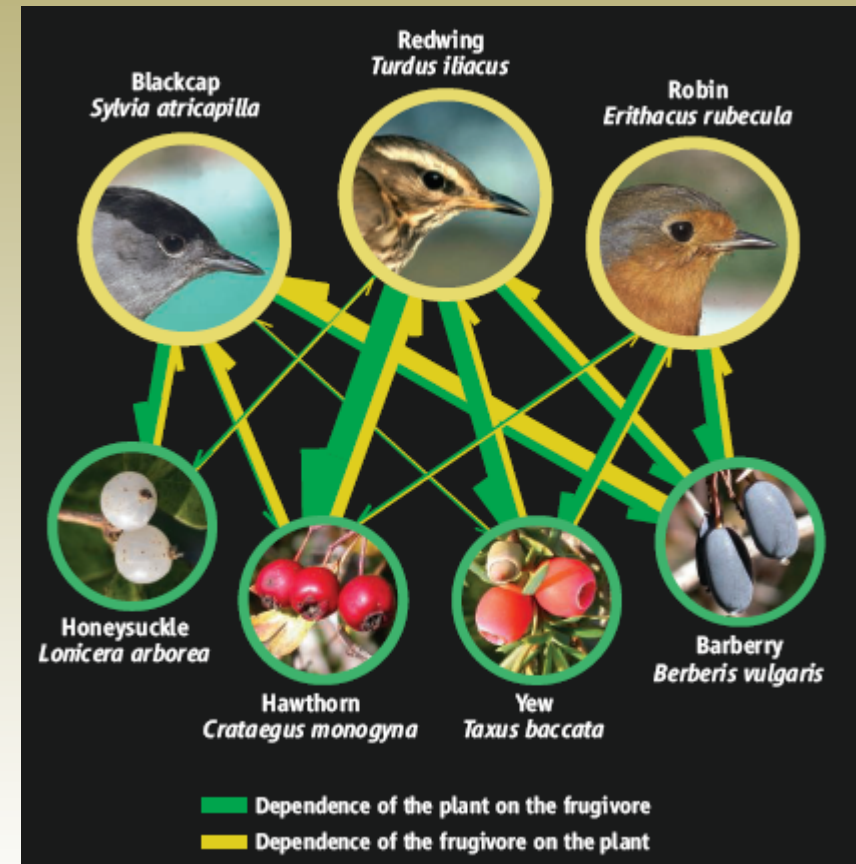
Si una especie de planta depende mucho de una especie de animal, esta última depende poco de ella.



# La asimetría en las relaciones permite mantener la biodiversidad



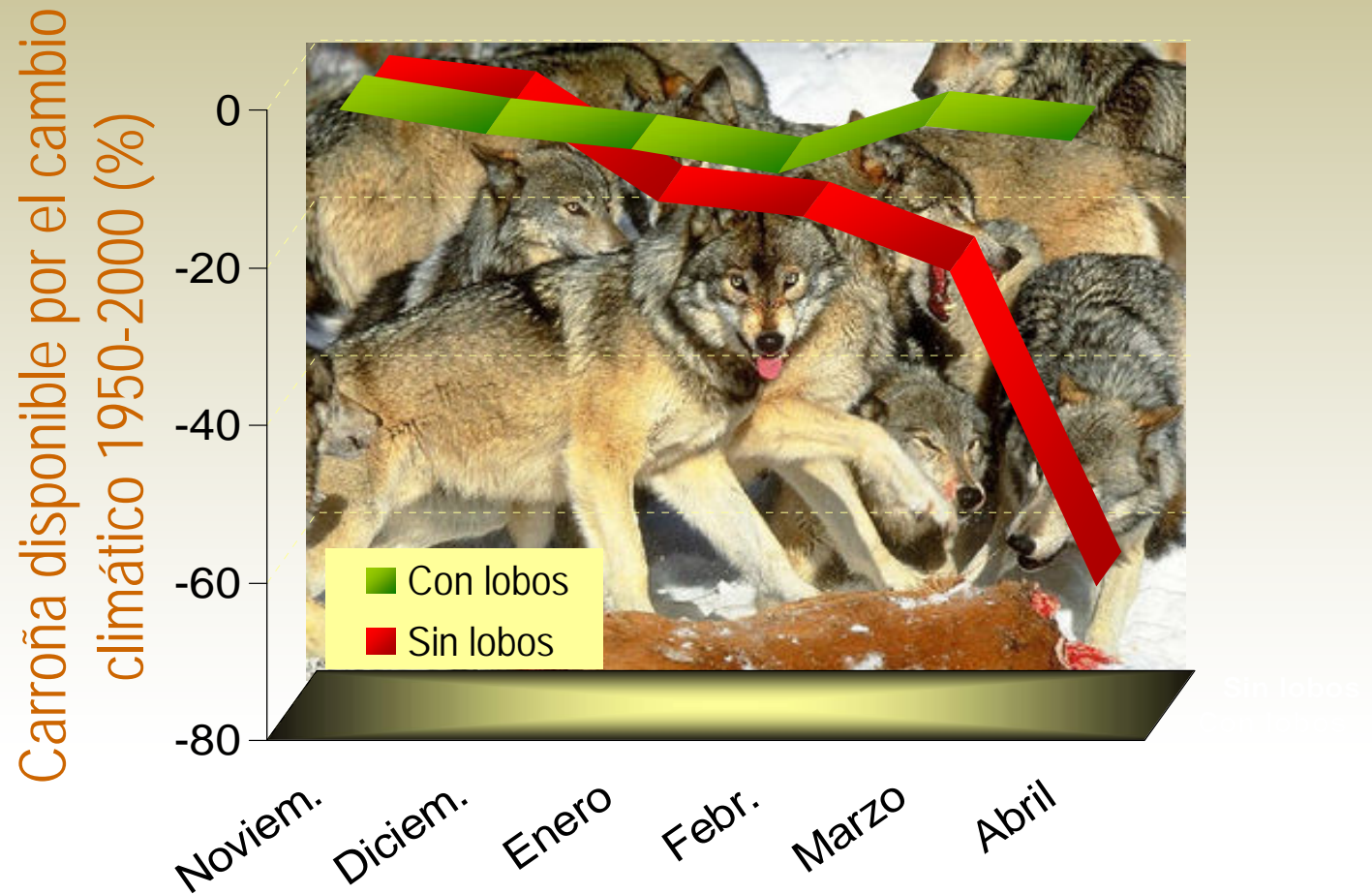
La asimetría confiere estabilidad ante perturbaciones y cambios





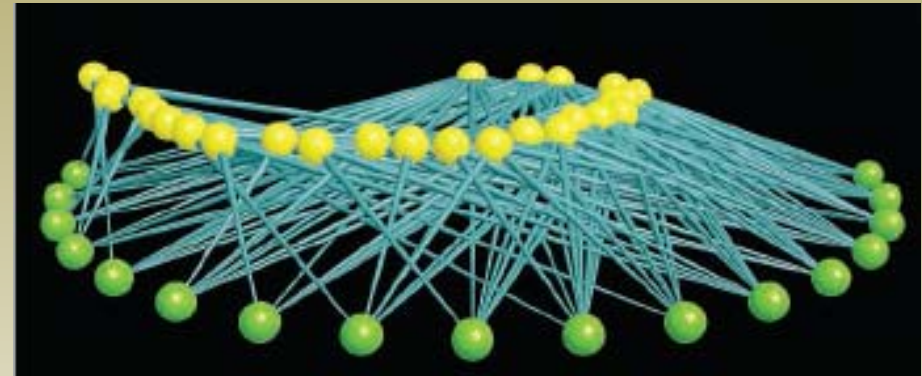
# Interacciones complejas y cambio climático

Los lobos atenúan el efecto del cambio climático sobre las comunidades de carroñeros en el Parque Nacional de Yellowstone





# Corolario a las interacciones complejas

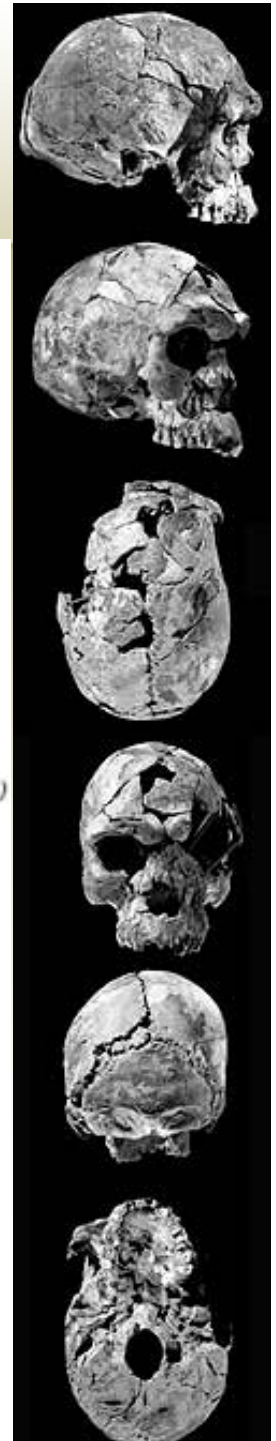
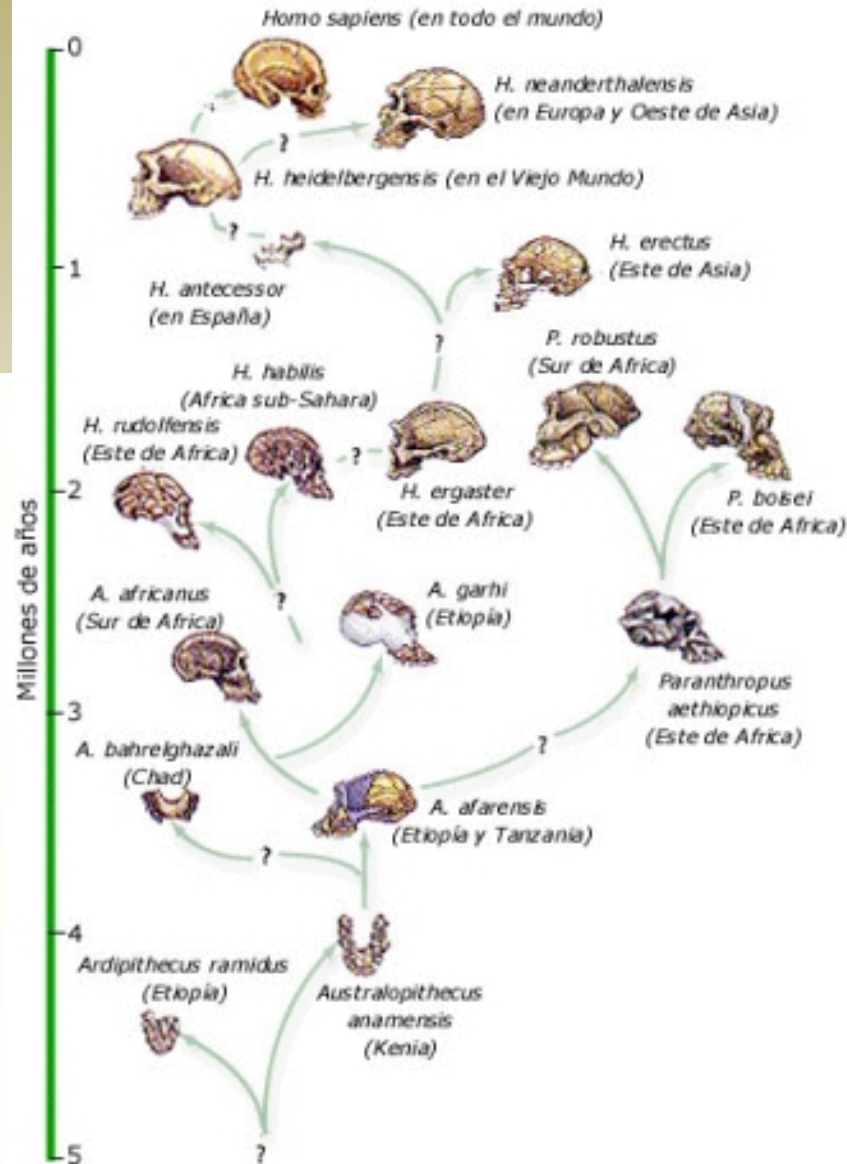


- Un ecosistema rico en especies y en tipos e intensidades de interacciones entre las especies es mas estable y responde mejor a las perturbaciones y al cambio



# El ser humano,

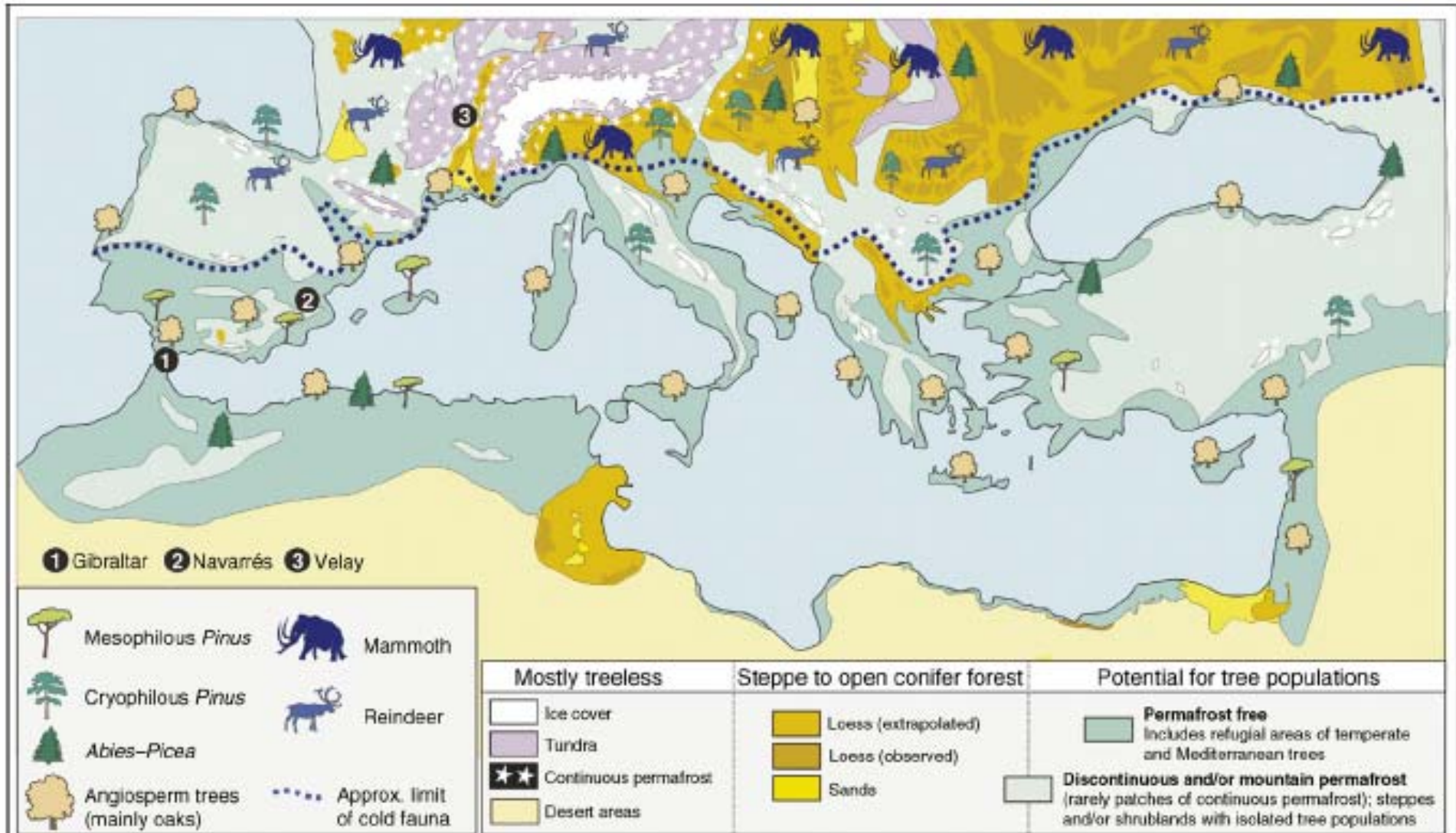
una especie mas







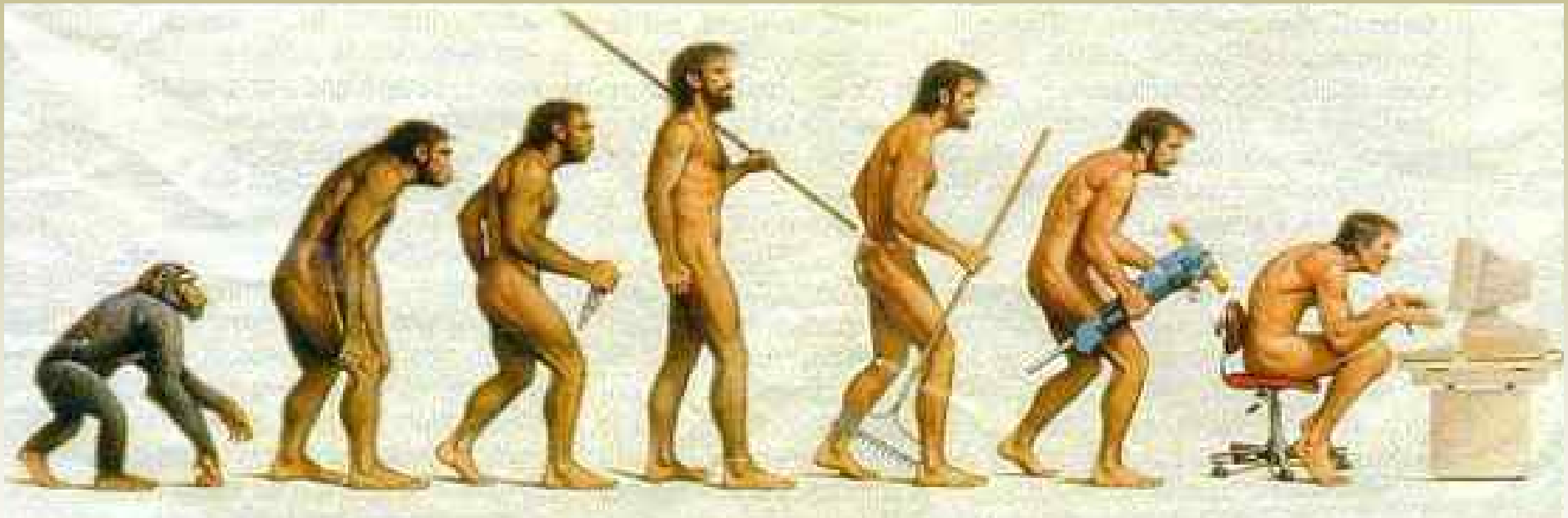
# La distribución de las culturas humanas corresponden con fronteras biogeográficas







# El ser humano

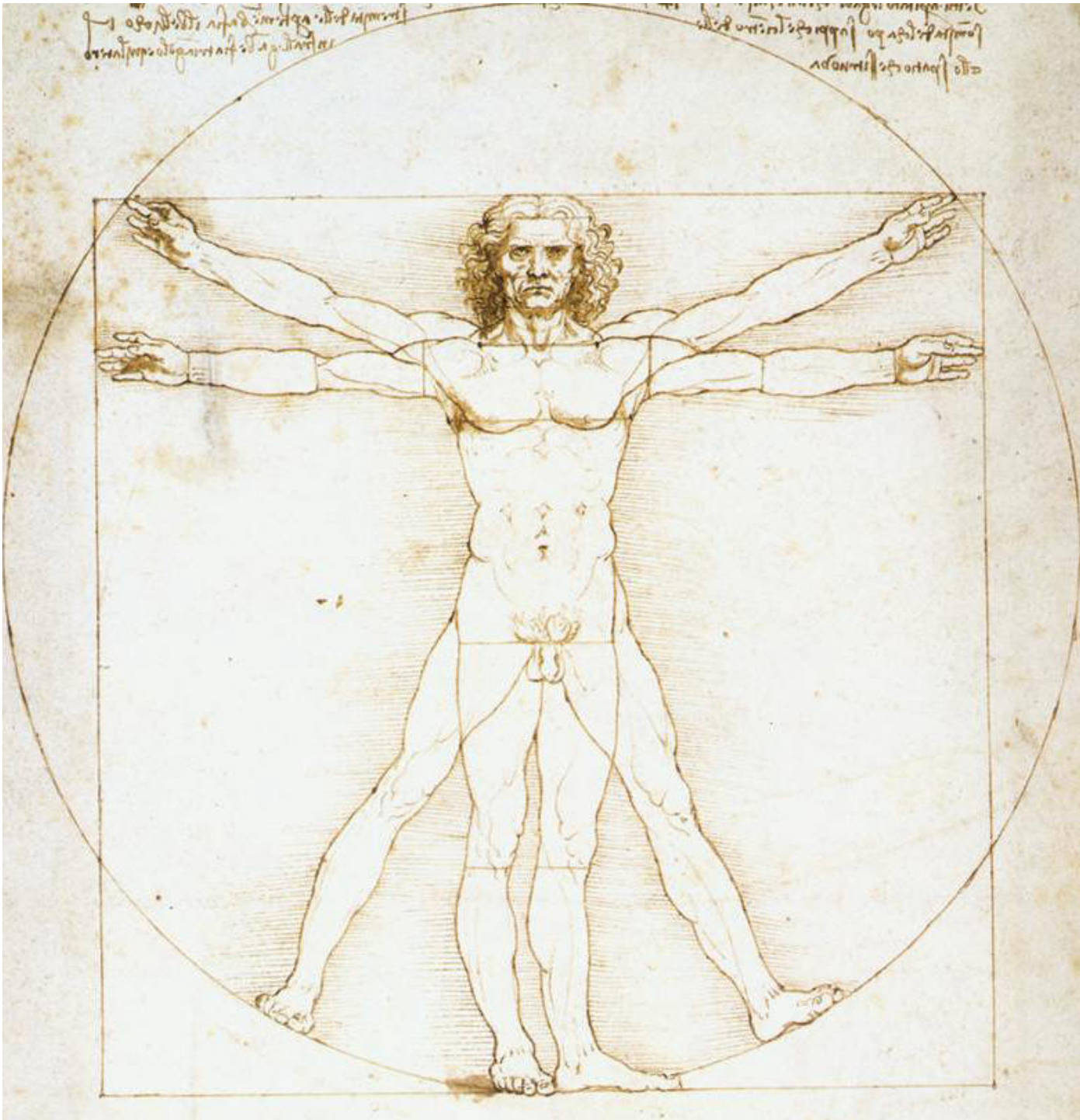


¿ una especie mas?

# El ser humano

Sensible al cambio global que él mismo está generando

Sus cambios poblacionales afectan a la biodiversidad y a los ecosistemas





# Refugiados climáticos

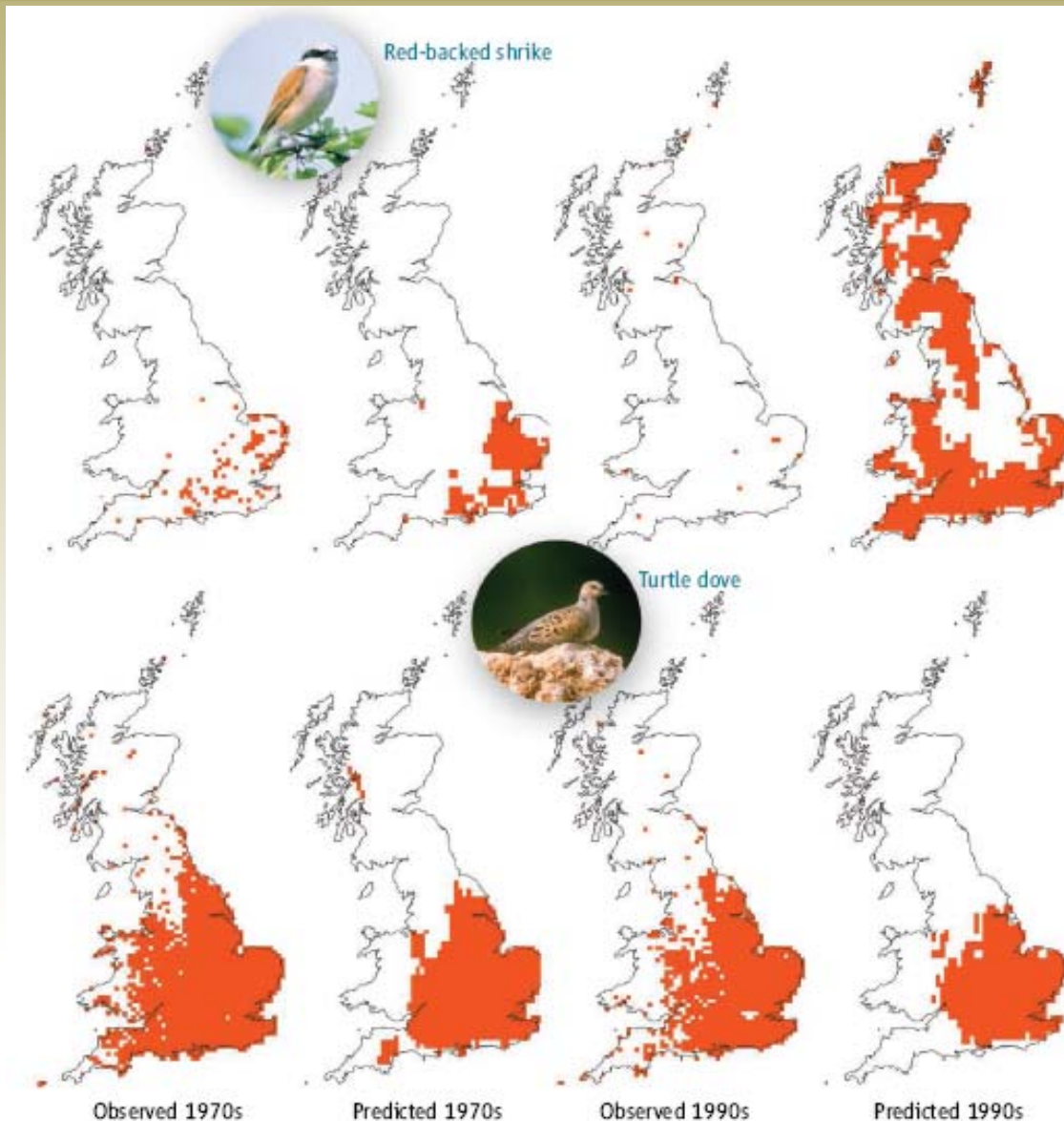


- El calentamiento global obligará a migrar a 150 millones de personas de aquí a final de siglo, según un informe de la ONU
- Ya hoy el 60% de los movimientos migratorios está causado por este fenómeno y por desastres naturales, y no por motivos políticos, de violencia o de extrema pobreza.
- La Organización de Naciones Unidas aún no reconoce el estatus de refugiado climático



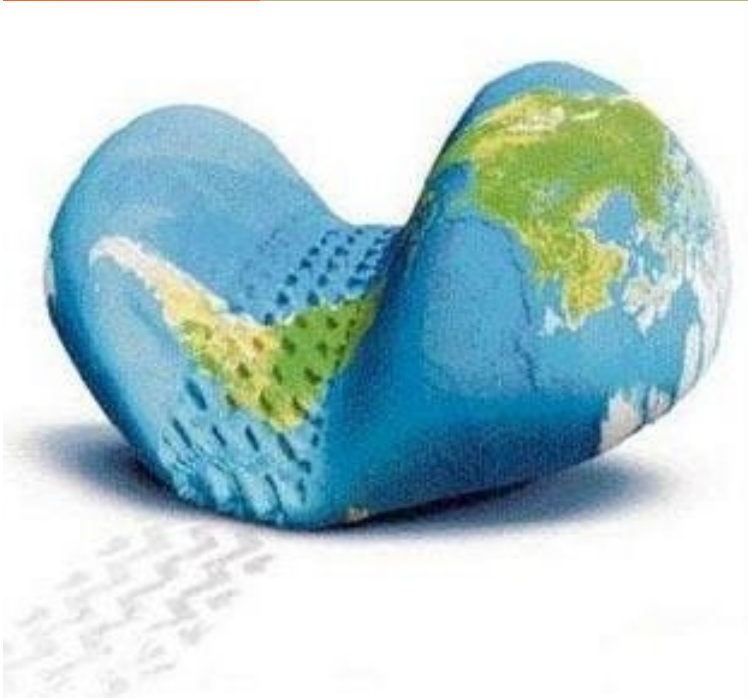


# Límites en el conocimiento



- Escasa capacidad para predecir cambios climáticos locales
- Imprecisión en el conocimiento de las tolerancias climáticas de las especies
- Cambios evolutivos impredecibles

# Conclusiones



1. El ser humano ha tenido, tiene y tendrá una gran influencia en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y en sus niveles de biodiversidad.
2. El cambio climático es un motor de cambio global cada vez mas importante y sus efectos deben entenderse no sólo para especies concretas sino para todo el ecosistema. Pero el cambio global es mucho mas que cambio climático.
3. La novedad del cambio climático actual es su alta tasa de cambio y el que una especie (la humana) sea en parte su causante. Los sistemas naturales tienen pocas capacidades de reaccionar.

