



MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

ORGANISMO  
AUTÓNOMO  
PARQUES  
NACIONALES

CENTRO NACIONAL  
DE EDUCACIÓN AMBIENTAL



Universidad  
de Alcalá

**Enfrentándose al cambio en la alta  
montaña mediterránea:**

**migrar o adaptarse, esa es la  
cuestión**

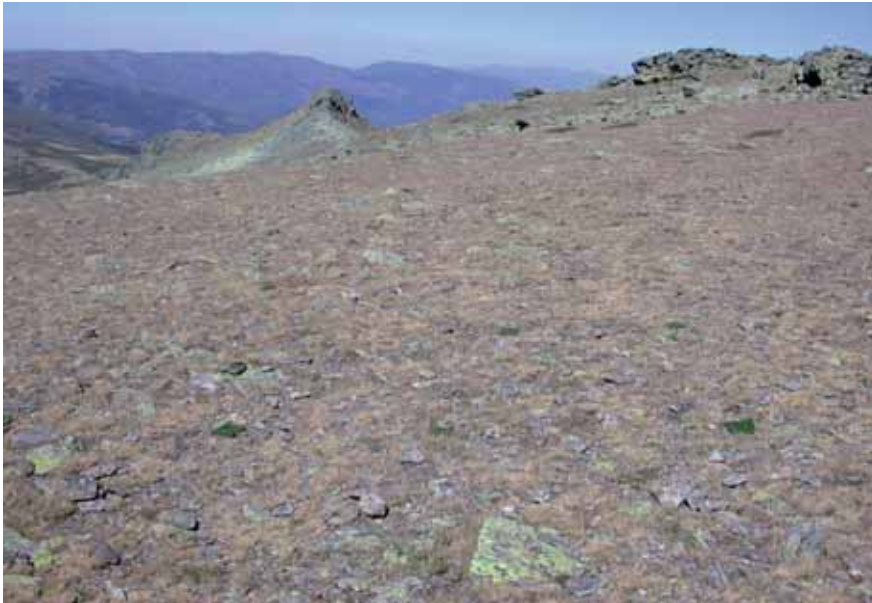


Universidad  
Rey Juan Carlos



# La alta montaña mediterránea

- ▶ Una riqueza biológica excepcional y un nivel alto de endemismo
- ▶ Una diversidad de comunidades muy elevada
- ▶ Un nivel de riesgo asociado al cambio muy elevado



# Diversidad de Comunidades



- cervunales y comunidades higrófilas (*N. stricta*)
- **pastos crioturbados** (*F. curvifolia*) >1900m
- **matorrales** (*C. oromediterraneus* and *J. communis* subsp. *alpina*) 1900-2100m
- Pinares de ***P. sylvestris*** (1600-1900m)
- **Bosques mixtos riparios** (arroyos)
- *Sabinares* (*J. thurifera*) en sitios secos
- **Bosques deciduos** *Q. pyrenaica* (800-1600m)
- **Bosques perennifolios** *Q. ilex* and *J. oxycedrus* (400-900m)

Cabezas de Hierro, 2280m, Junio 2001





*Armeria caespitosa*



*Jurinea humilis*



*Allium schoenoprasum*



*Jasione centralis*



*Senecio boissieri*



*Thymus penyalarensis*



*Hieracium myriadenum*



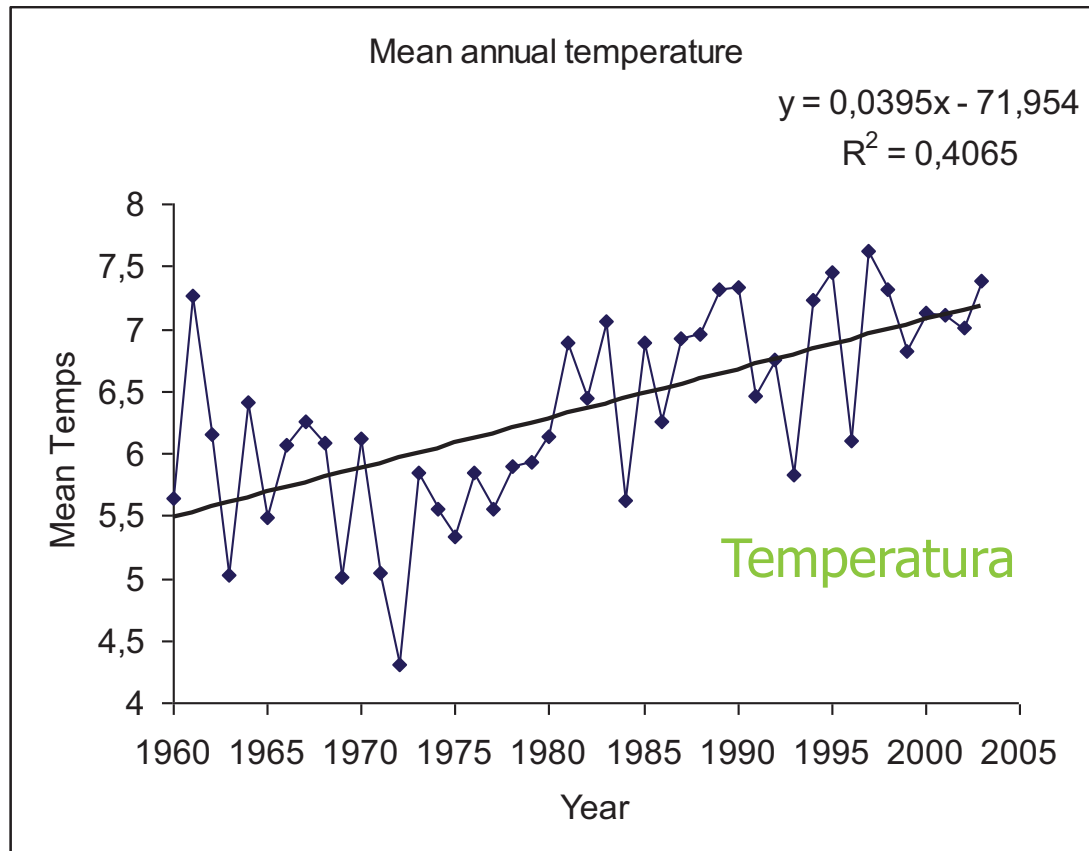
*Sempervivum vicentei* subsp. *pau*



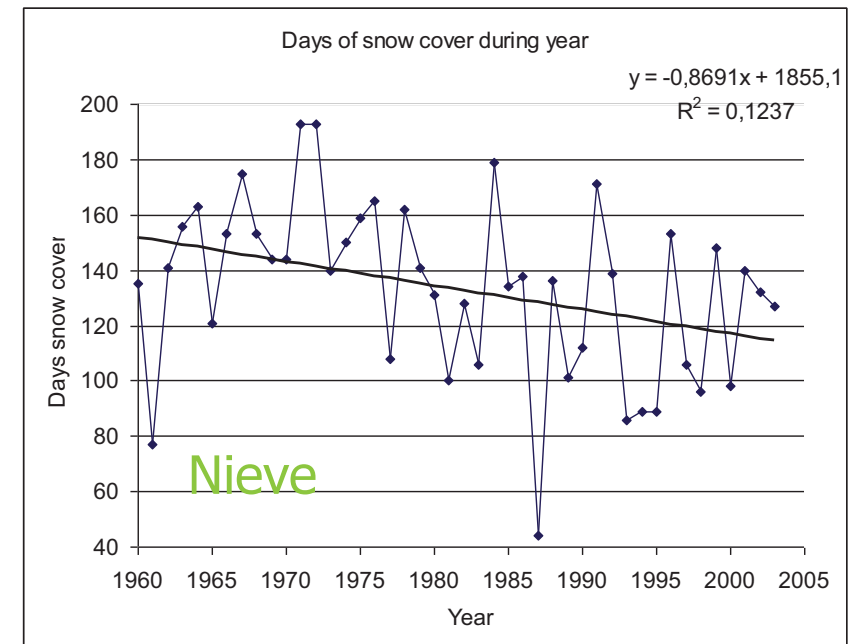
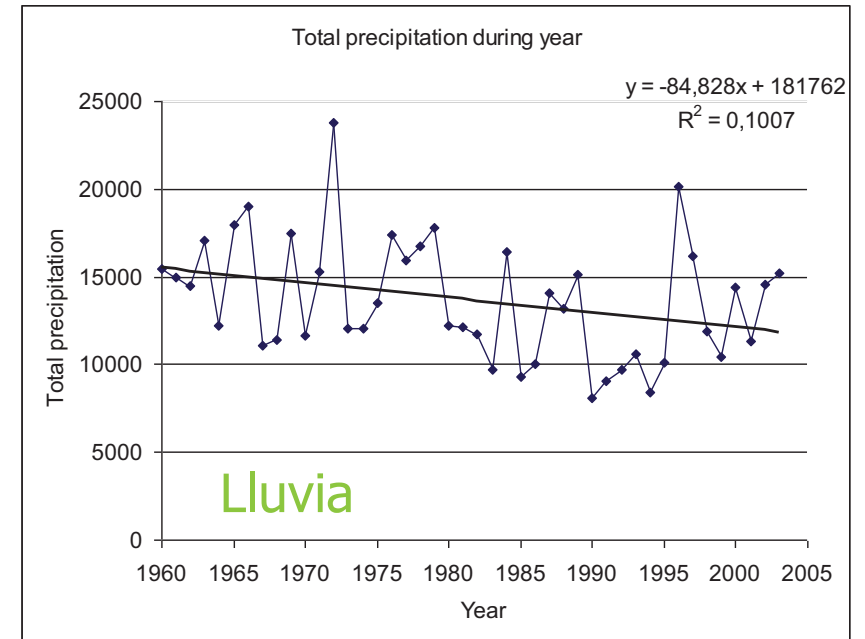
*Phyteuma hemisphaericum*



# Calentamiento en nuestras montañas

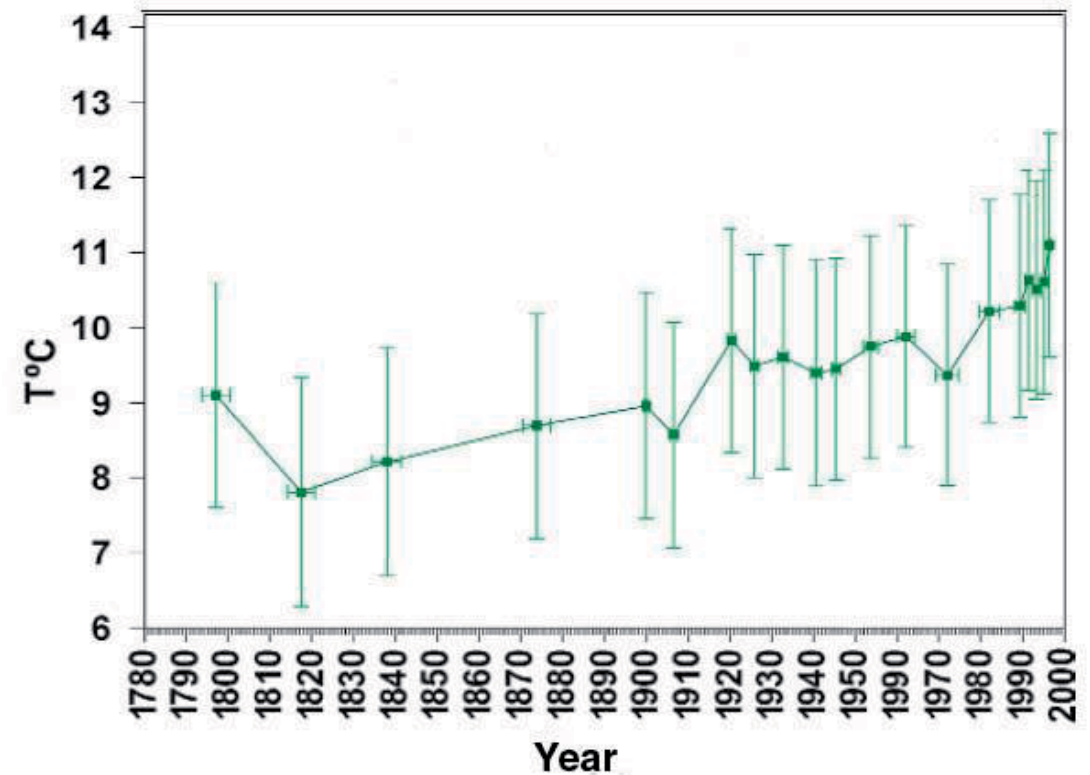
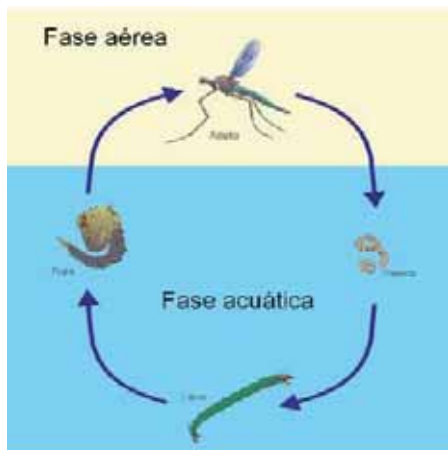
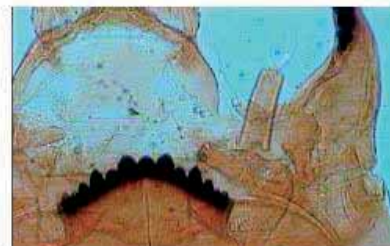


Más de 1,5 °C en los últimos 40 años en Pto Navacerrada

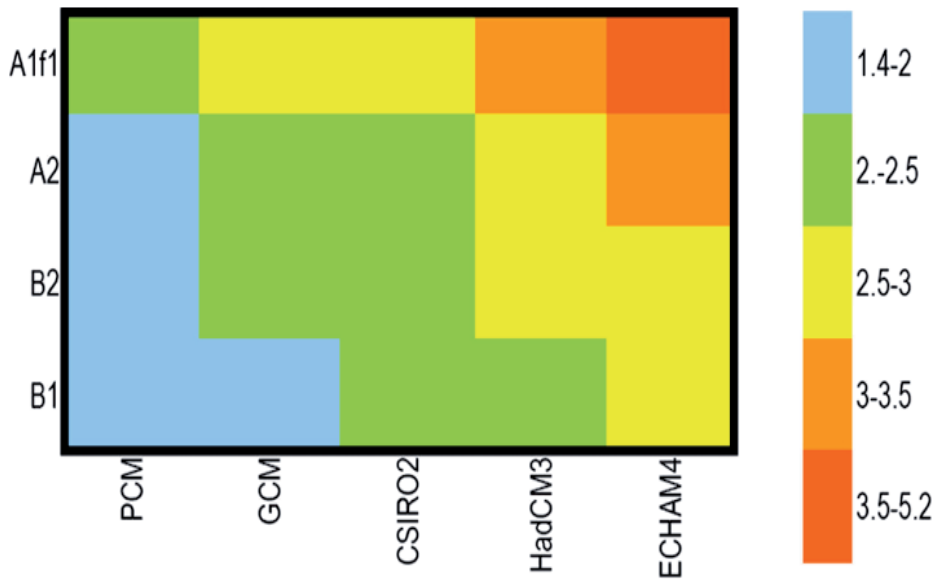
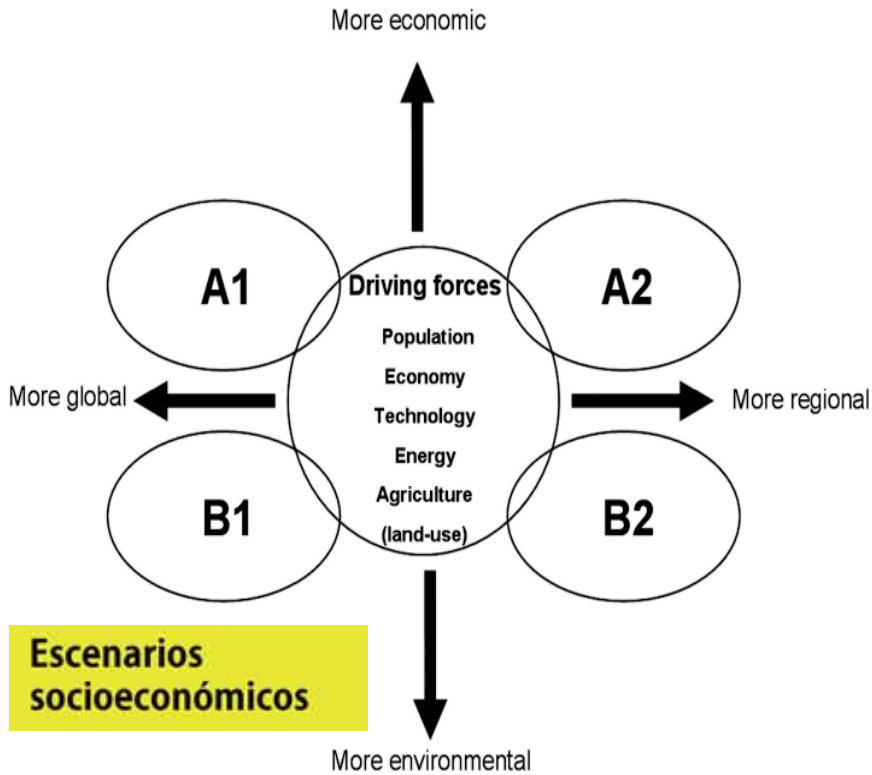


# También cambios a otras escalas temporales

- Reconstrucción por calibración de temperatura media a partir de la frecuencia de quironómidos (Granados & Toro 2000. J. Limnol)



# ¿Cuál es la tendencia? Nogués et al 2008 Ambio



- ▶ Incremento de 1,4 °C a 5,1 °C para 2055
- ▶ Incremento de 1,8 °C a 8,3 en 2085
- ▶ Descenso de precipitaciones de hasta un 18% en 2085



# Con cambios que se detectan y afectan a nuestros ecosistemas de montaña

- Reemplazo de pastizales de alta montaña por arbustos (Sanz-Elorza *et al.* 2003)

Matorralización



1956



2005



# Y no sólo la vegetación:

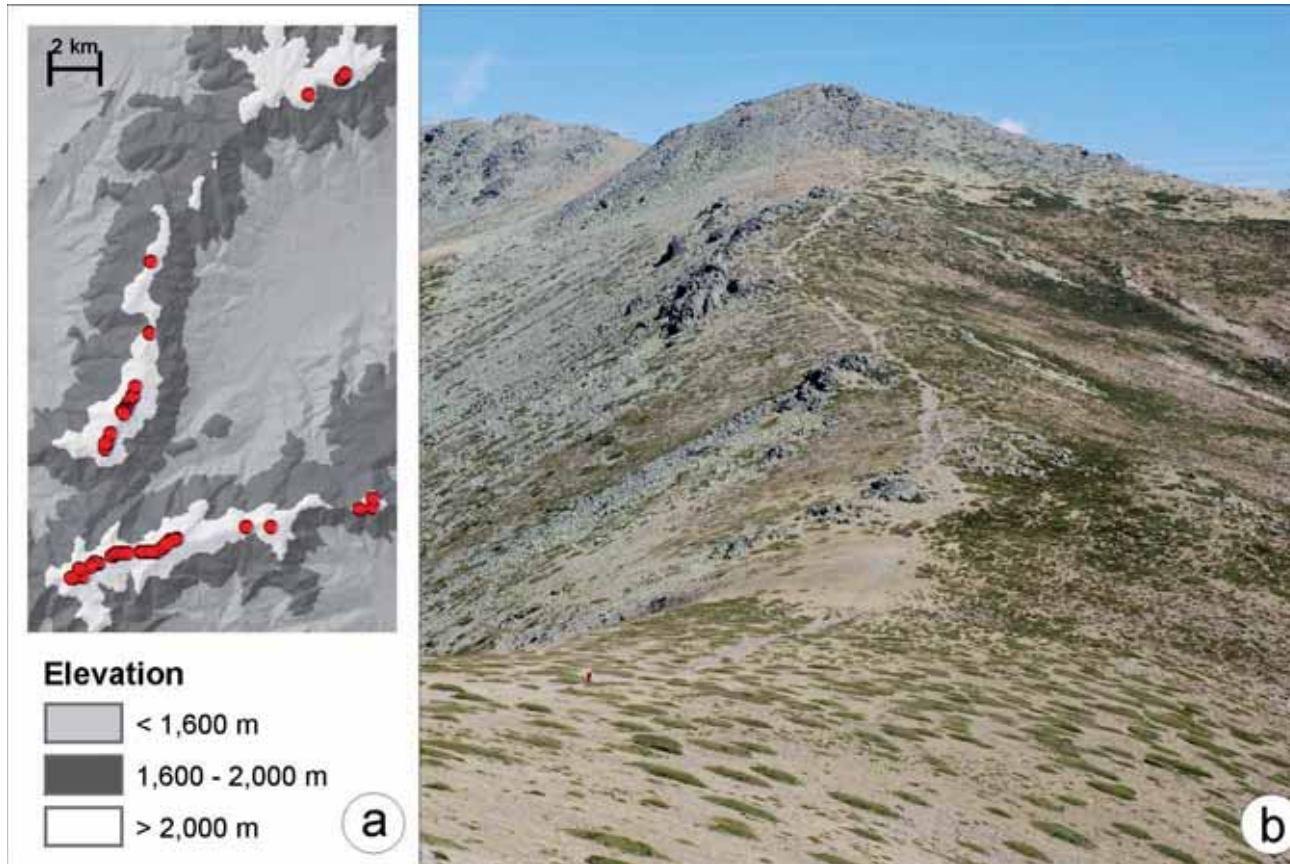
## Desplazamiento de las mariposas diurnas

Wilson & Gutiérrez 2006 Ecol. Lett.

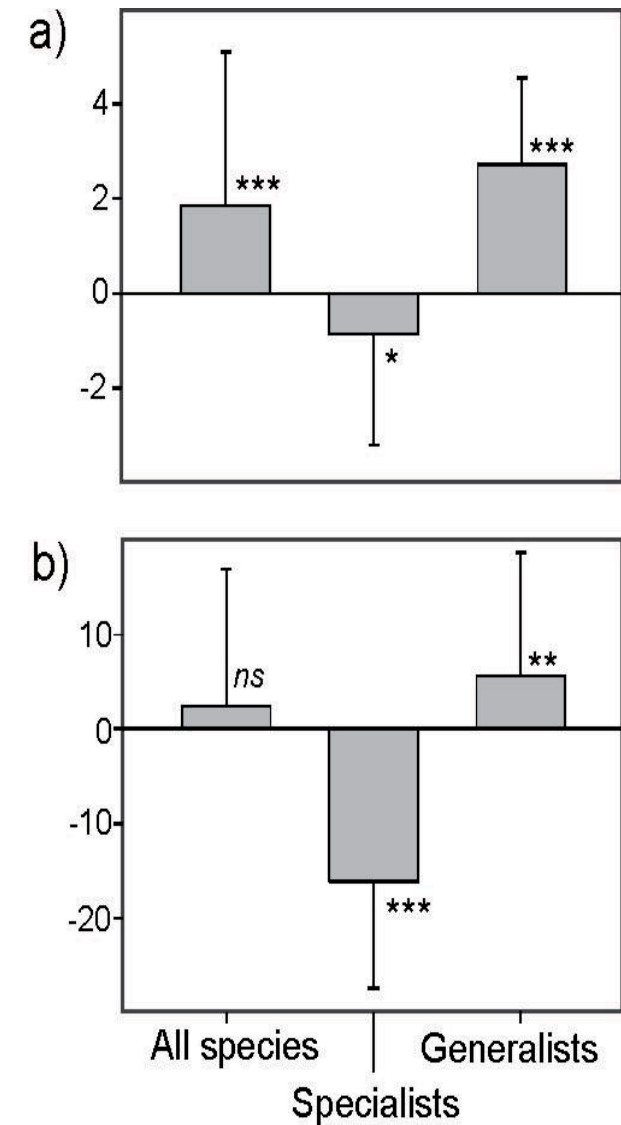


Algo más de 200 m de elevación en los últimos 30 años

# Desplazamiento de plantas especialistas y generalistas



Remuestreo de datos fitosociológicos desde 1960







*Dos Hermanas*  
2280 m

*Peñalara*  
2428 m

*Morrena*  
1960 m

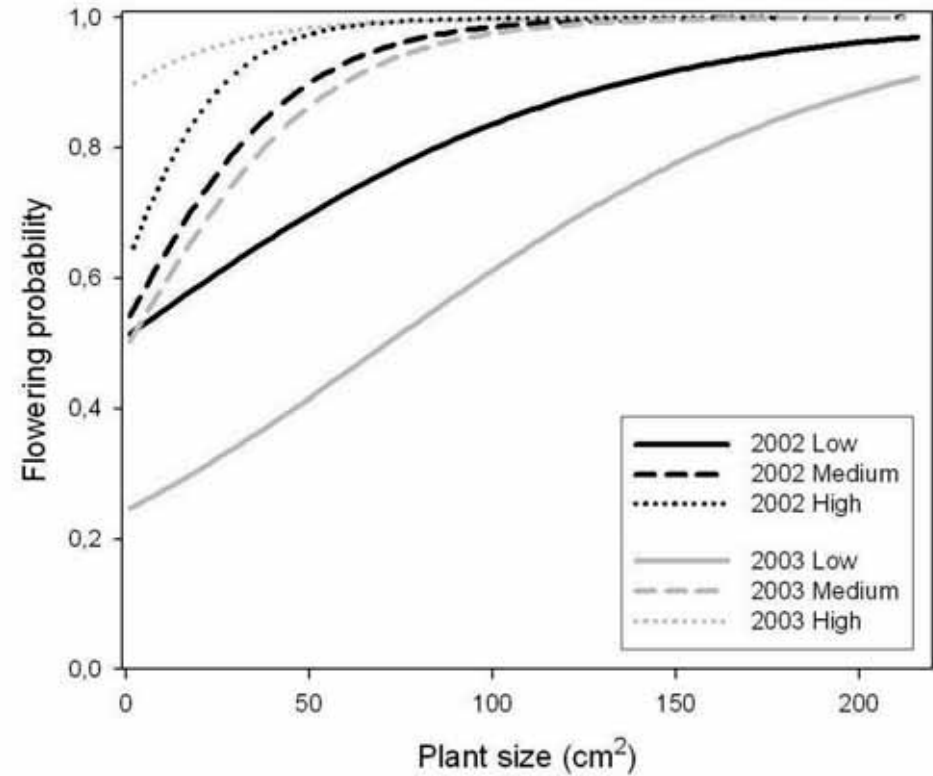
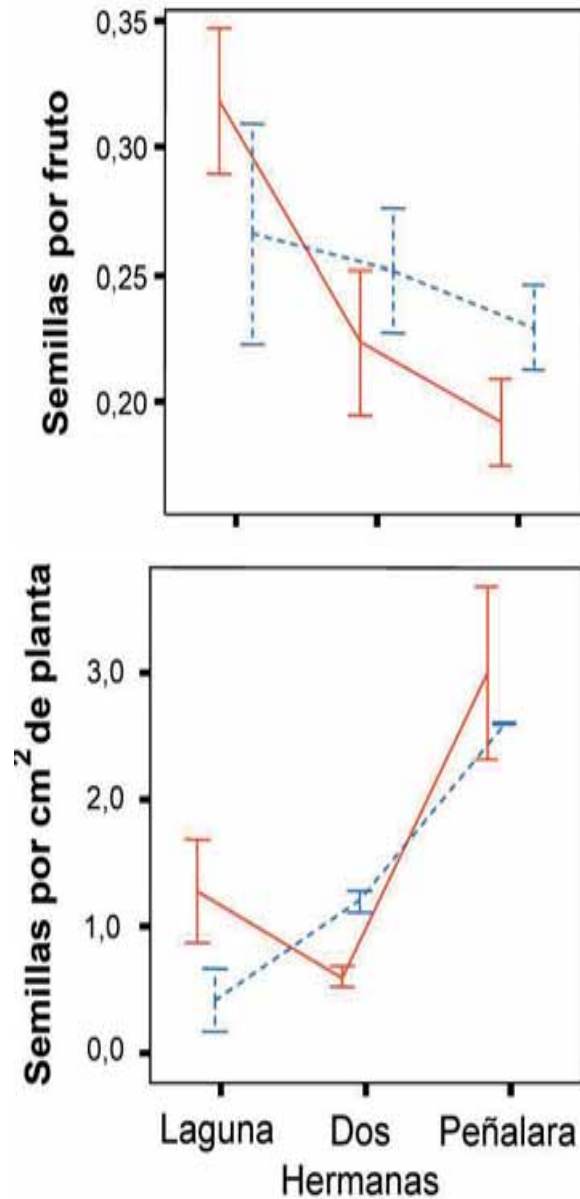


*Silene ciliata*



*Armeria caespitosa*

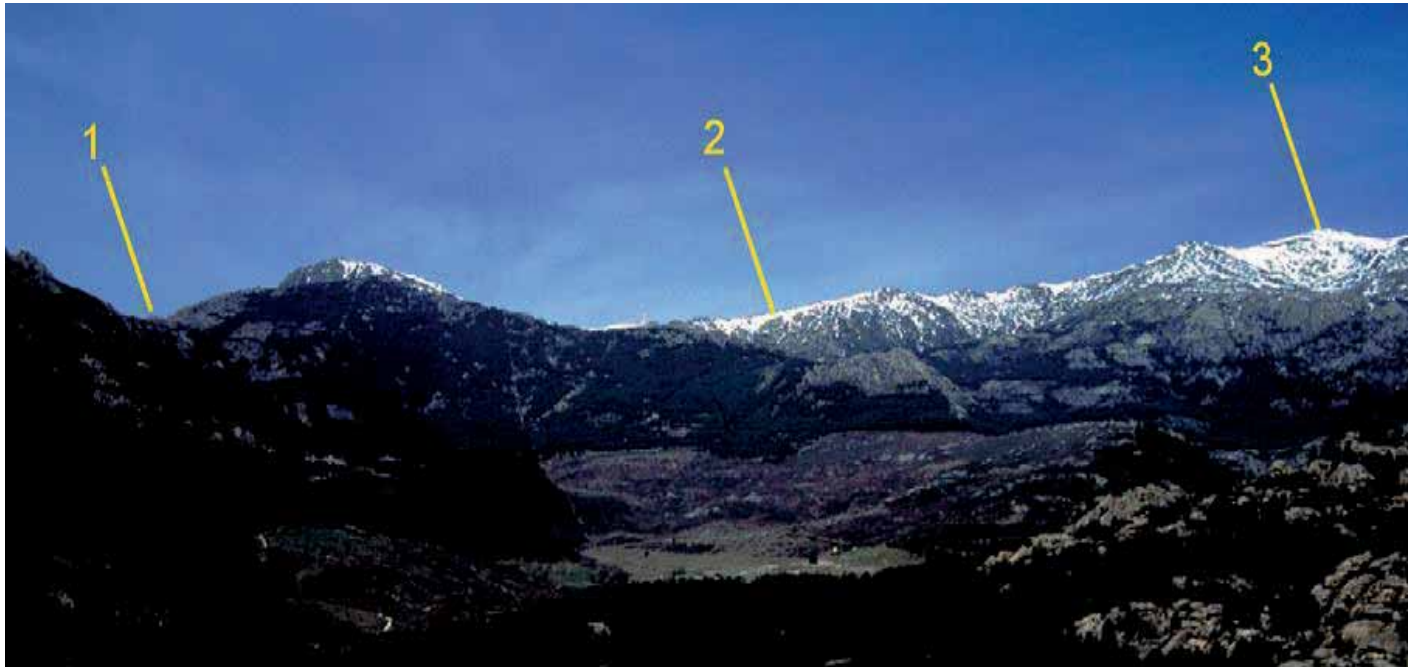
# Lo primero: Plasticidad reproductiva de *Silene ciliata*





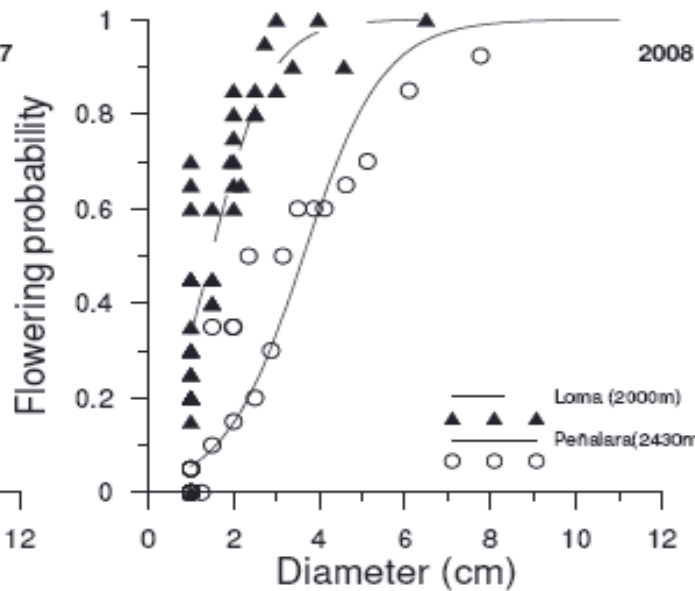
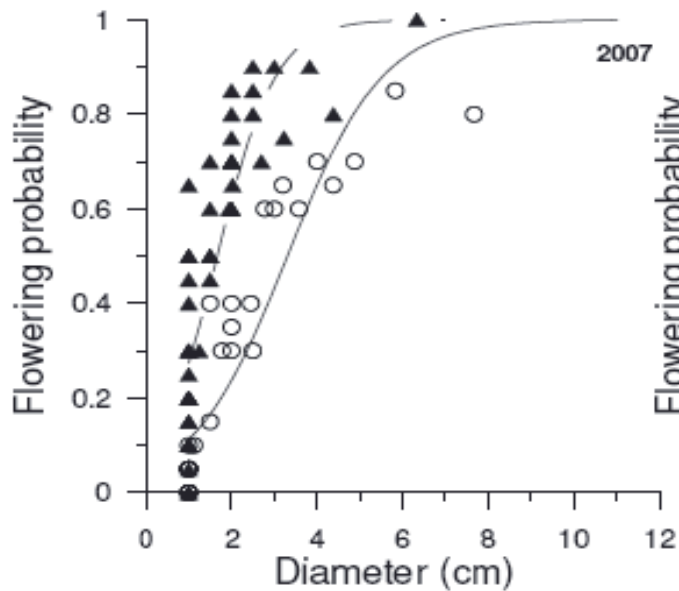
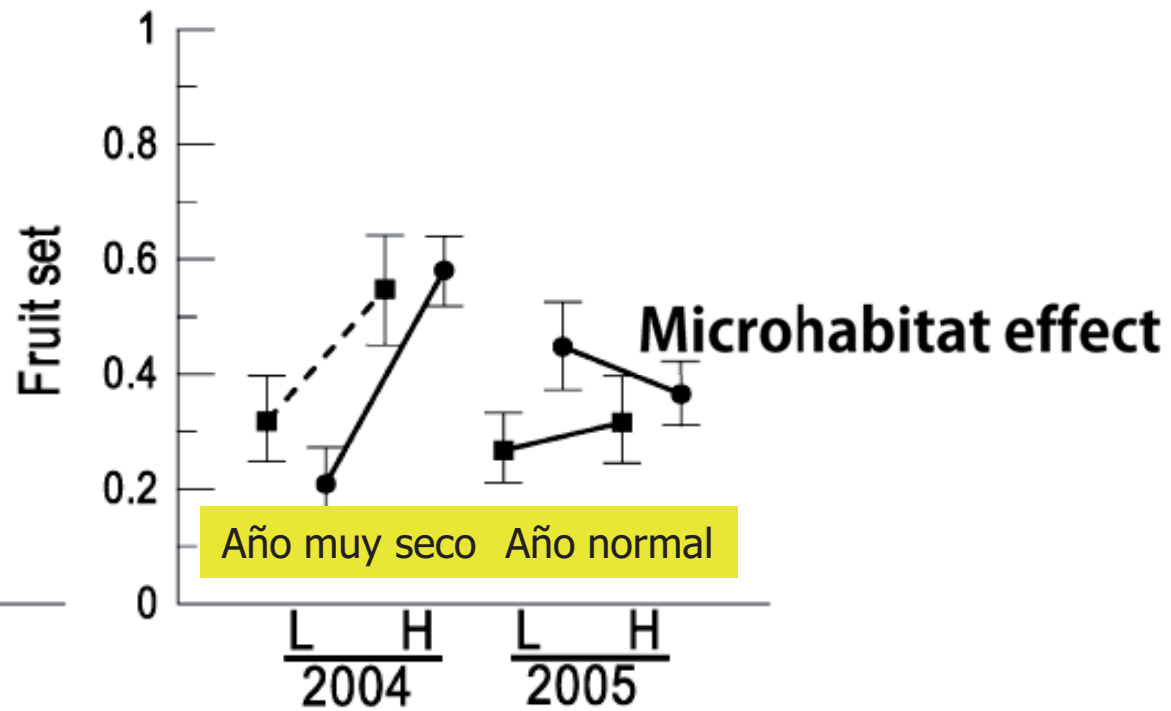
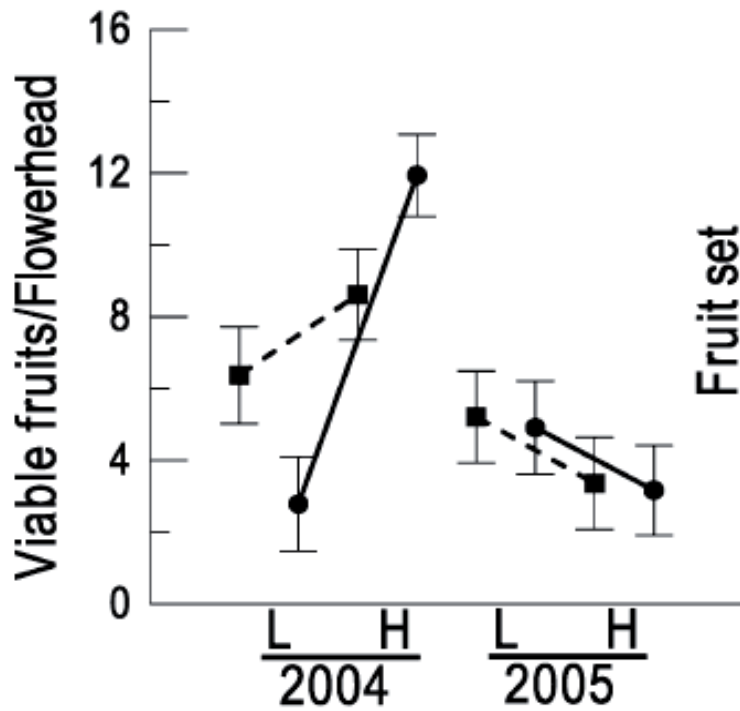
# Este patrón es constante?

## Plasticidad reproductiva de *Armeria caespitosa*



García-Camacho & Escudero 2008 Plant Biology  
García-Camacho & Escudero 2009 Amer. J. Bot.

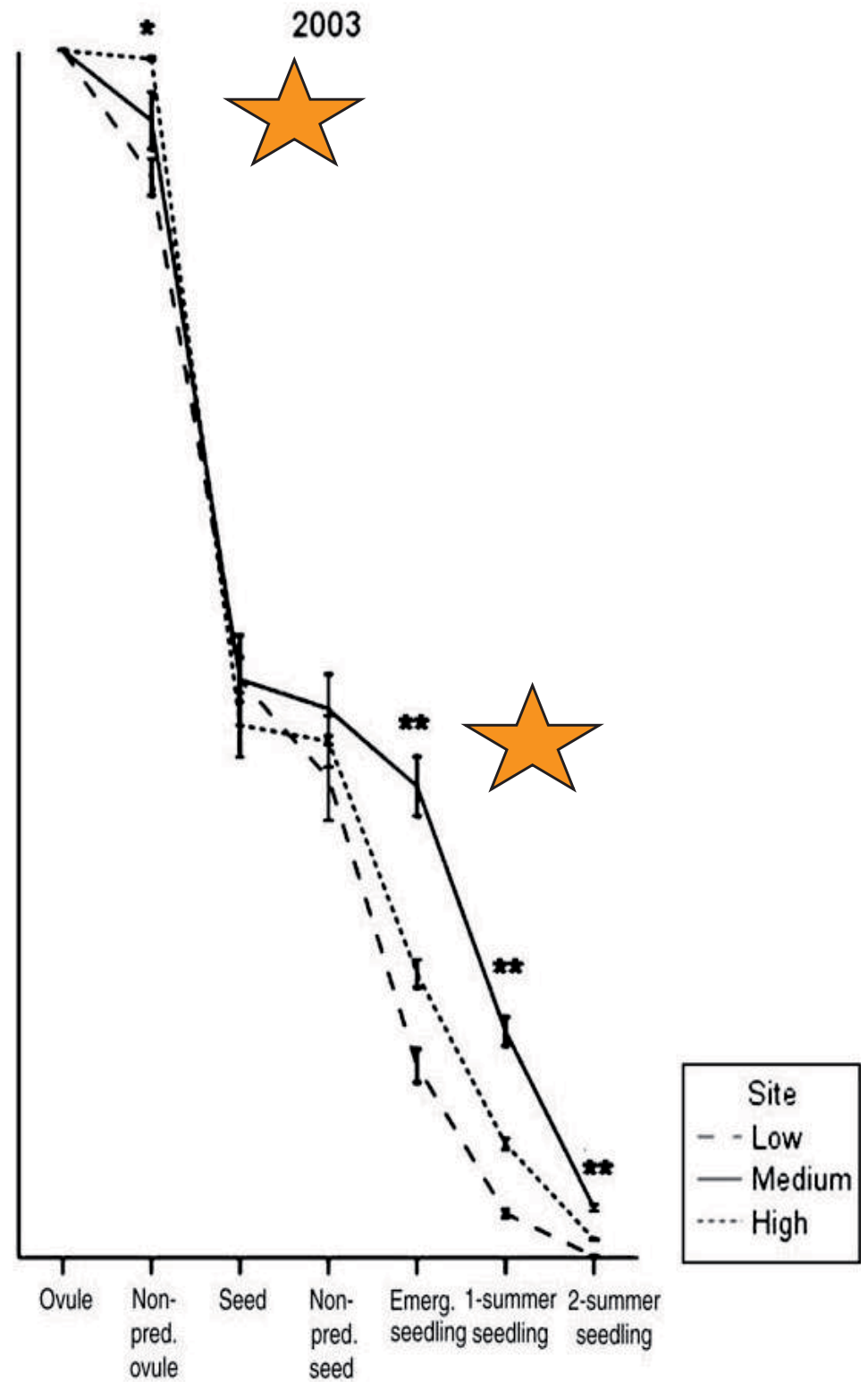
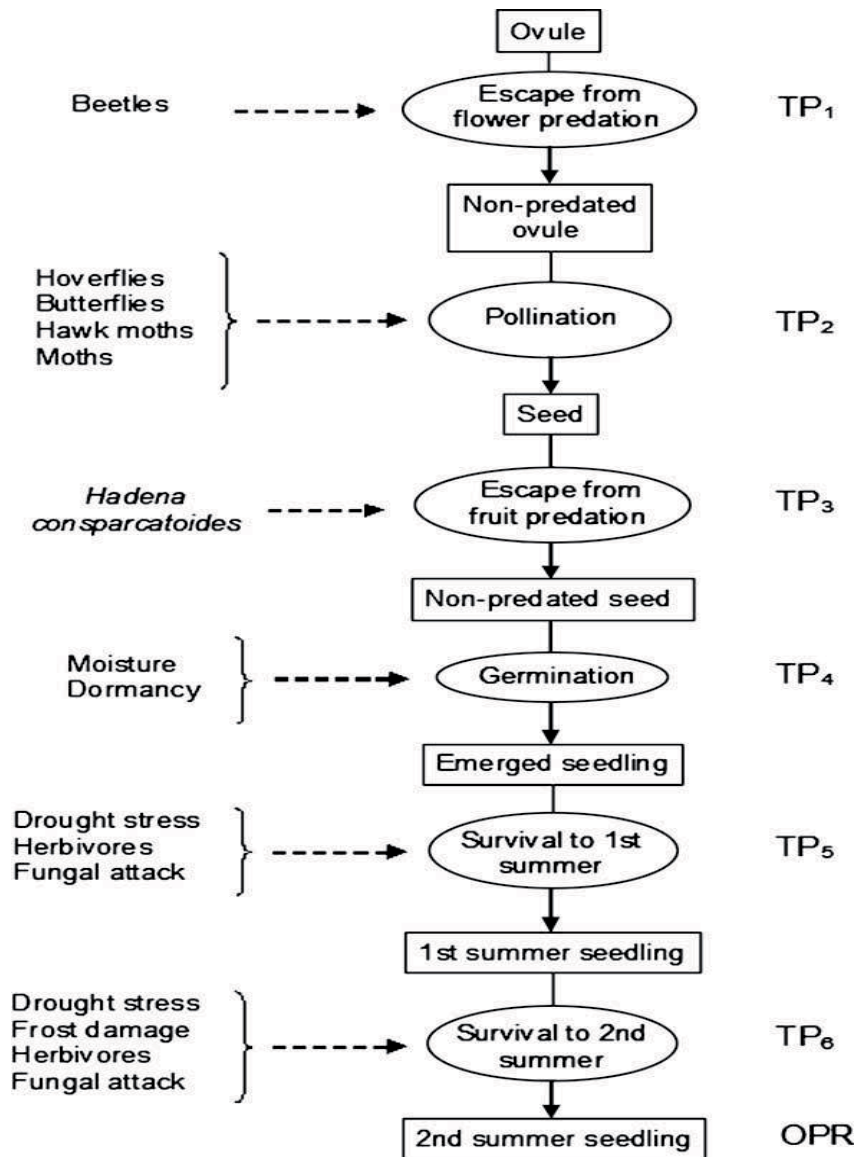
# Abajo no siempre está tan mal



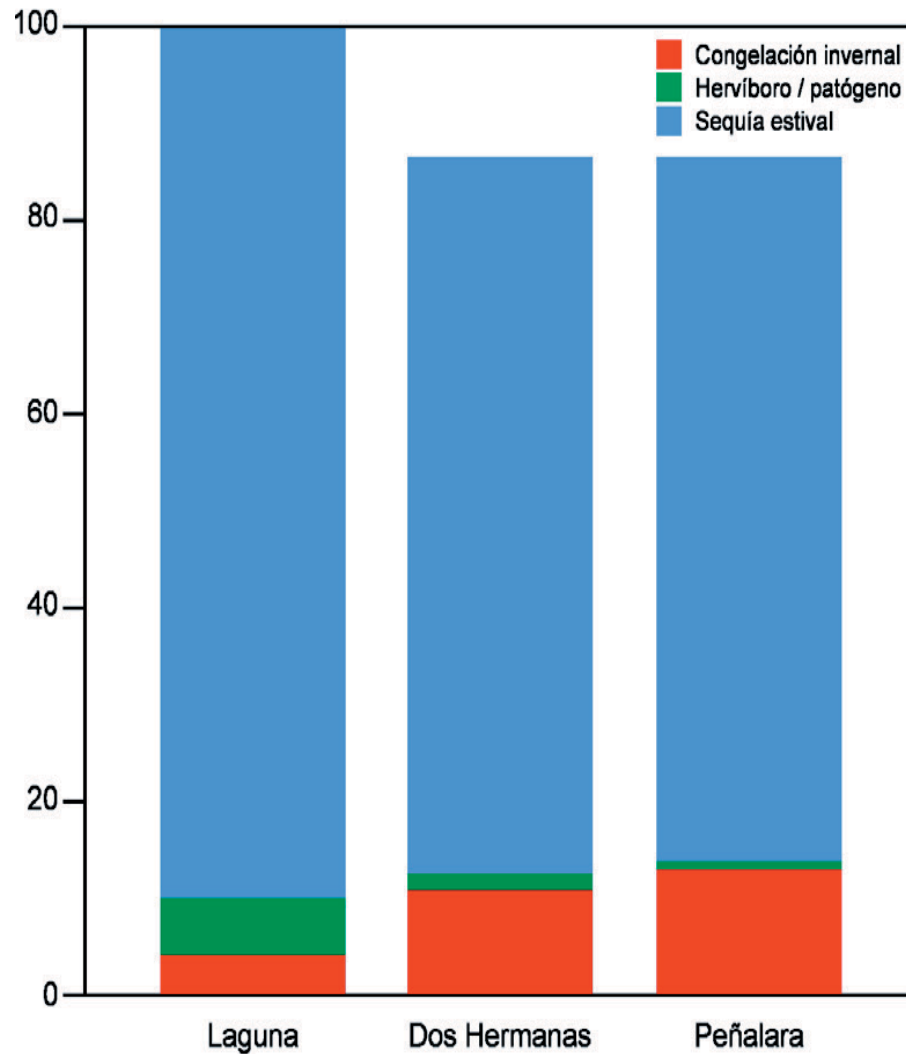
Aquí lo complicado parece ser el "front edge"



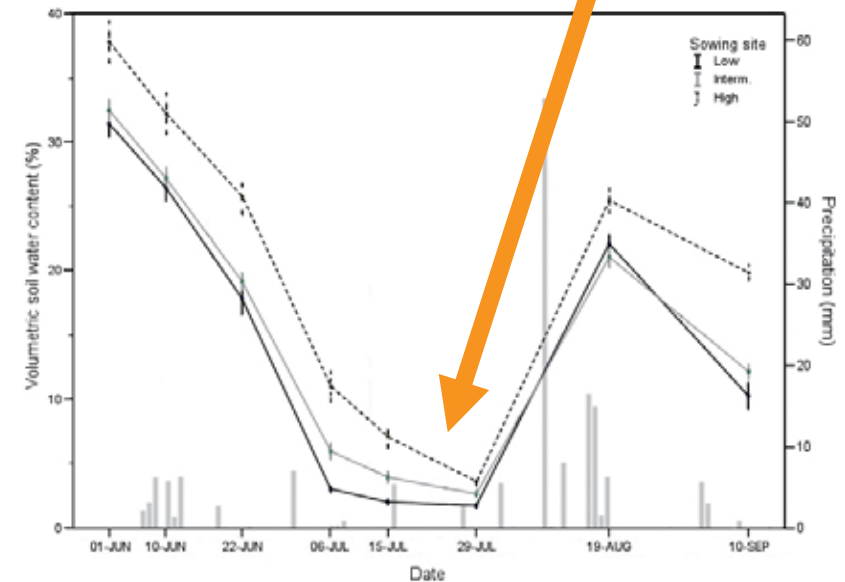
# Un poco más allá... desde el óvulo al reclutamiento en *Silene ciliata*



# La montaña mediterránea es algo especial



Filtro ambiental:  
**Sequía de verano**



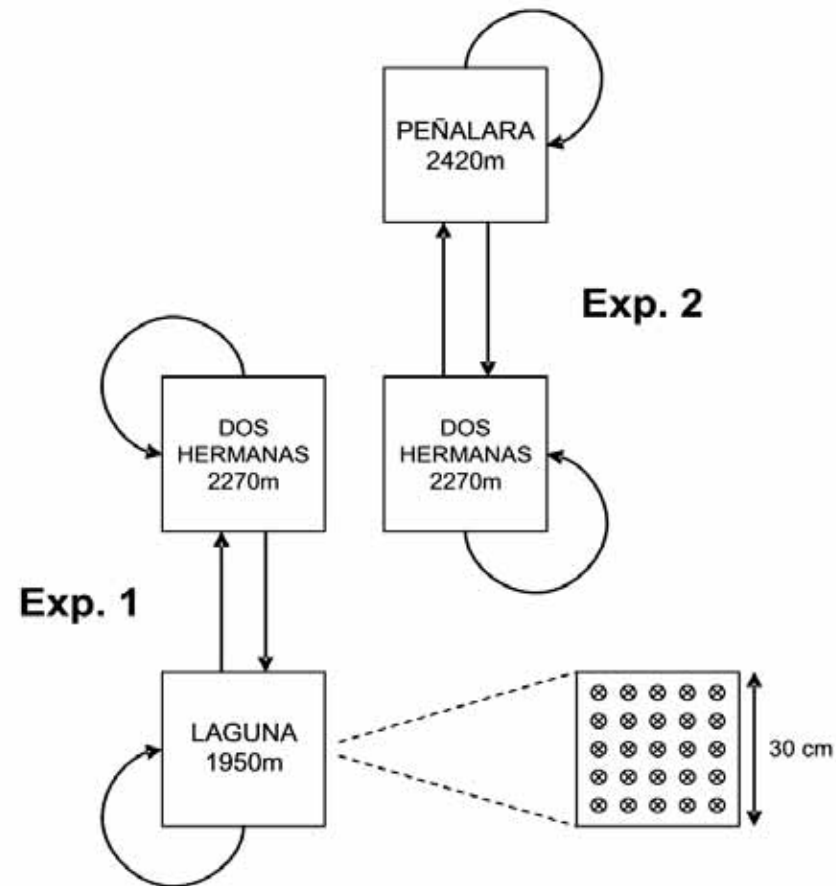
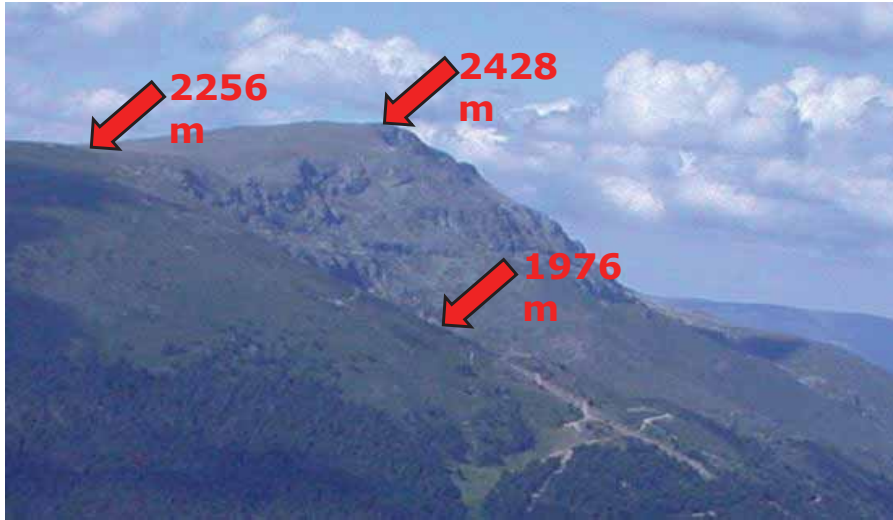


Sequía de verano  
Peña Cítores a 2200 m,  
finales de julio





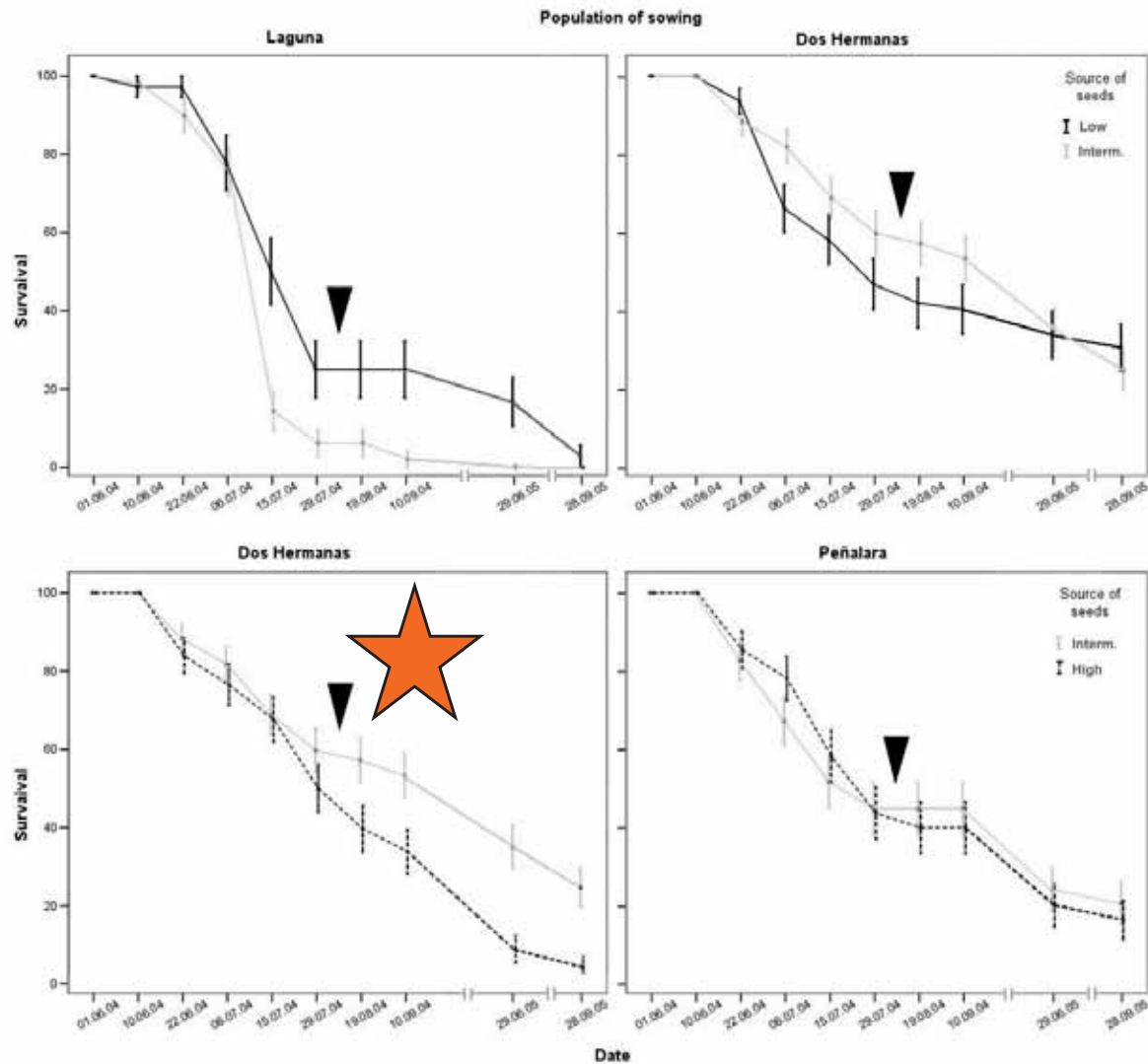
# Moverse o adaptarse localmente



Giménez-Benavides et al.  
2007 Annals Bot  
Giménez-Benavides et al.  
2005 Ecol Res



# Adaptación local: survival



Mejor supervivencia en el lugar del origen

Estructuración de la diversidad genética

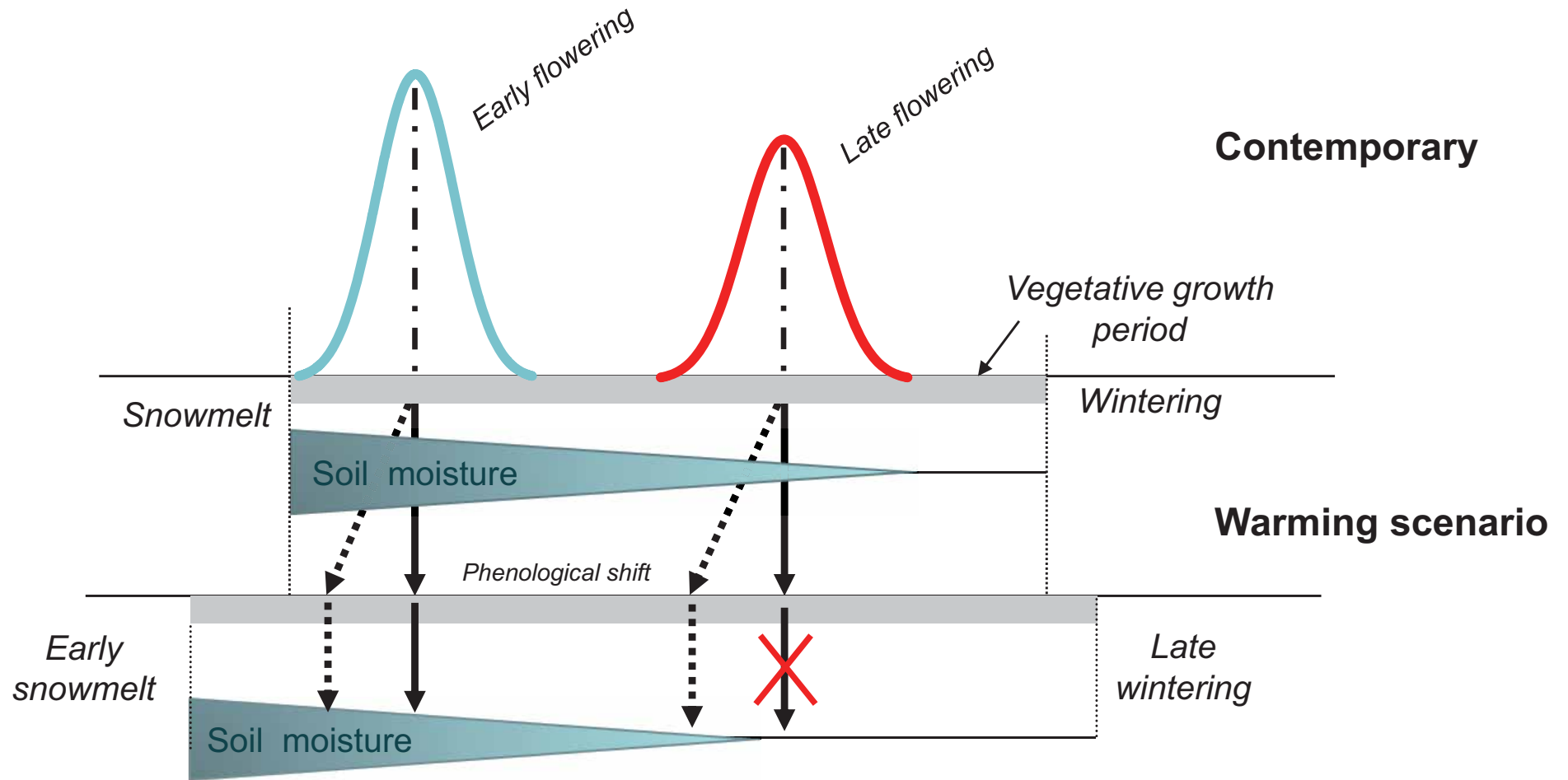


Mejor germinación en algunas altitudes

Pequeñas variaciones entre las fuentes de semillas

Diferencias ligadas a la resistencia a la sequía  
García-Fernández et al.2012 Plant Biology

# Ajustar la fenología de floración



¿Se produce una selección fenotípica hacia una floración más temprana?

¿Es esto más intenso en las plantas de floración tardía?

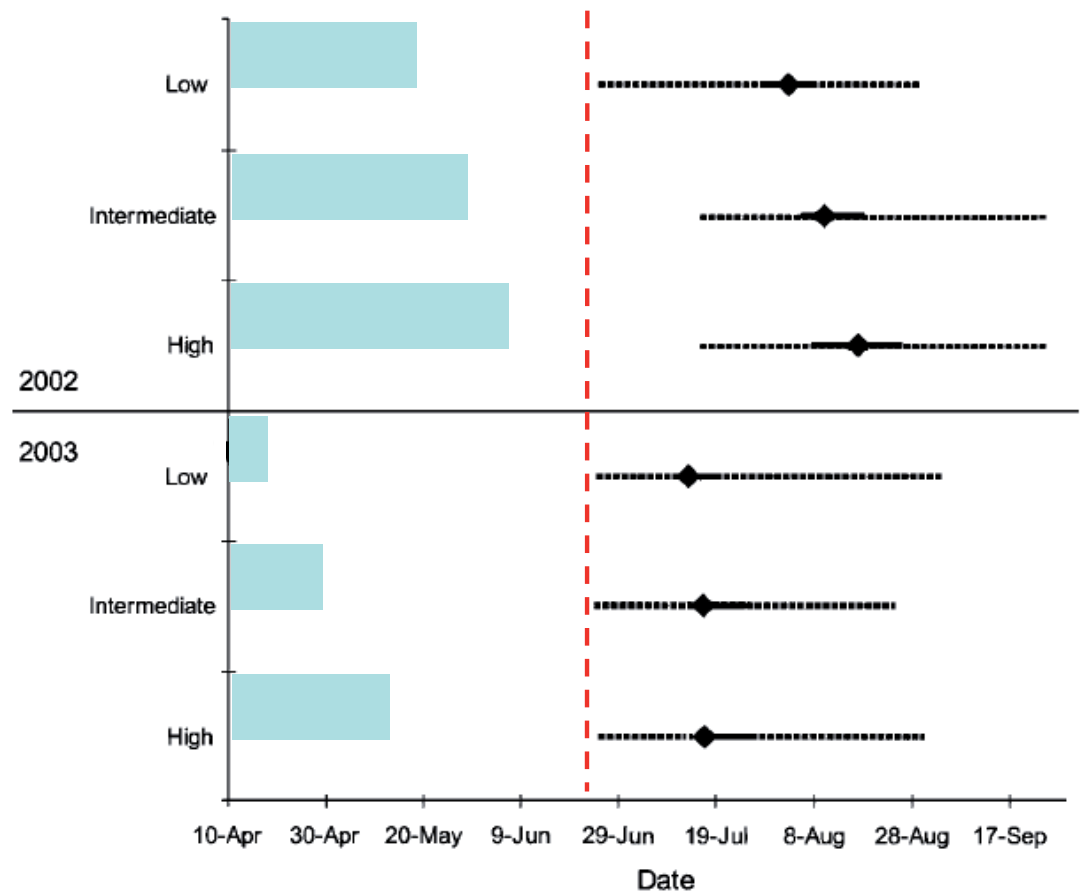
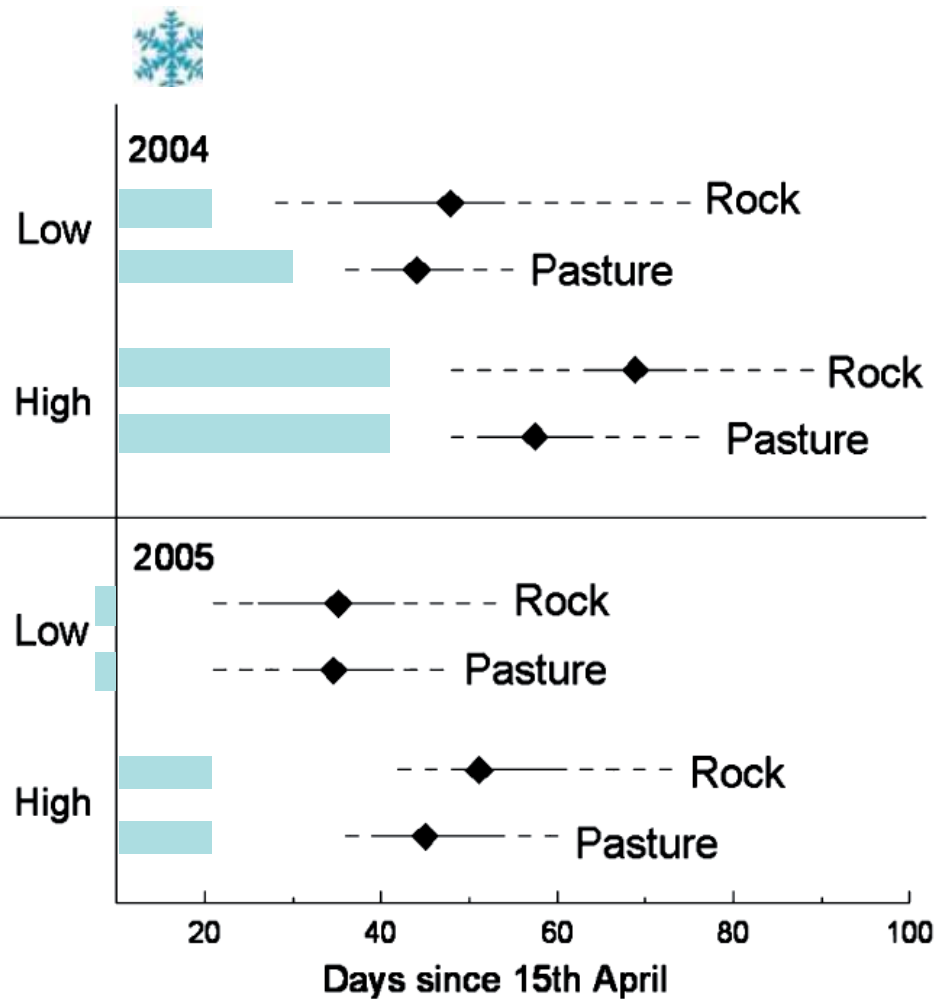


# Florece antes conviene pero...¿es tan fácil?

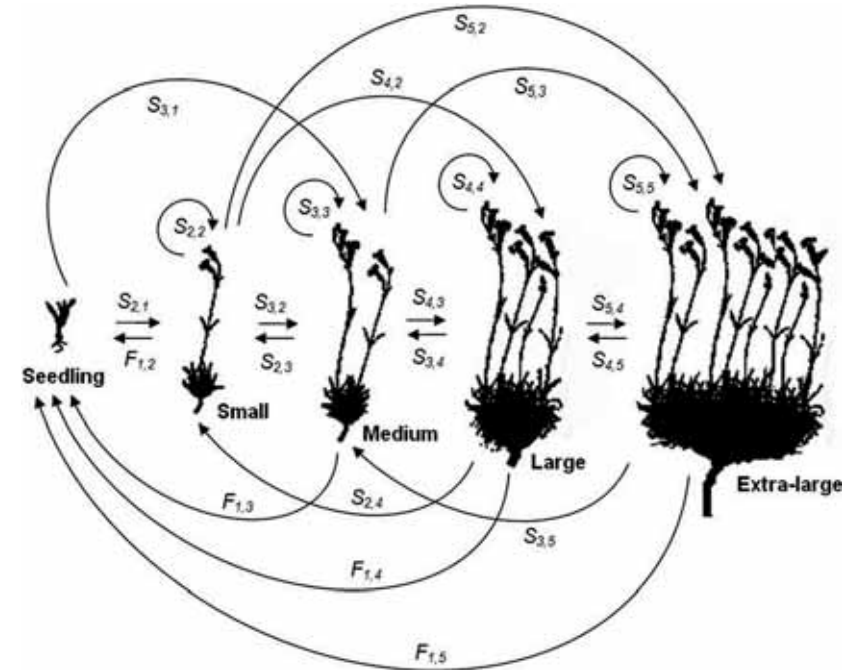
## ¿Hay constricciones que limiten su adelanto?

*Armeria caespitosa*

*Silene ciliata*



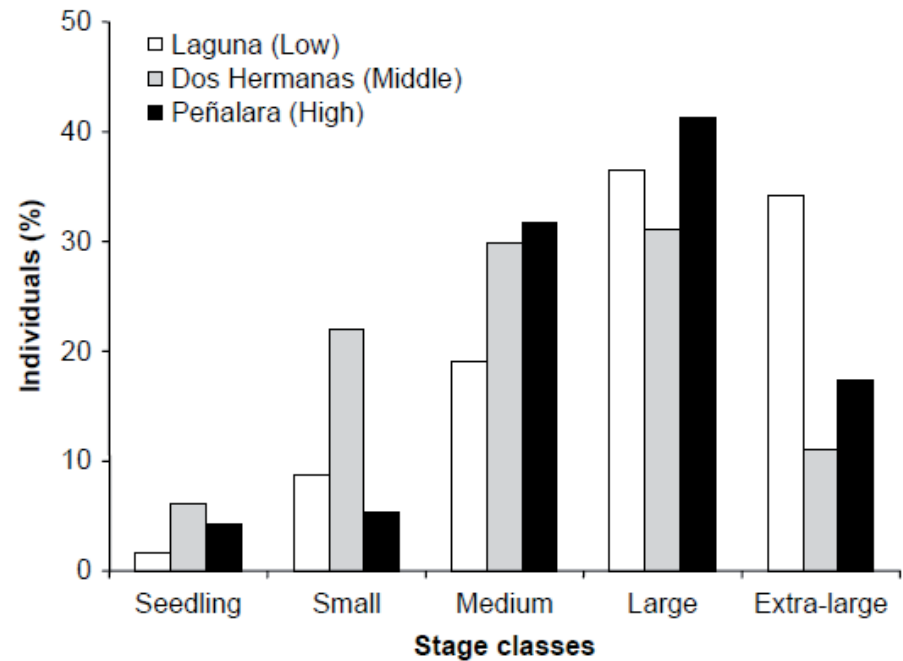
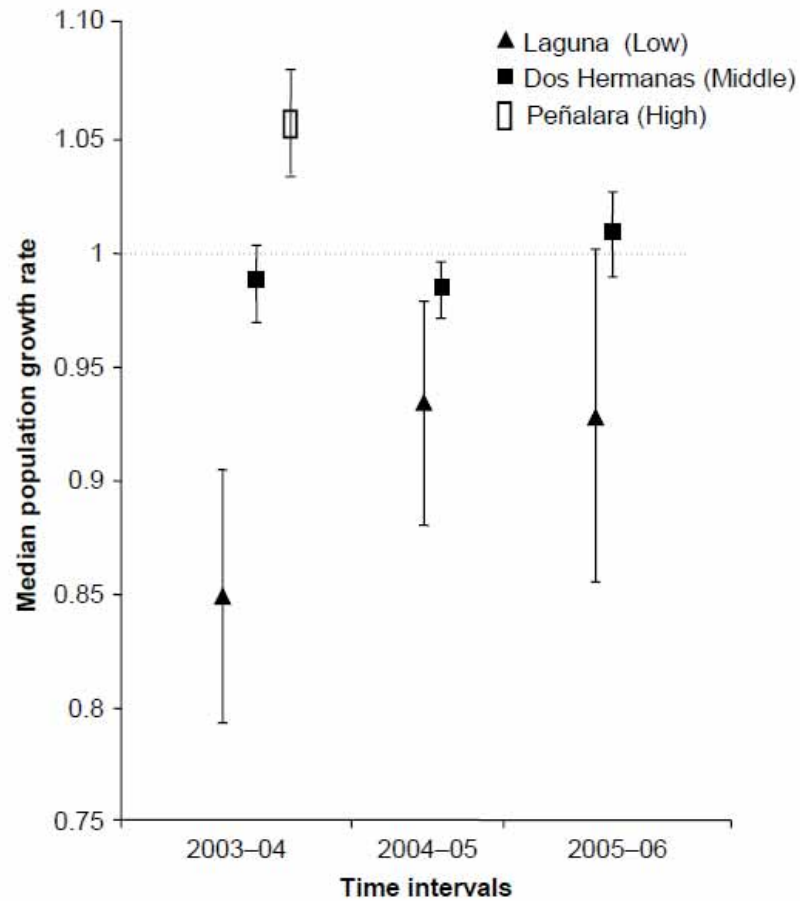
# Quizás la cuestión clave es la viabilidad



Giménez-Benavides et al.  
Ecography 2010



# Demografía de *Silene ciliata*: lo esperado

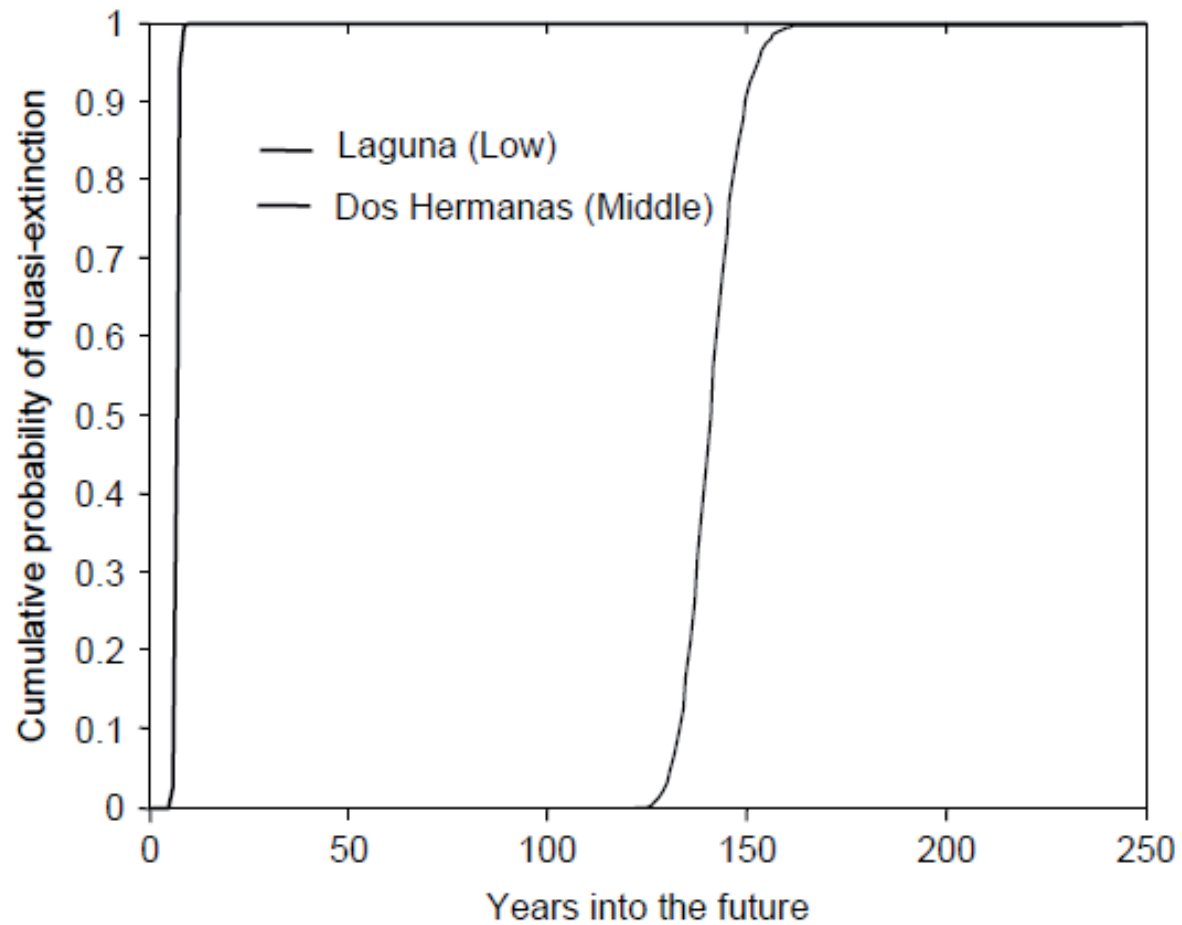


La tasa de crecimiento del "rear edge" es muy inferior

La estructura de edades es muy diferente

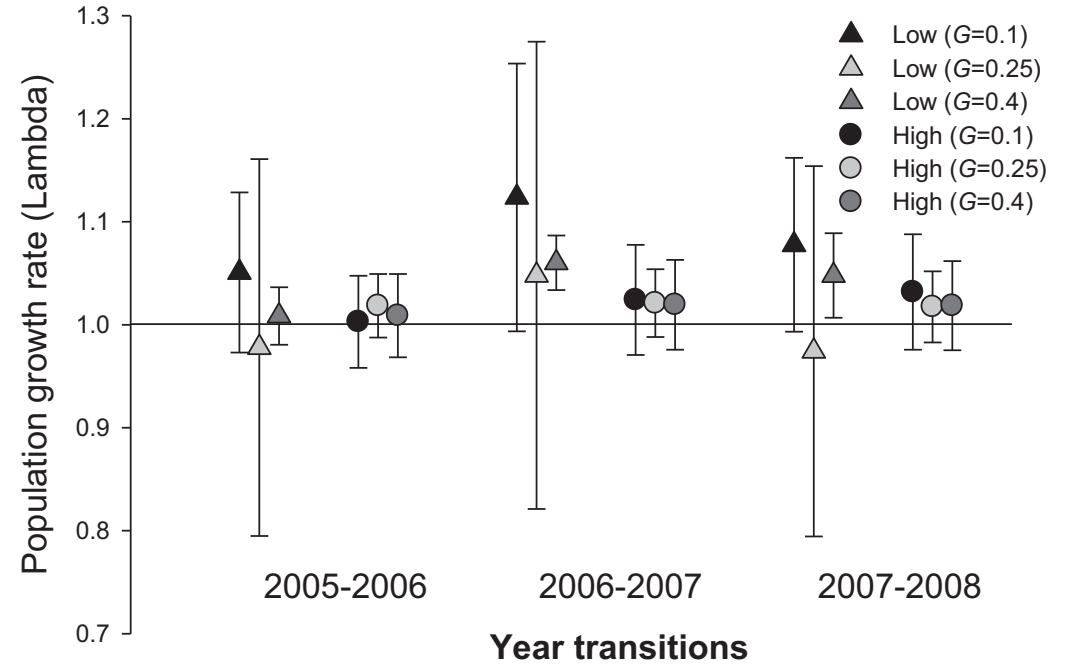
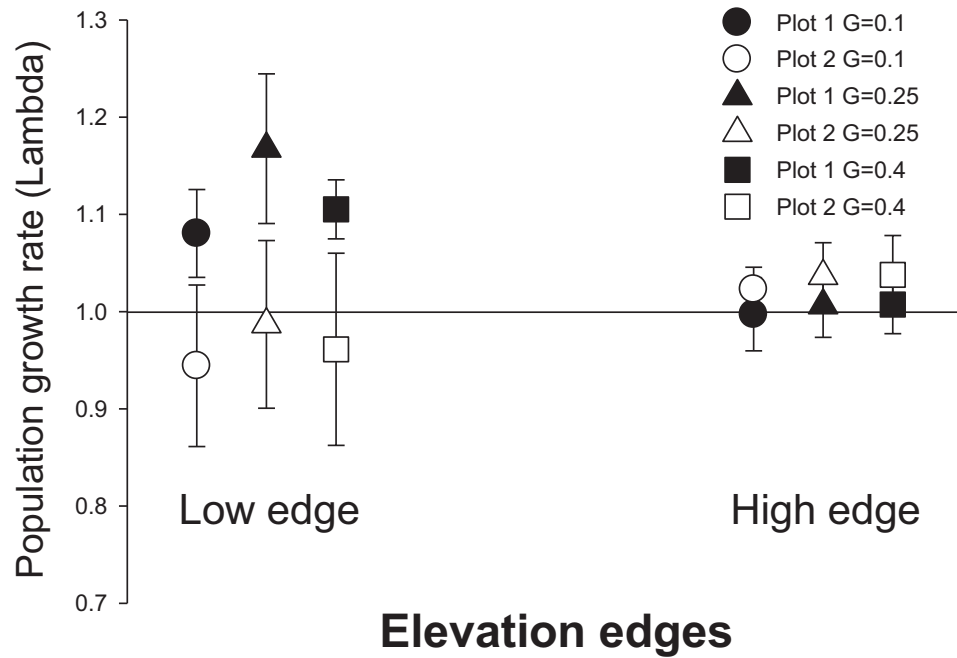
# En el límite inferior es un desastre

---





# Plasticidad demográfica un mecanismo para persistir

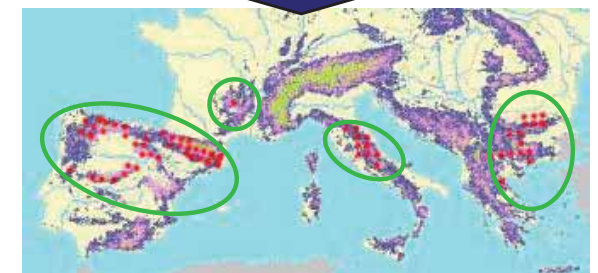
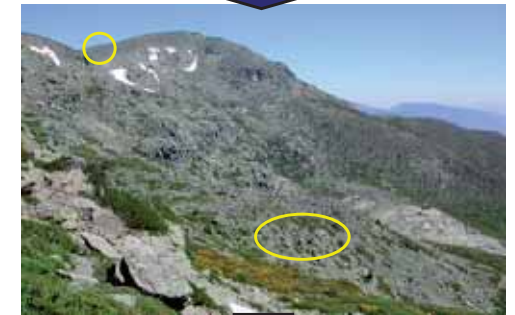


Compensación demográfica de Morris & Doak 2010 Nature

# Estructura jerárquica de la diversidad genética

- Fuerte estructuración de la diversidad genética de estas plantas a muy diferentes escalas.
- Un inbreeding generalizado que se agudiza en el límite inferior
- Fuertes variaciones en el tamaño del genoma de alguna de estas especies

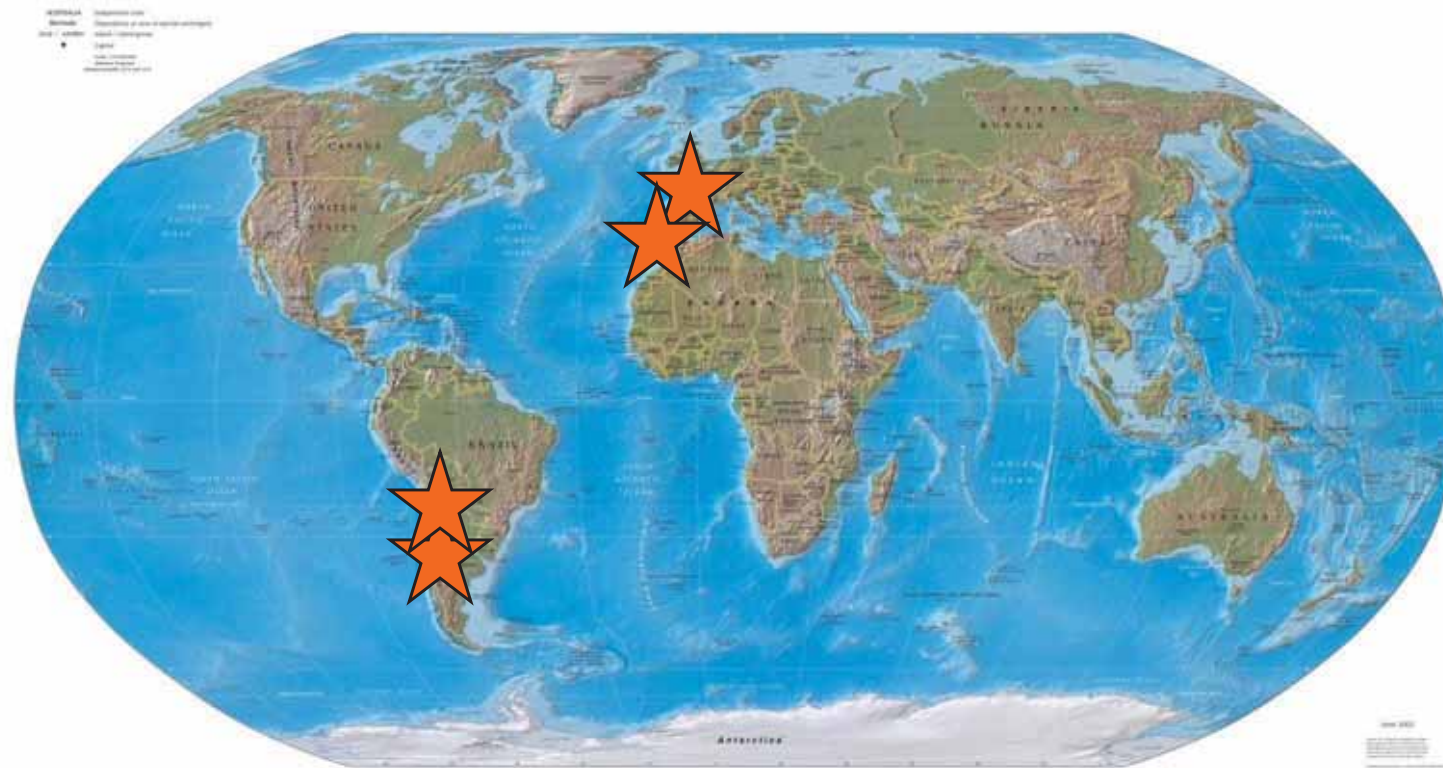
García-Fernández et al. 2012 Plant System. Evol  
García-Fernández et al. 2012 Annals Bot  
García-Fernández et al. 2012 A J Bot





# La alta montaña mediterránea a escala global: MOUNTAINS

## Procesos de ensamblaje a lo largo de la altitud





Manipulando en alta montaña  
Top Open Chambers + irrigation

Chile con el grupo de Lohen Cavieres





Gracias

