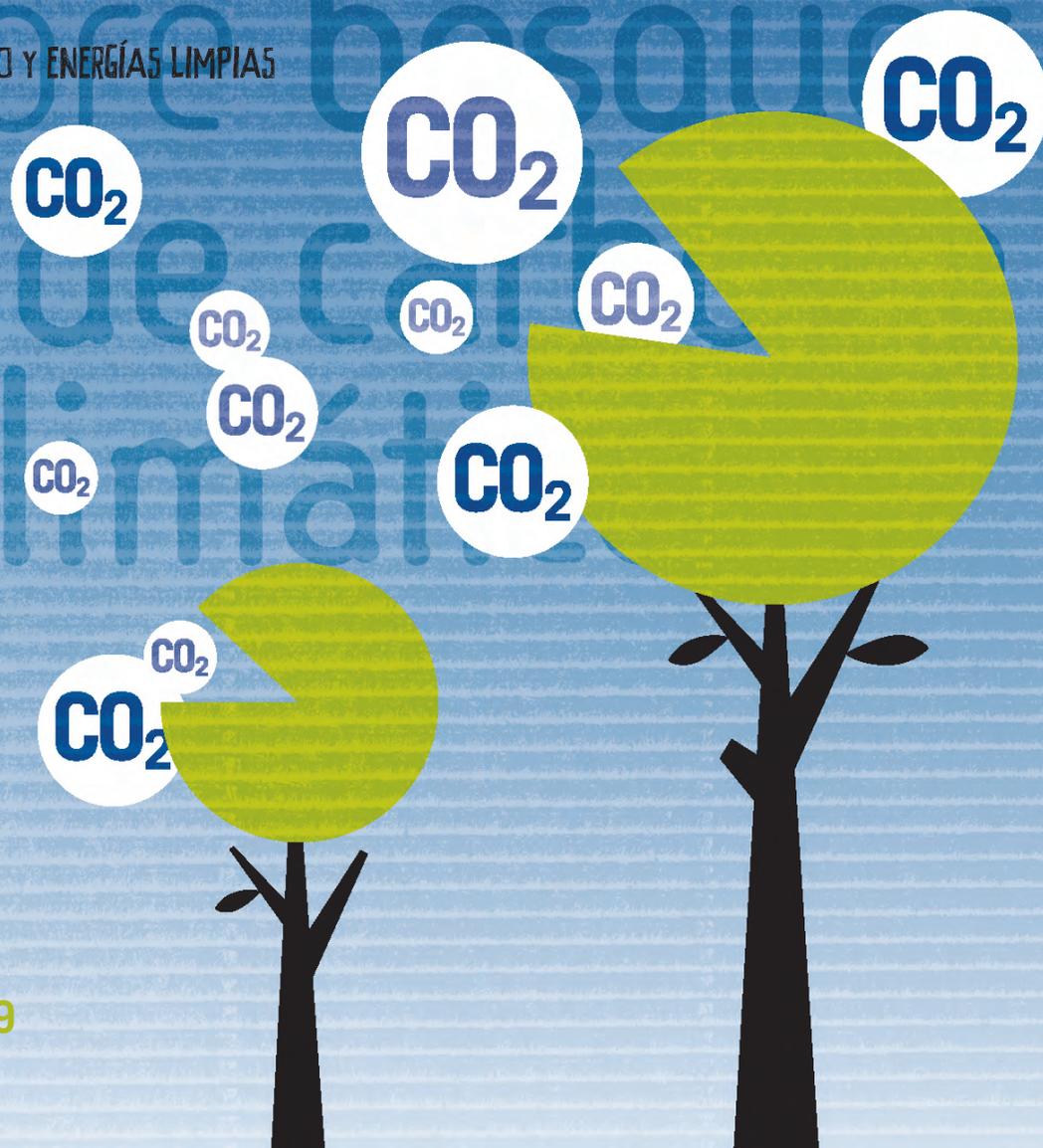




Jornada sobre bosques sumideros de carbono y cambio climático

World Trade Center ZARAGOZA 30 de junio de 2009





Diversidad genética forestal y plasticidad frente al cambio climático

José Climent

¿Qué ofrece la genética forestal de cara a la adaptación y mitigación del cambio climático?

- Masas forestales *adaptadas* a las nuevas condiciones
 - Menor **vulnerabilidad** frente a agentes bióticos y abióticos
 - Mayor producción (**cantidad**) de biomasa -captura de CO²
- Mejora de la **calidad** de los productos: mayor vida útil, captura más efectiva.
- Mejora de la eficiencia en el uso del agua
(Biomasa producida / Agua consumida).

¿Con qué herramientas contamos?

- Descartados los OGMs, partimos de la **variabilidad natural** de nuestras especies:
 - **Entre poblaciones** (procedencias): clinal, ecotípica.
 - **Dentro de poblaciones**: diversidad entre individuos.
- **Procesos no genéticos: Plasticidad fenotípica.**

Hablamos de... *Evolución*

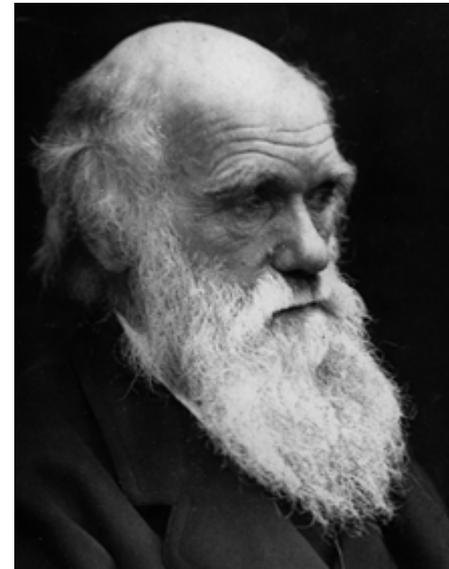
La **evolución** de los seres vivos conduce a diferencias entre **individuos** y entre **poblaciones**, mediante un continuo equilibrio entre procesos generadores de variación:

Mutación / **Recombinación** / **Migración (flujo gen.)**

y otros reductores de variación:

Selección / **Deriva genética**

Pérdida aleatoria de variantes en poblaciones muy reducidas



Migración

- Las poblaciones no son estáticas, sino que se desplazan e intercambian genes (semillas, pólen...). Aspecto fundamental bajo CC.

Selección natural

- Medida de la capacidad de un individuo para transmitir genes a la generación siguiente.
- Diferencias heredables en la adaptación a un determinado ambiente.

Adaptación, base para la selección

Proceso que conduce a una mayor *adecuación* a un ambiente específico, entendida bien como:

- Producción, productividad (Agronomía).
- Eficacia biológica (*fitness*): aptitud de un individuo para transferir sus genes a la(s) generación(es) siguiente(s)

EB = Supervivencia + crecimiento + fecundidad + longevidad + supervivencia₂ + crecimiento₂ + fecundidad₂ + supervivencia₃

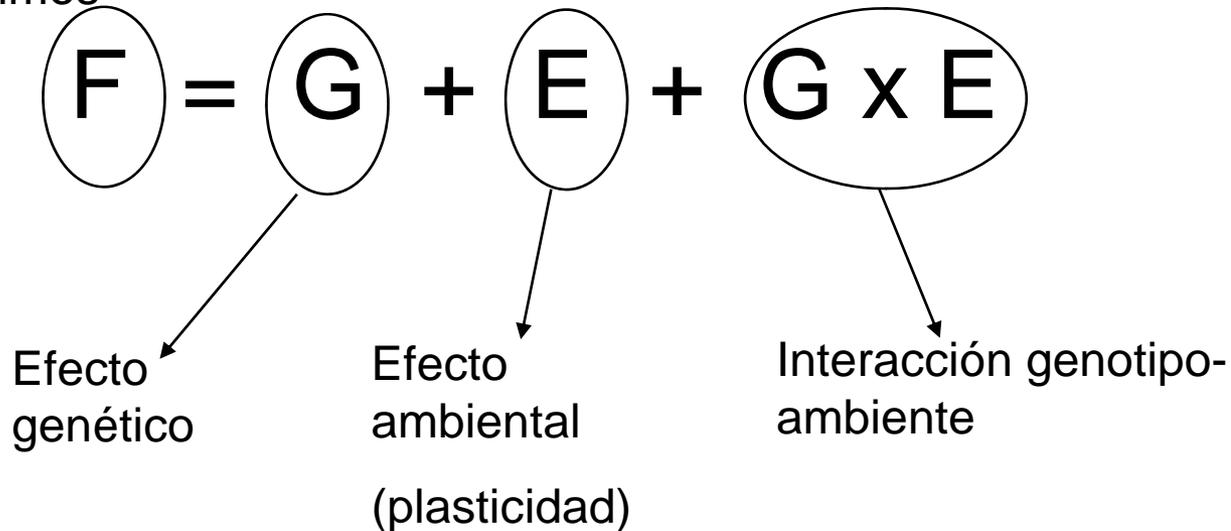


Ciclo vital del pino negroal (*Pinus pinaster*), muy simplificado

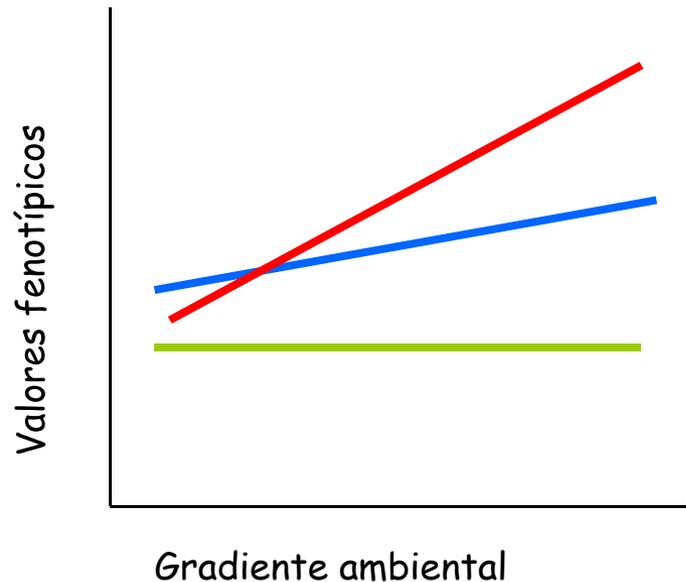


Construyendo el rompecabezas: Efectos genéticos y ambientales y su interacción

Fenotipo: lo
que
medimos



Efecto ambiental: Plasticidad fenotípica e interacción genotipo x ambiente



Norma de reacción: representación de la plasticidad fenotípica: serie de fenotipos expresados en un gradiente ambiental.

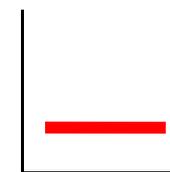
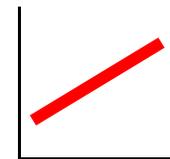
La plasticidad, un concepto muy *elástico*

La plasticidad opera a varios niveles

- cambios **inevitables** (ej: crecer menos al disminuir los recursos)
- cambios **de reparto de biomasa** (ej: dedicar más biomasa al órgano captador del recurso más escaso).
- cambios transitorios en metabolismo, fisiología... (*flexibilidad*)

Plasticidad no implica necesariamente *adaptabilidad*. Puede ser:

- neutra
- adaptativa → Selección favorece plasticidad
- perjudicial → Selección favorece estabilidad



F= G + E + G x E ... Dispositivos experimentales

Ensayos a largo plazo: uno o varios ambientes reales

Ensayos precoces: ambiente \pm controlado



Ventaja: rapidez, fases críticas para la supervivencia

Inconveniente: ambientes artificiales, baja correlación juvenil-adulto (crecimiento)



Ventaja: efecto del ambiente real (abiótico + biótico)

Inconveniente: duración, coste, elección de los sitios, heterogeneidad dentro de parcelas



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



Red Nacional de Ensayos Genéticos



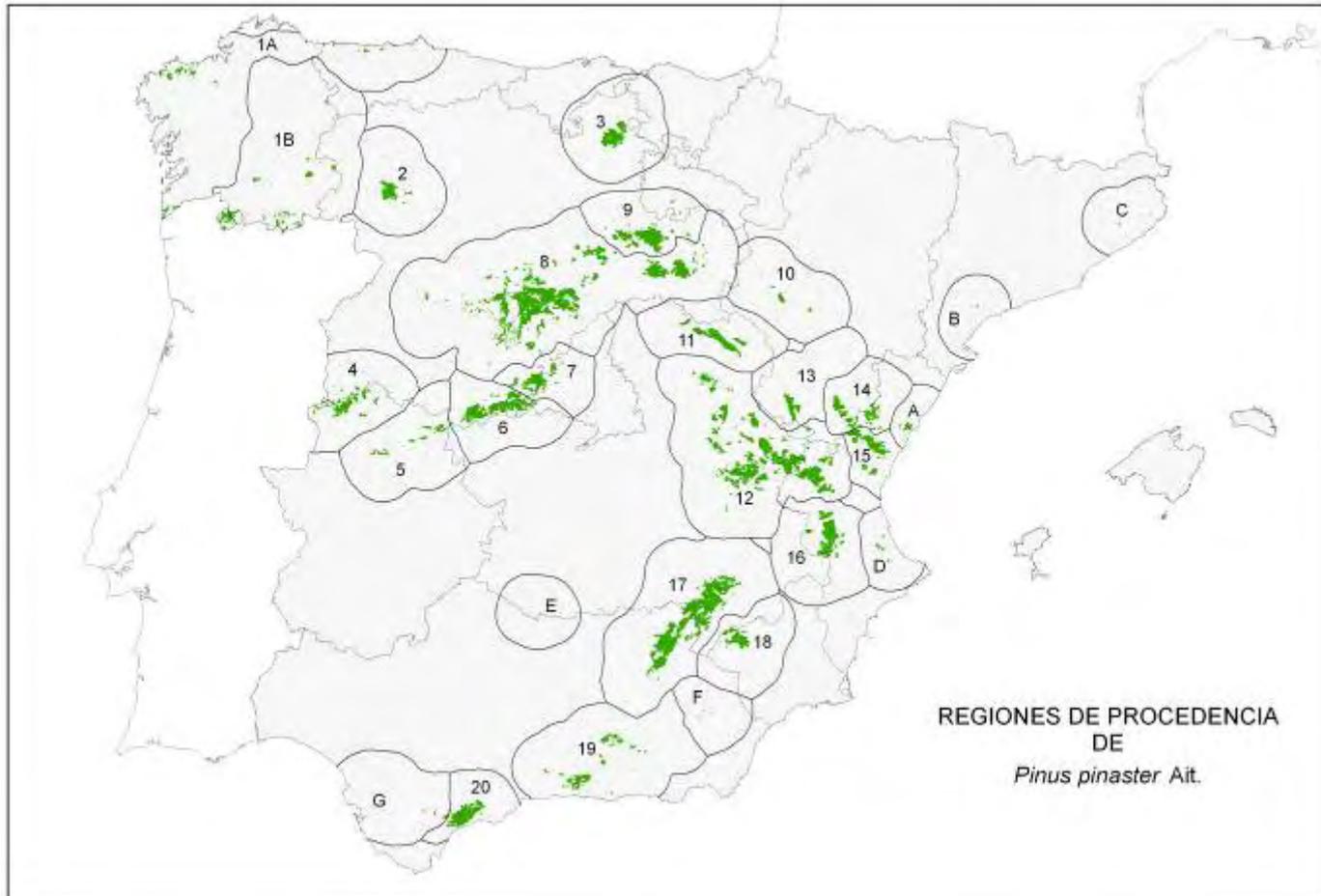
Ejemplo 1. *Pinus pinaster*: un modelo de alta diferenciación e interacción G x E

Alta diferenciación genética en crecimiento, supervivencia, forma, espesor de corteza, precocidad reproductiva, fecundidad, etc...

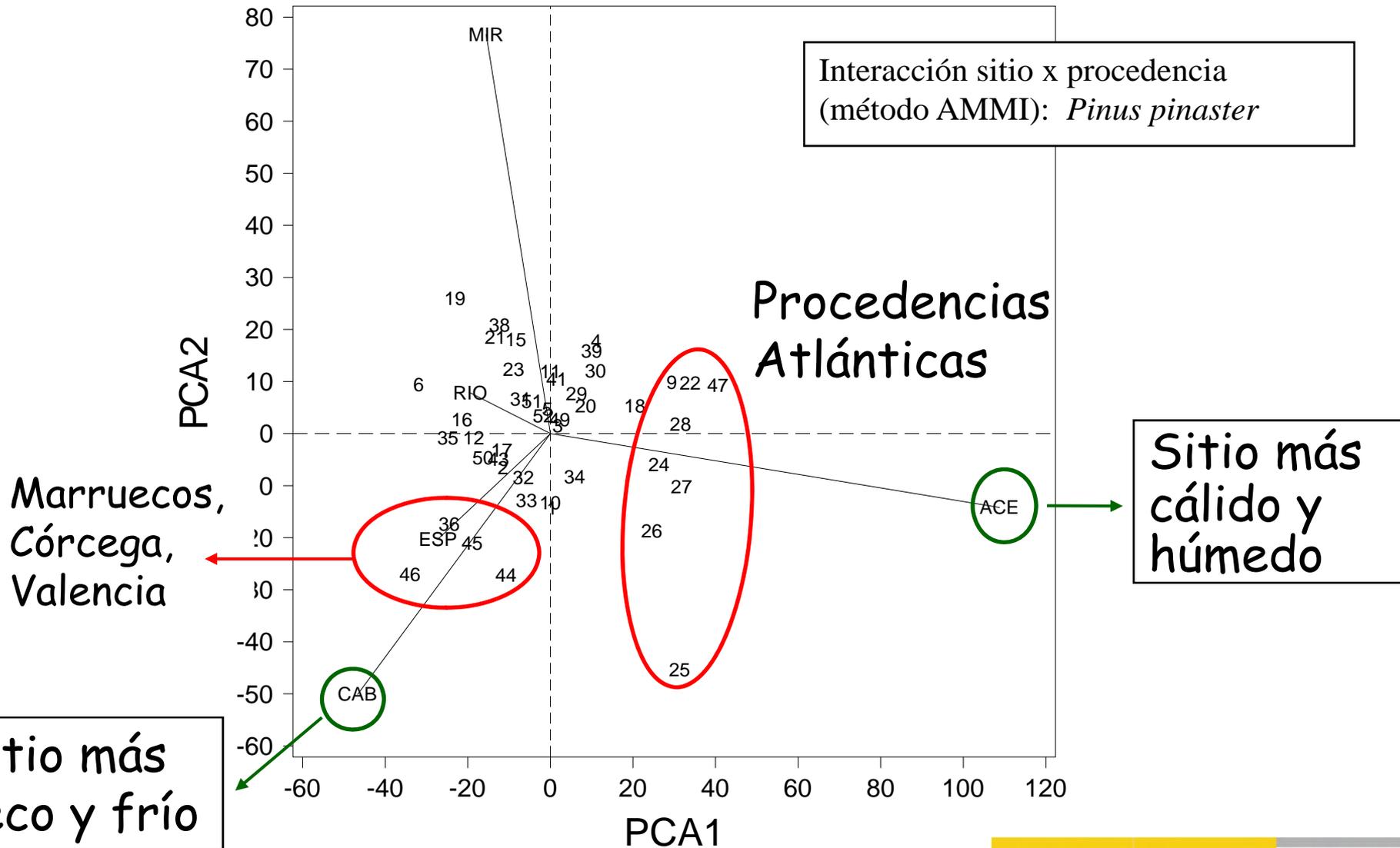
Adaptación local en ambientes muy diferentes, sometidos a distinto régimen de perturbaciones



Ejemplo 1. *Pinus pinaster*: un modelo de alta diferenciación e interacción G x E



Ejemplo 1. *Pinus pinaster*: un modelo de alta diferenciación e interacción G x E

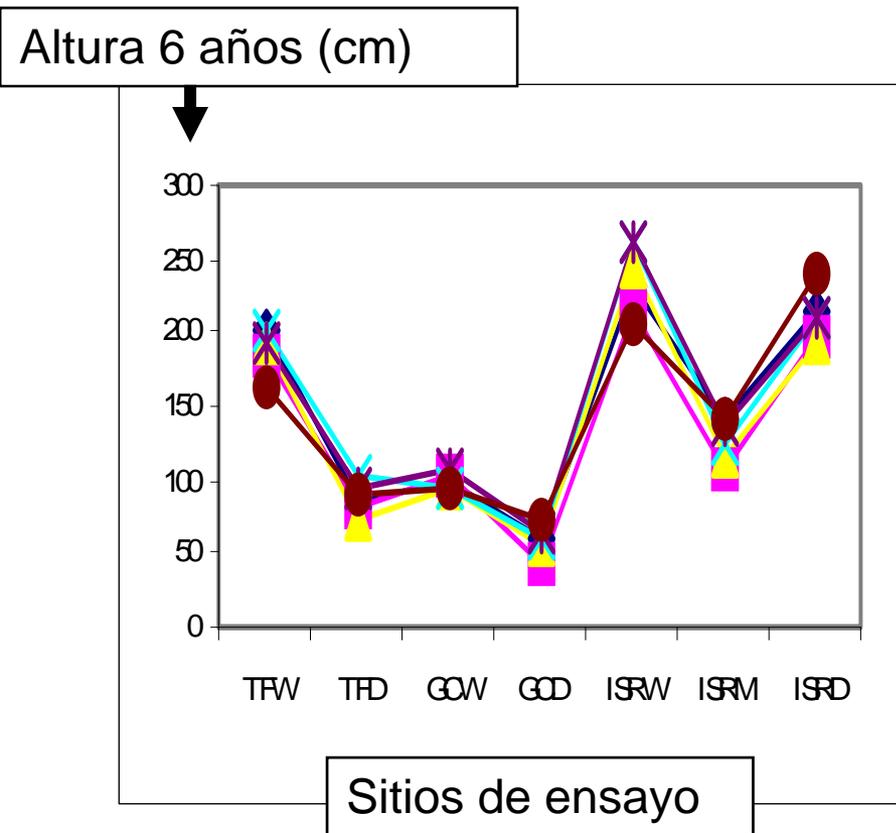


Chambel, R. (2006) Tesis Doctoral

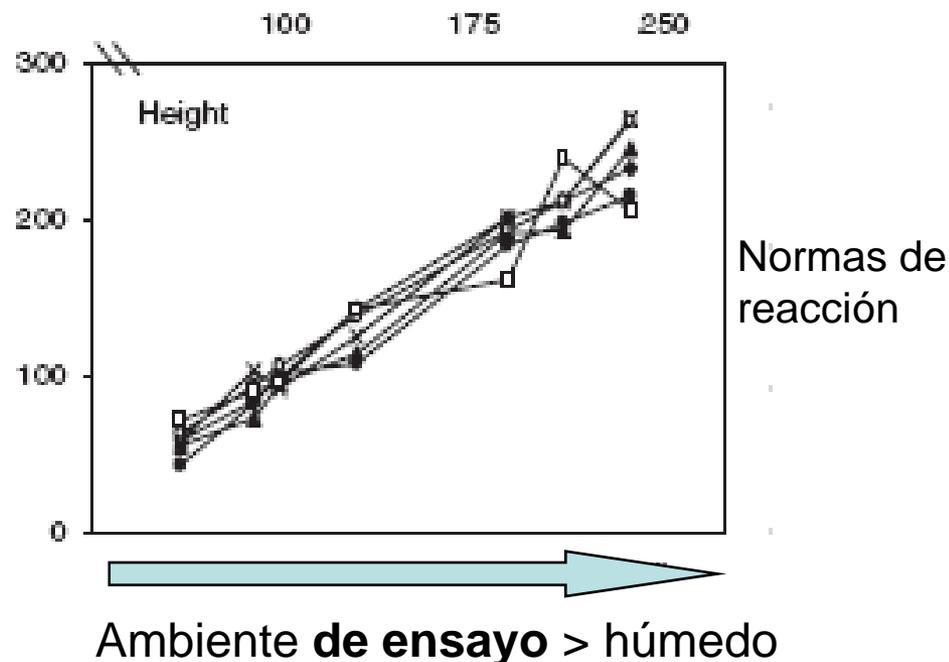
Ejemplo 2: Crecimiento y supervivencia de pino canario (*P. canariensis*) en ensayos de procedencias.



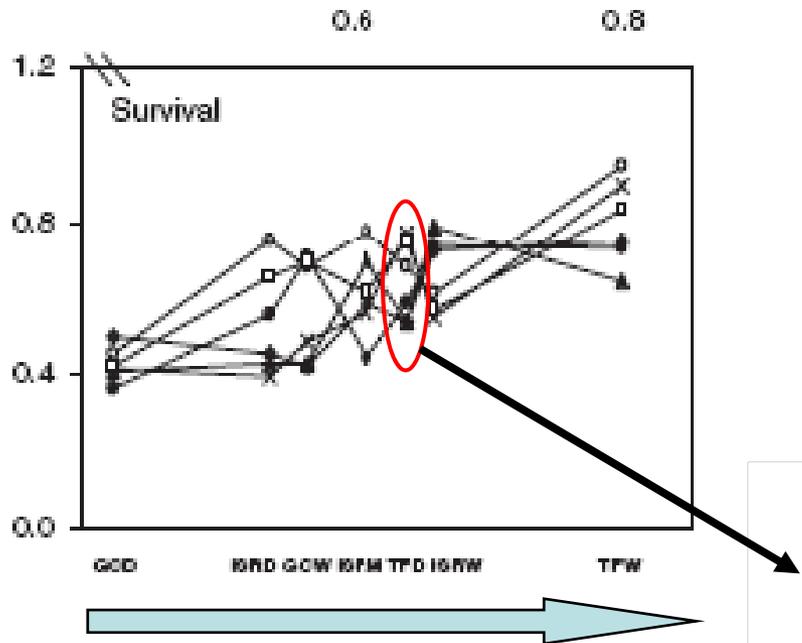
Ejemplo 2. *P. canariensis*: Crecimiento, baja diferenciación entre poblaciones y alta plasticidad



No diferencias entre procedencias, ni interacción g x e, sólo efecto ambiental ligado a sitio de ensayo (plasticidad).



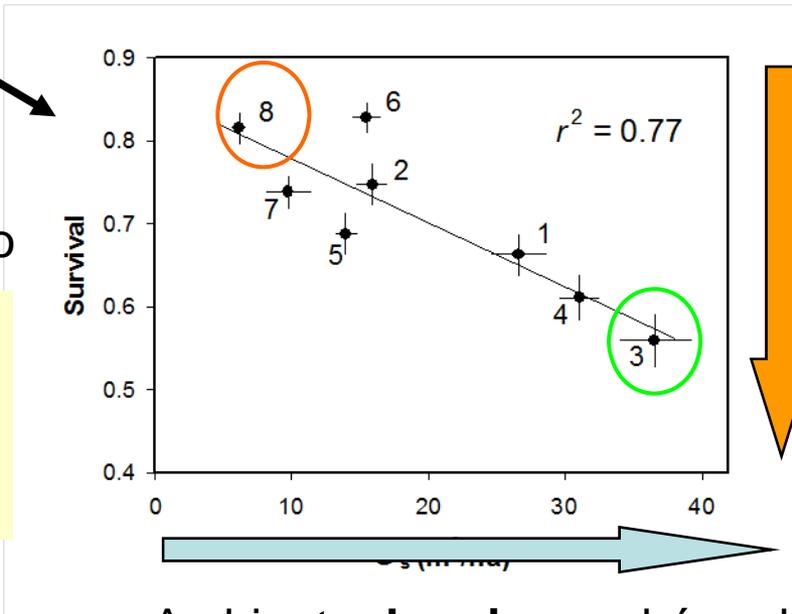
Ejemplo 2. *P. canariensis*: Supervivencia, alta diferenciación e interacción genotipo x ambiente



Alta diferenciación entre poblaciones e interacción g x e

Ambiente de ensayo > húmedo

Procedencia de origen más seco (S Gran Canaria) sobrevive un 30% más que la más húmeda (NE Tenerife)



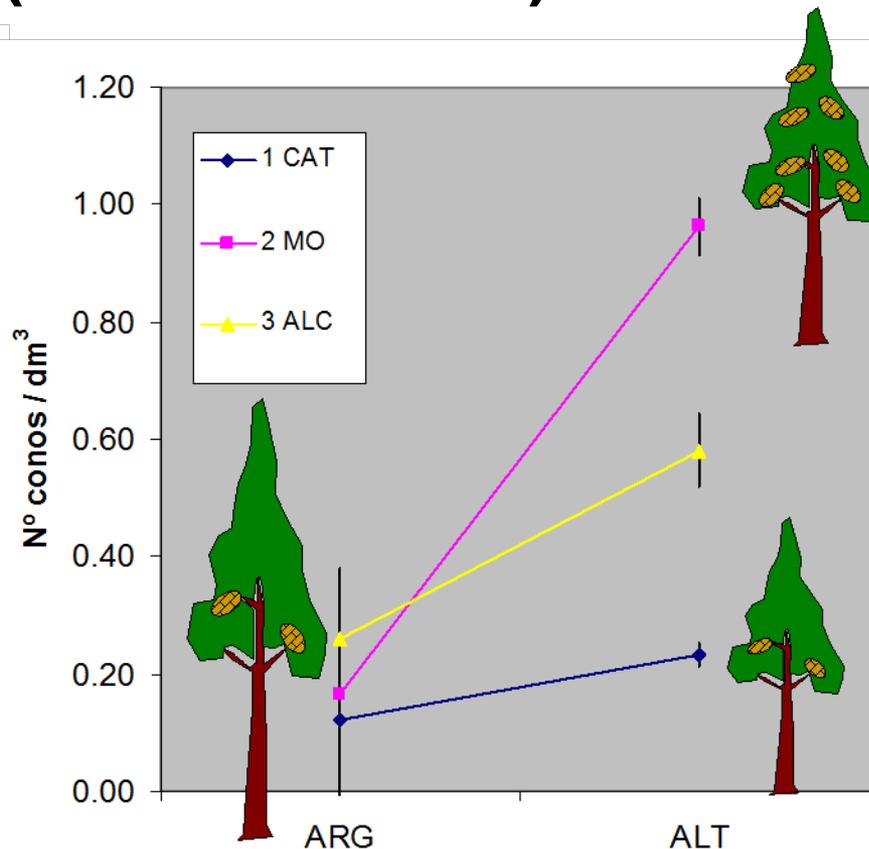
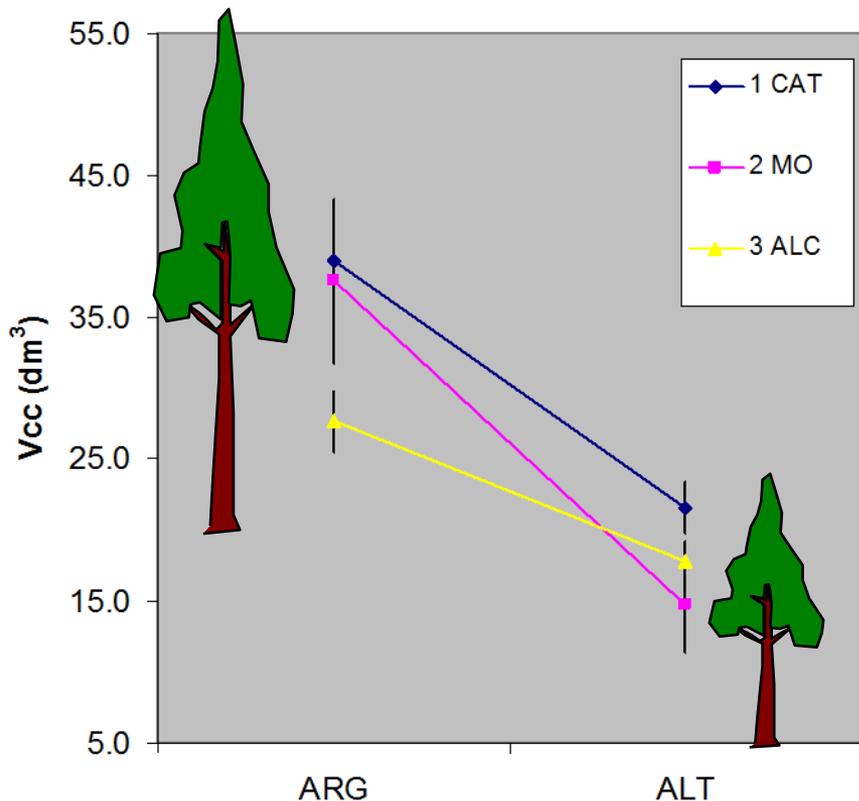
Menor supervivencia

Ambiente de origen > húmedo

Ejemplo 3: Crecimiento y reproducción del pino carrasco (*P. halepensis*) en ensayos de procedencias



Ejemplo 3. *P. halepensis*: contraste entre crecimiento y reproducción (7 años de edad)



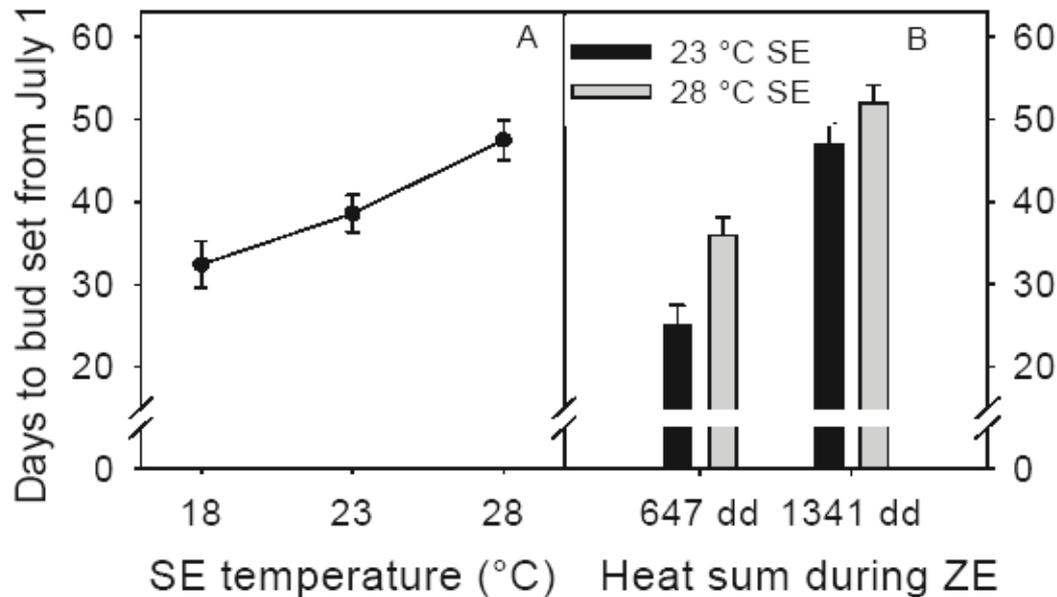
Distinto patrón de plasticidad, diferenciación genética e interacción g x e para crecimiento y asignación reproductiva.

Ejemplares de zonas favorables crecen más y se reproducen menos en relación a su tamaño

La diferencia en reproducción se acentúa en sitios desfavorables

¿Ciencia Ficción? Plasticidad trans-generacional (Johnsen et al, 2008)

Memory from embryo development



Efecto epigenético: el ambiente embrional pre-condiciona favorablemente el tiempo necesario para formar la primera yema en *Picea abies*.

Las diferencias genéticas entre poblaciones (incluyendo plasticidad) son la norma, con pocas excepciones, pero...

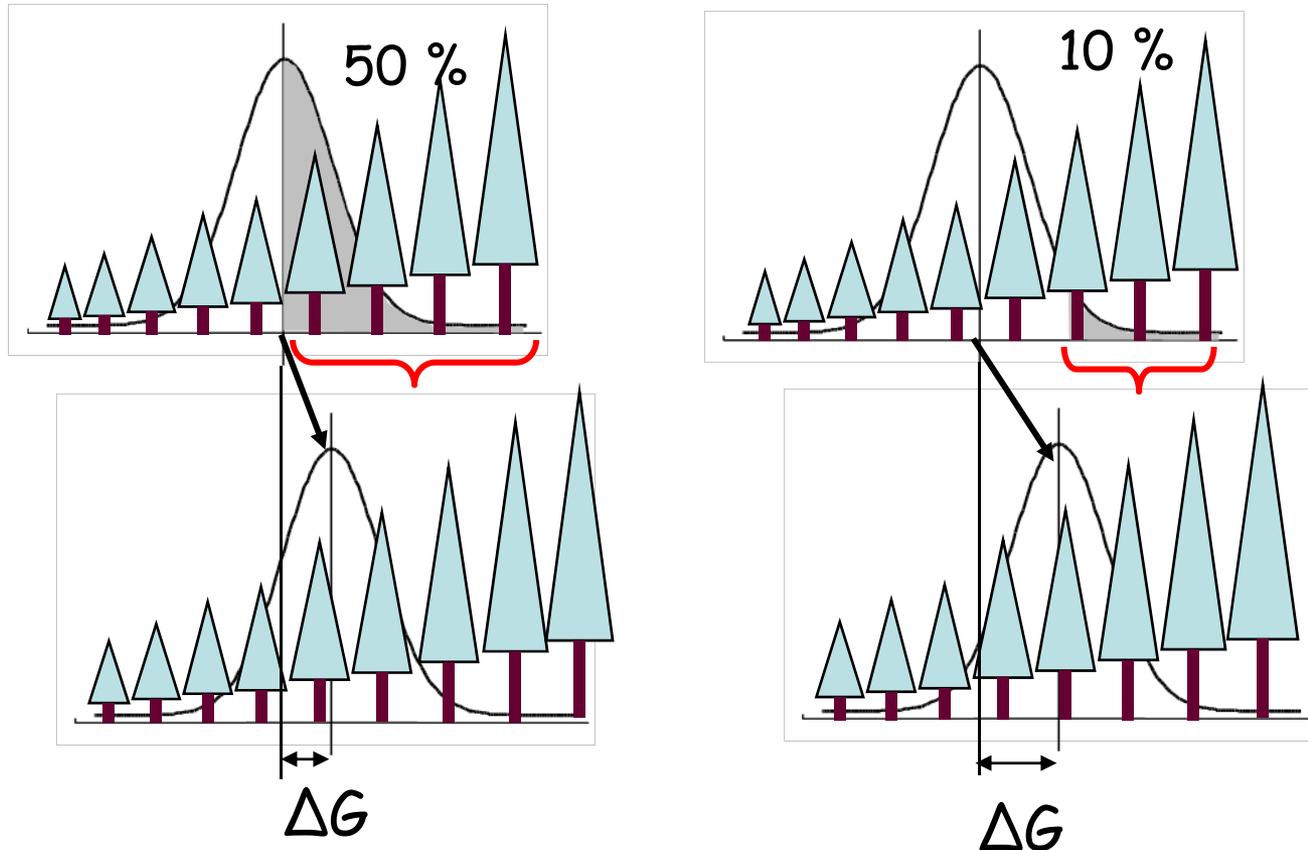
¿Cómo usar esta información en el marco del CC?

- Recomendaciones de uso
 - Condiciones actuales
 - Condiciones previstas por modelos de CC
- Migración asistida
- Conservación de poblaciones con especial valor adaptativo.

¿Y en cuanto a las diferencias (diversidad) dentro de poblaciones? Podemos:

- Mantener altos niveles de diversidad adaptativa: seguro frente a la incertidumbre.
- Favorecer regeneración natural, disminuyendo intervalo entre generaciones para acelerar selección bajo nuevas condiciones.
- Uso dirigido de la variación en programas de mejora.

Programas de mejora: Selección artificial y ganancia genética



La media de la descendencia varía respecto a la población original dependiendo de la **intensidad de selección** y la **heredabilidad** del carácter.

Ciclo tradicional en mejora genética forestal mediante huertos semilleros clonales



Programas de mejora: ejemplos reales



Pinus sylvestris, 15 años

Mejor familia crece 45% más que la media

Ganancia esperada usando la mejor familia: 15 % en volumen (1100 pies/ha)

Efectos familiares significativos en forma del fuste y ramificación

Pinus halepensis, 10 años

Mejor familia crece el 101 % más que la peor, 64 % en supervivencia.

Integrando ambos por procedencia, la mejor habría generado un 145% más de biomasa que la peor.

Efectos muy significativos en asignación reproductiva



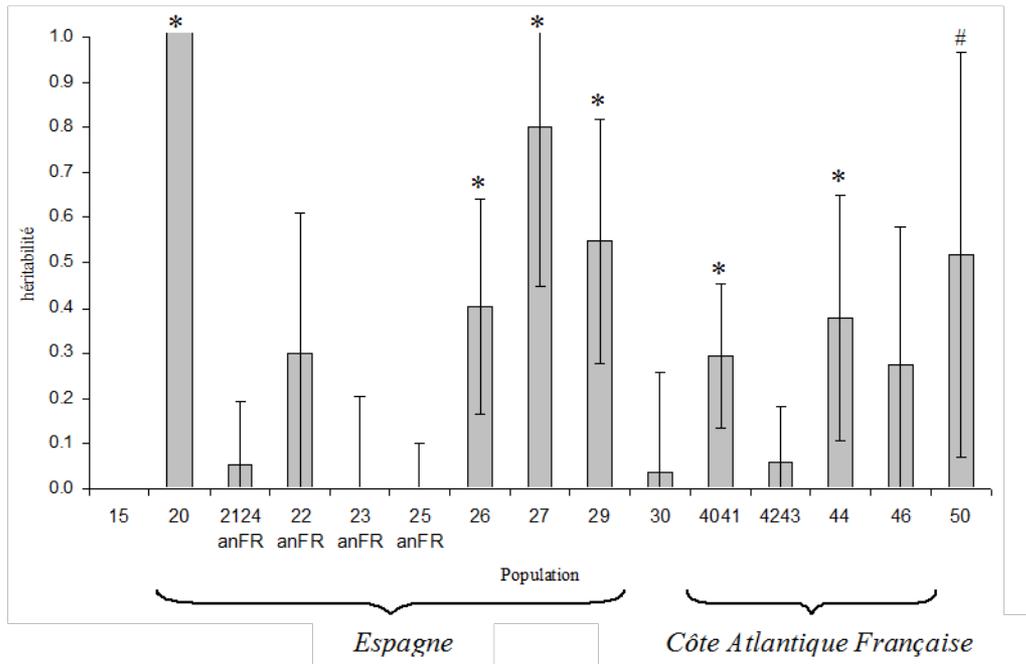


WA, Programa de mejora de *Pinus pinaster*, 35 años. >36% de ganancia en volumen, >40% de ganancia en rectitud y >25% en diámetro de ramas.80% aumento de la productividad.

Diferente destino de los productos: captura de carbono más efectiva



El gran reto: combinar productividad y eficiencia en el uso del agua



Heredabilidad de $\delta^{13}\text{C}$ en un ensayo de procedencias / progenies de *Pinus pinaster*

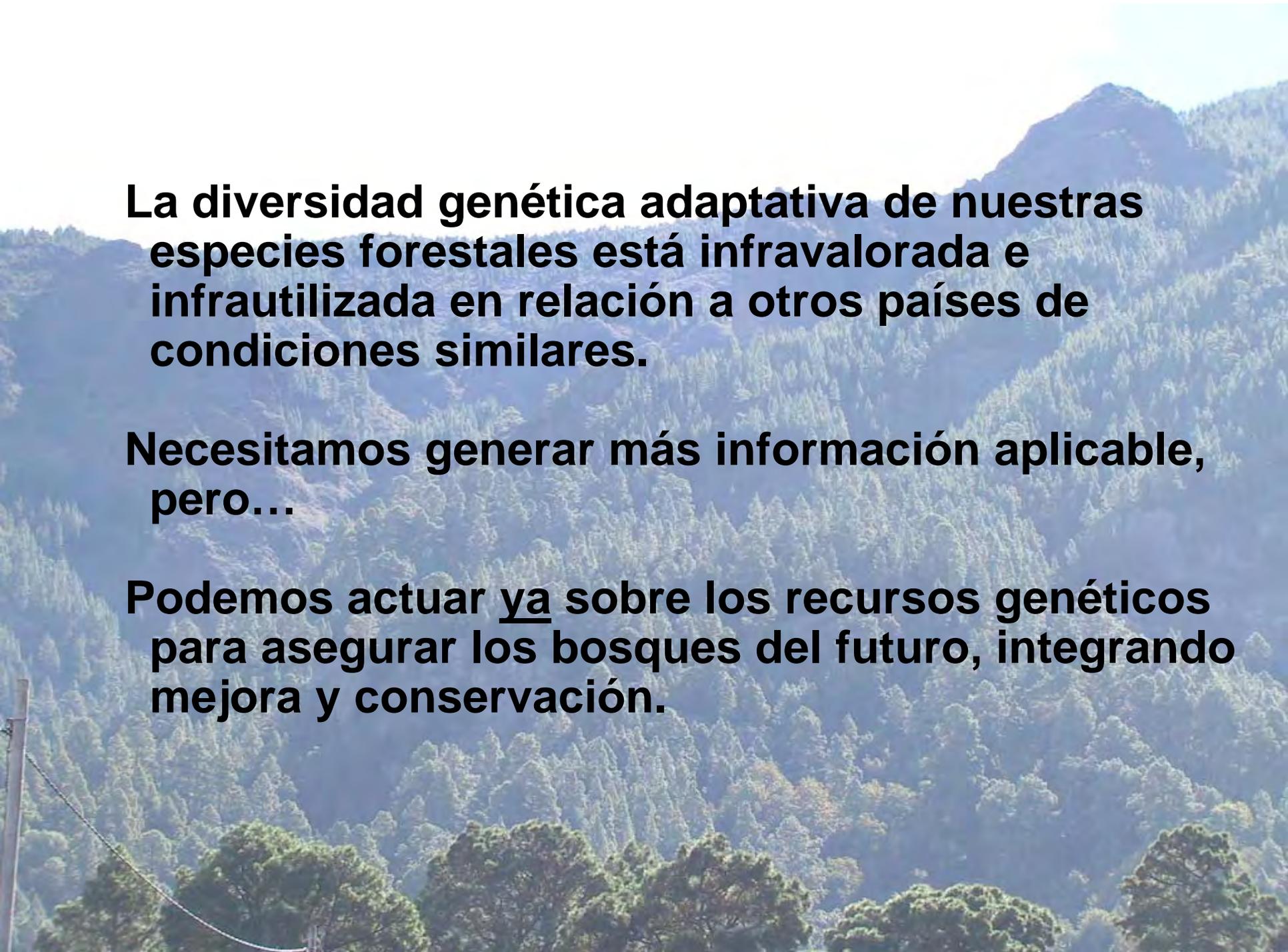
- EUA estimada por discriminación isotópica,
- Alta variabilidad dentro y entre poblaciones
- Posibilidad de mejora.
- Diferencias de plasticidad entre genotipos.

Iniciativas recientes a nivel nacional y europeo

EECUSRGF

**Estrategia Española para la
Conservación y Uso Sostenible de los
Recursos Genéticos Forestales
(2006)**

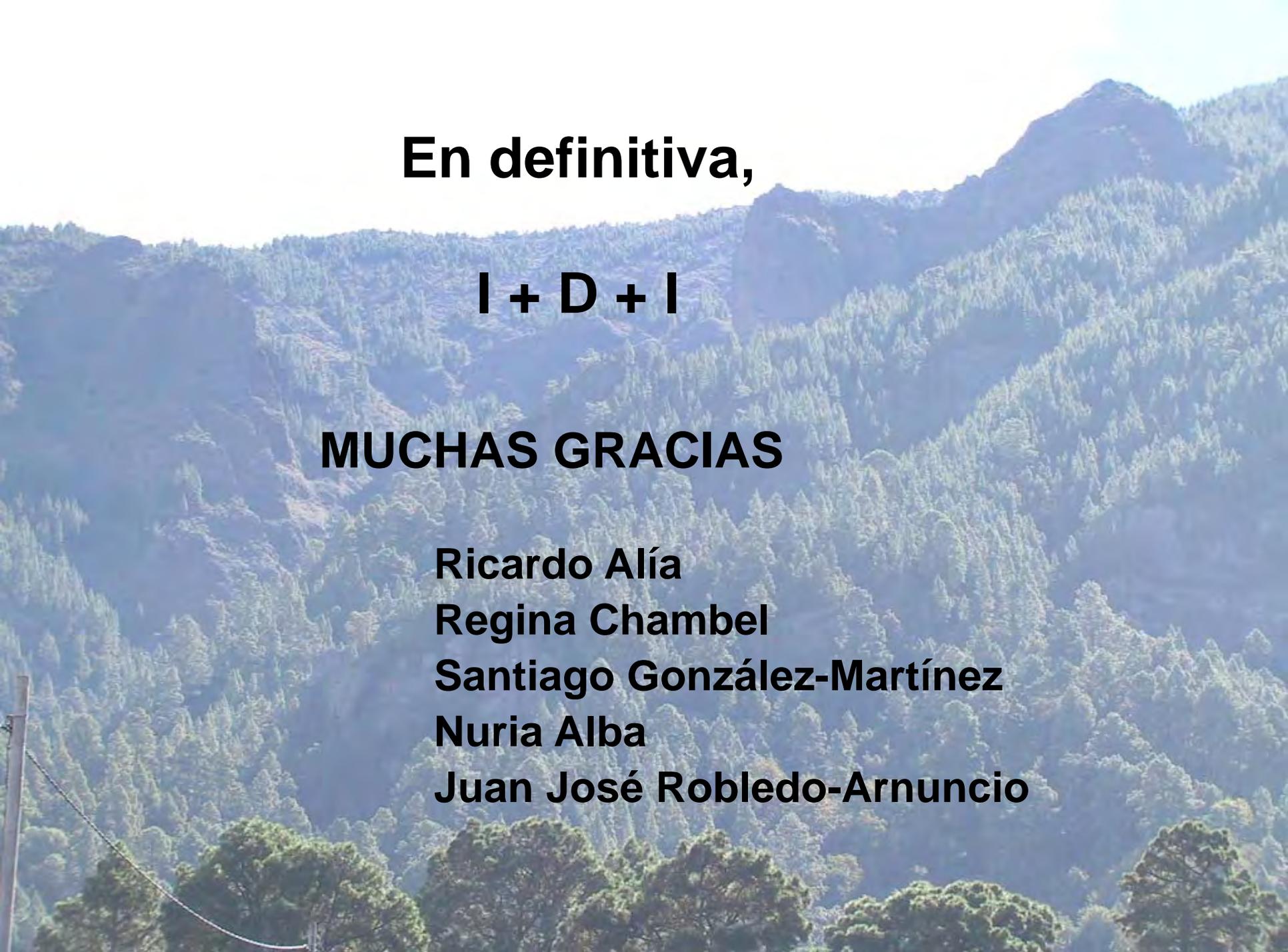




La diversidad genética adaptativa de nuestras especies forestales está infravalorada e infrautilizada en relación a otros países de condiciones similares.

Necesitamos generar más información aplicable, pero...

Podemos actuar ya sobre los recursos genéticos para asegurar los bosques del futuro, integrando mejora y conservación.



En definitiva,

I + D + I

MUCHAS GRACIAS

Ricardo Alía

Regina Chambel

Santiago González-Martínez

Nuria Alba

Juan José Robledo-Arnuncio