



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

Plasticidad fenotípica y variación genética en eficiencia en uso del agua en *Pinus sylvestris*

Jordi Voltas Velasco

Ester Sin Casas, Pau Vericat Grau, Luis Serrano Endolz, Miriam Piqué Nicolau, Eduardo Notivol Paño, Juan Pedro Ferrio Díaz

Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal – Centro AGROTECNIO, Universidad de Lleida

Área de Gestión Forestal Sostenible, Centro Tecnológico Forestal de Catalunya
Unidad de Recursos Forestales, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón

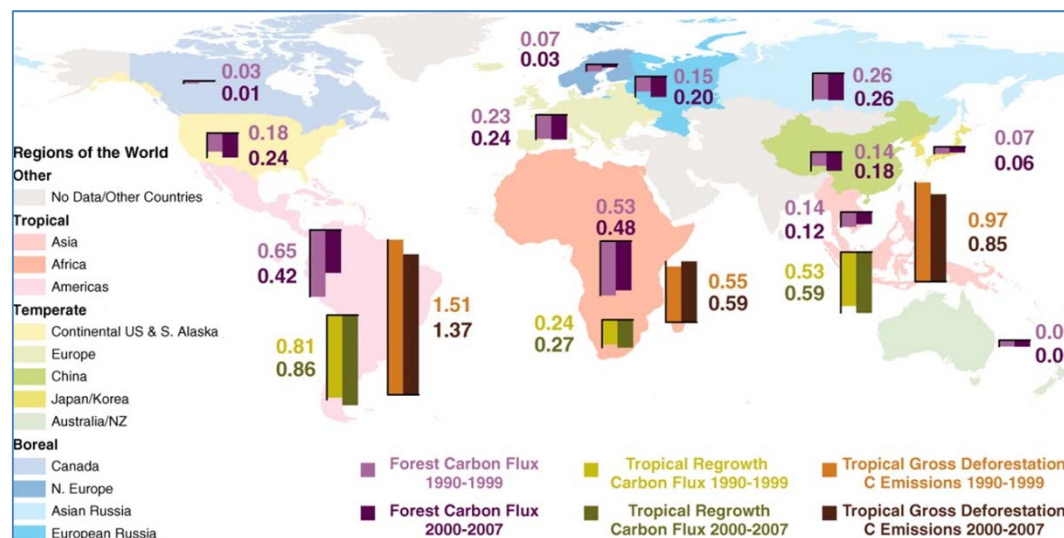
Departamento de Botánica, Universidad de Concepción (Chile)

Plasencia, 27 de Junio de 2017

Balace de agua y carbono en bosques

Un 56% de la ETP terrestre proviene de los bosques (Schlesinger & Jasechko, 2014)

Los bosques representan un sumidero de carbono de *ca.* $1.1 \pm 0.8 \text{ Pg (} 10^{15} \text{)}$ por año (Pan y col., 2011)



Pan y col. (2011)

- Pan, Y. et al. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045), 988-993.
- Schlesinger, W. H., & Jasechko, S. (2014). Transpiration in the global water cycle. *Agricultural and Forest Meteorology*, 189, 115-117.

Eficiencia en el uso del agua



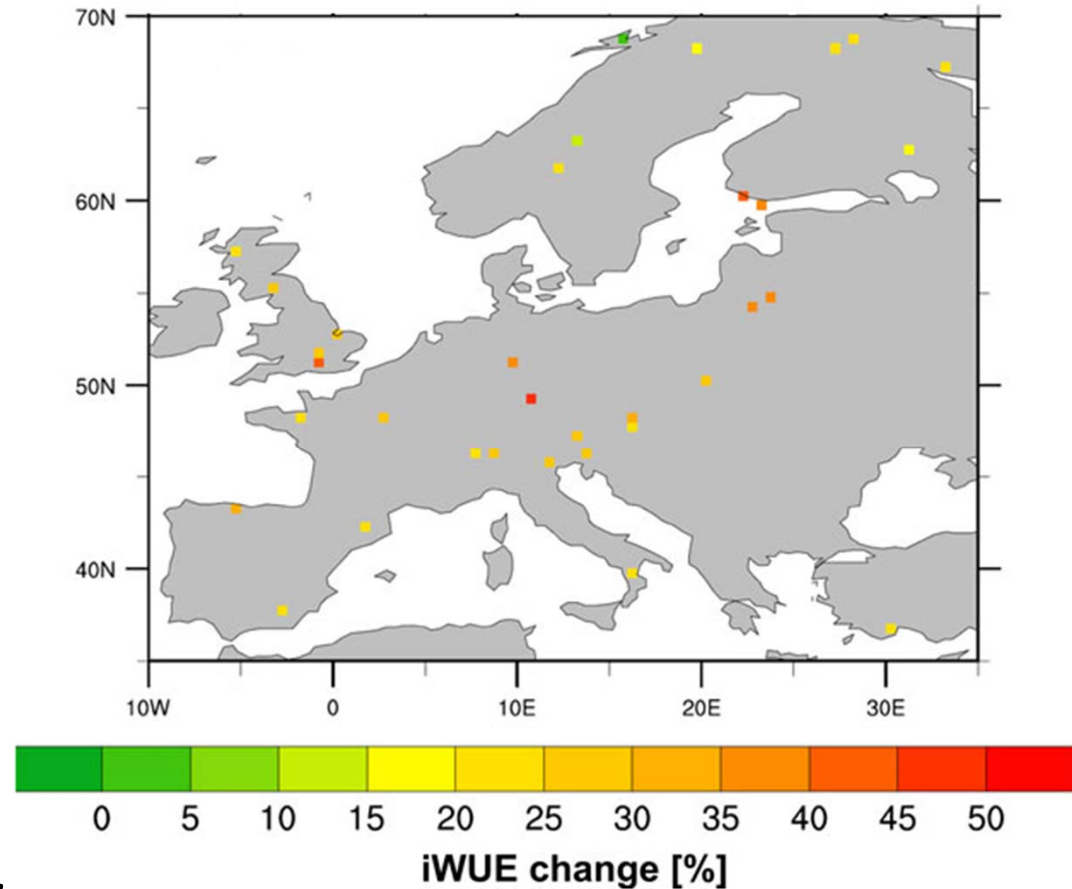
7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

A nivel de ecosistema

$$\frac{\text{Productividad bruta}}{\text{Evapotranspiración}}$$

A nivel de hoja: → EUA_i

$$\frac{\text{Asimilación fotosintética}}{\text{Conductancia estomática}}$$



Modificado de Saurer et al. (2014)

EUA_i está condicionada por:

- Incremento en CO_2 atmosférico
- Cambio climático

Saurer, M., et al. (2014). Spatial variability and temporal trends in water-use efficiency of European forests. *Global Change Biology*, 20(12), 3700-3712.

Adaptación genética y plasticidad

Plasticidad fenotípica: conjunto de fenotipos que puede mostrar un individuo en respuesta a distintos ambientes

————→ componente espacial

————→ componente temporal

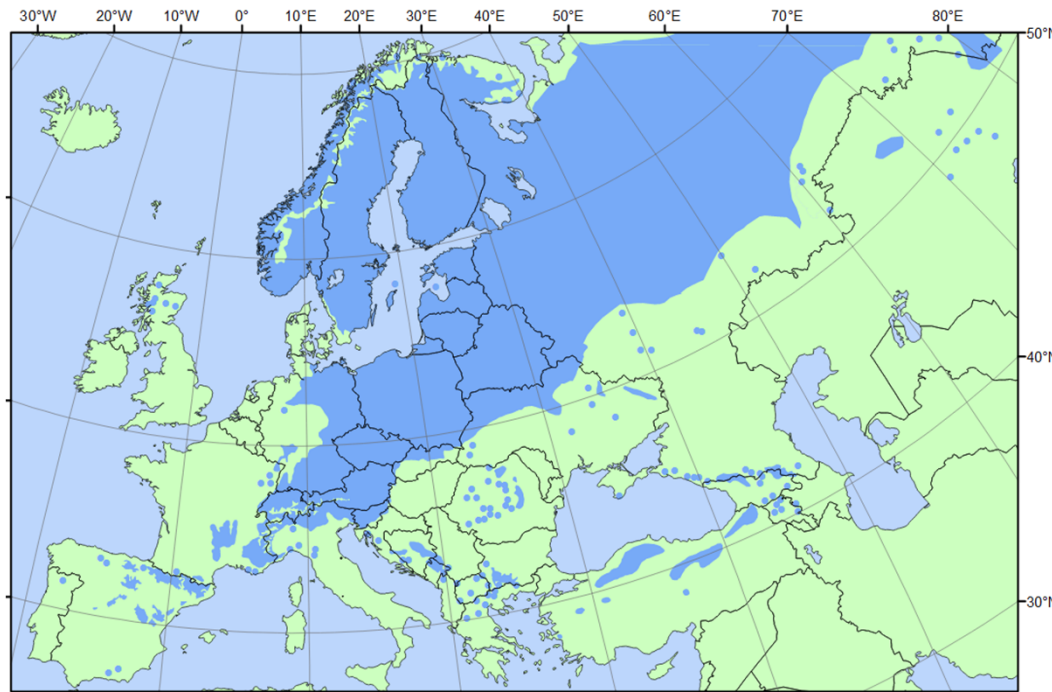
Adaptación genética: selección local de genotipos que se comportan mejor en ciertos ambientes

————→ variación intraespecífica

**Ambos componentes son relevantes para monitorizar
feedbacks entre clima y vegetación**

El caso de *Pinus sylvestris* L.

Conífera muy plástica y genéticamente diversa en muchos caracteres funcionales (fenología, crecimiento, densidad de madera, ...)



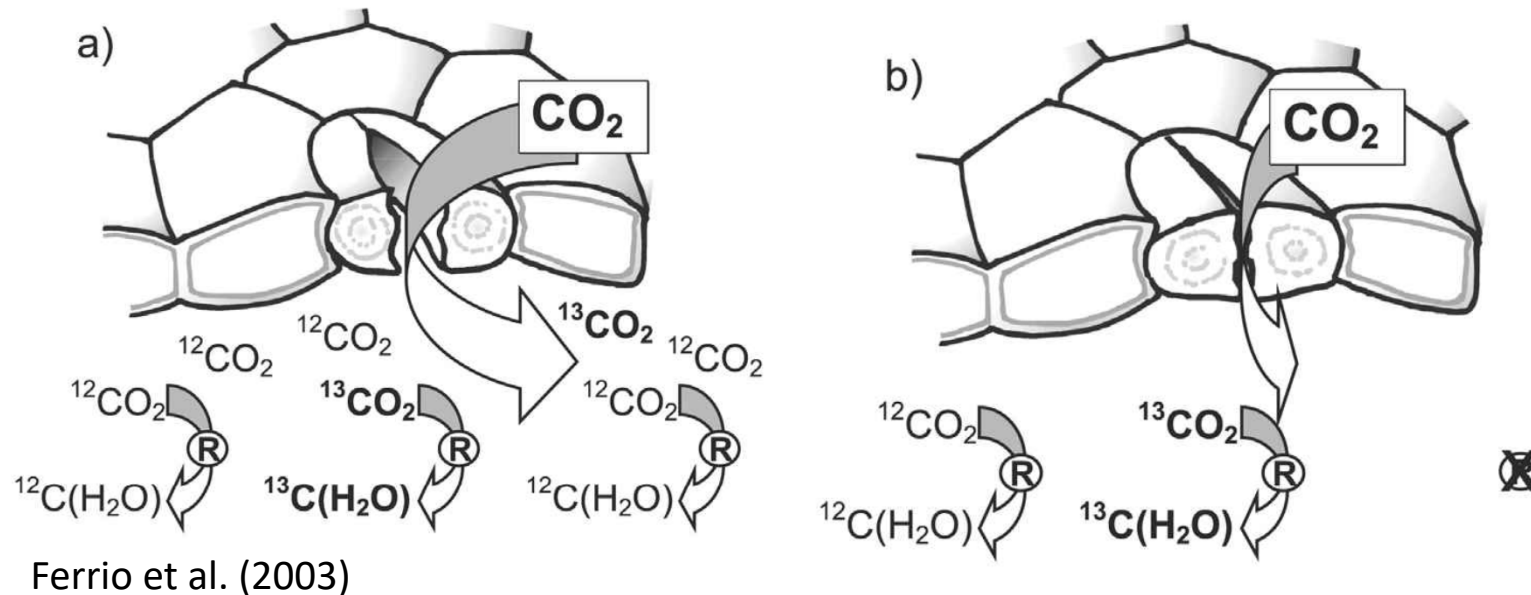
EUFORGEN 2009

Objetivo:

Cuantificar la importancia relativa de la variación intraespecífica y la plasticidad fenotípica de EUAi en la conífera de mayor distribución en el hemisferio norte



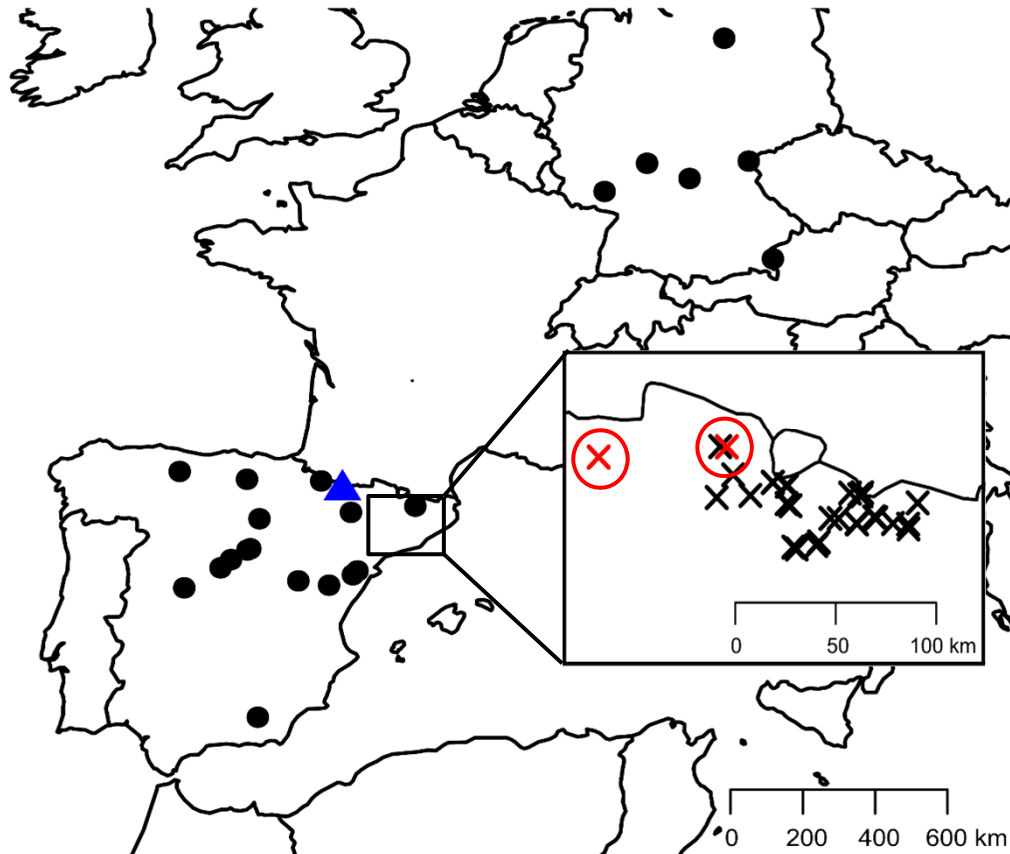
Isótopos estables y EUA_i



Las plantas C3 discriminan en contra del isótopo más pesado ^{13}C

$$EUA_i = (C_a \times (b - \Delta^{13}\text{C})) / (1.6 \times (b - a)) \text{ (Farquhar et al. 1989)}$$

Muestreo (anillos de madera)



- Ensayo de procedencias
→ variación intra-especie
- Masas naturales
→ plasticidad espacial
- Cronologías (2)
→ plasticidad temporal

Análisis estadístico

$$EUA_i = f(\text{Bloque}) + r(\text{Población}) + r(\text{Población} \times \text{Bloque}) + \varepsilon$$

- Variación intraespecífica

$$EUA_i = r(\text{Localidad}) + \varepsilon$$

- Plasticidad espacial

$$EUA_i = f(\text{Localidad}) + r(\text{Año}) + r(\text{Año} \times \text{Localidad}) + \varepsilon$$

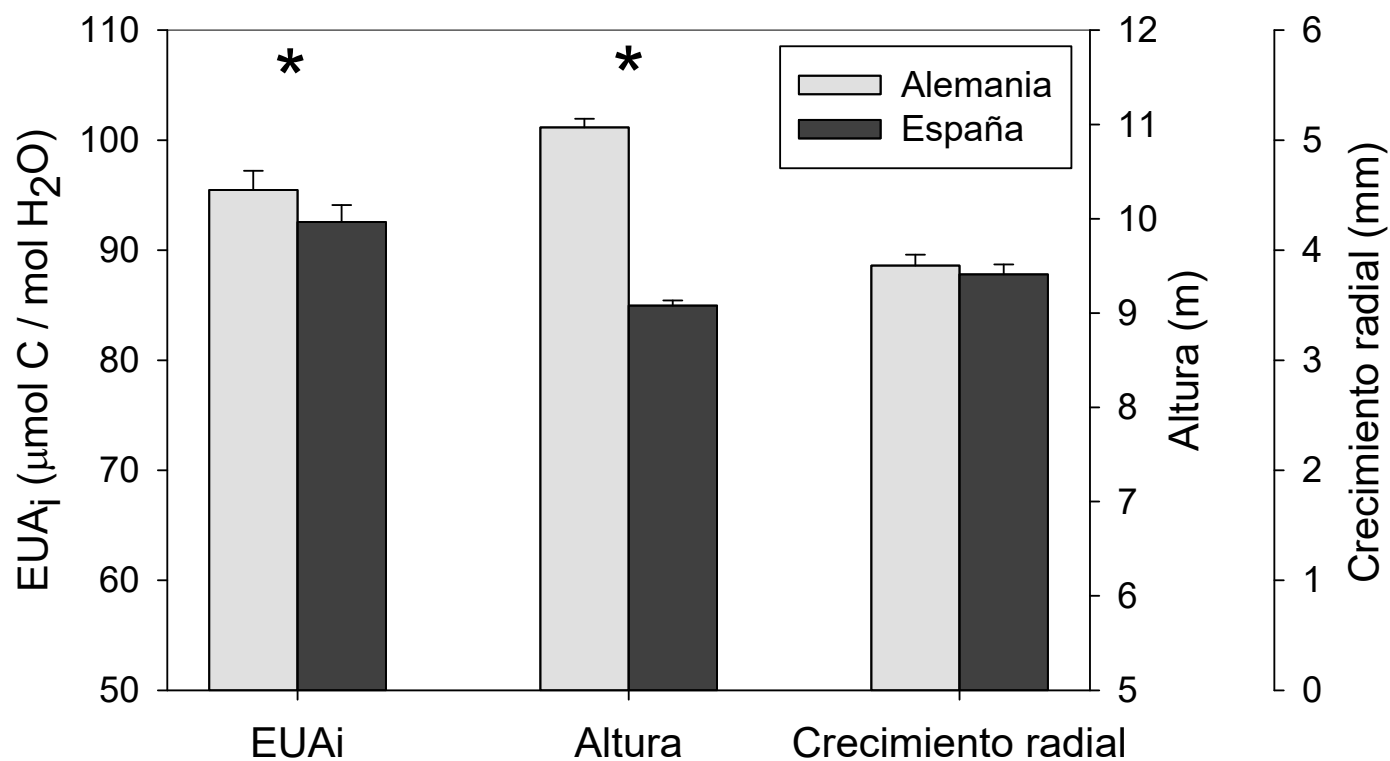
- Plasticidad temporal
- Plasticidad espaciotemporal

Componentes de varianza

| | EUA _i ($\mu\text{mol/mol}$) ² | Crecimiento radial (mm/año) ² |
|--|--|--|
| Componente de varianza | | |
| Genético (σ_G^2) | 3.38 ± 3.73 | 0.03 ± 0.02 |
| Plástico | | |
| Espacial (σ_S^2) | 28.05 ± 11.31 | 0.14 ± 0.05 |
| Temporal (σ_T^2) | 13.84 ± 4.25 | 0.05 ± 0.02 |
| Espaciotemporal ($\sigma_{S \times T}^2$) | 0.22 ± 1.15 | 0.04 ± 0.02 |
| Ratio | | |
| | σ_S^2 / σ_G^2 | 8.29 |
| | σ_T^2 / σ_G^2 | 4.09 |
| | $\sigma_{S \times T}^2 / \sigma_G^2$ | 0.06 |



Variación intraespecífica



$$\text{EUAI}_i = \frac{\text{Asimilación fotosintética}}{\text{Conductancia estomática}}$$

Plasticidad espacial

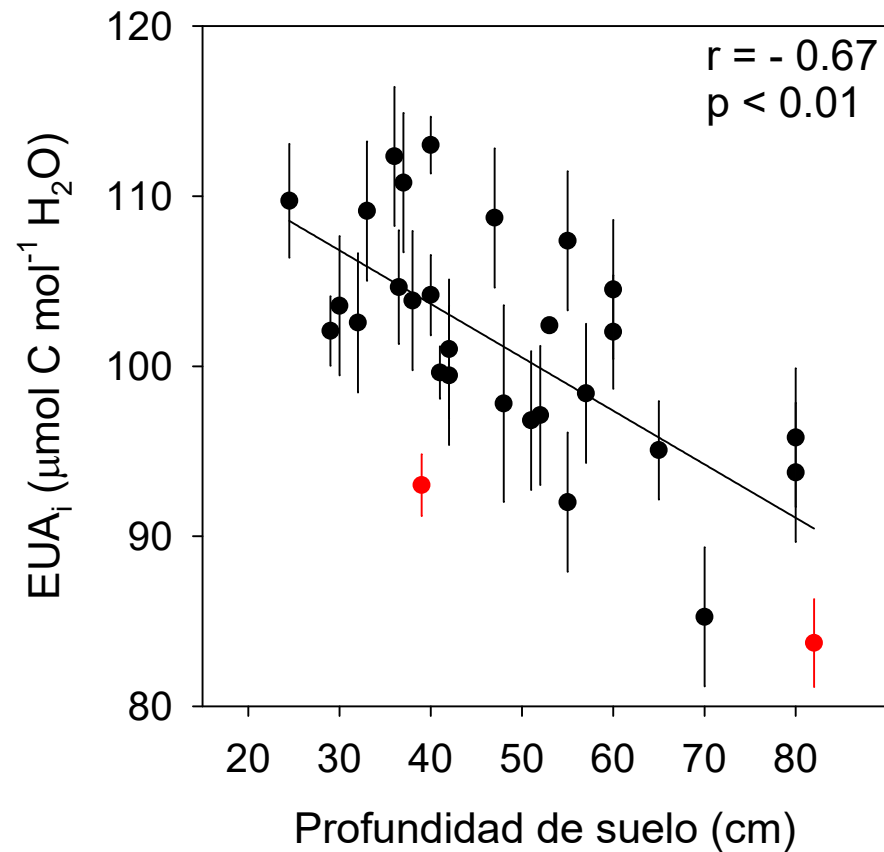
| | EUA _i ($\mu\text{mol/mol}$) ² | Crecimiento radial (mm/year) ² |
|--|--|---|
| Componente de varianza | | |
| Genético (σ_G^2) | 3.38 ± 3.73 | 0.03 ± 0.02 |
| Plástico | | |
| Espacial (σ_S^2) | 28.05 ± 11.31 | 0.14 ± 0.05 |
| Temporal (σ_T^2) | 13.84 ± 4.25 | 0.05 ± 0.02 |
| Espaciotemporal ($\sigma_{S \times T}^2$) | 0.22 ± 1.15 | 0.04 ± 0.02 |

Plasticidad espacial

| Variable | correlación (EUA _i) | Prob. |
|---------------------------------|------------------------------------|------------------|
| Altitud | -0.10 | 0.59 |
| T _{an} | 0.20 | 0.27 |
| T _{max} | 0.17 | 0.36 |
| T _{min} | 0.25 | 0.18 |
| P _{an} | -0.18 | 0.32 |
| P _v | -0.09 | 0.62 |
| P _v /P _{an} | 0.22 | 0.24 |
| ETP | 0.07 | 0.70 |
| Profundidad de suelo | -0.67 | < 0.01 |
| Carbonatos | 0.21 | 0.27 |
| Pedregosidad | 0.17 | 0.37 |
| Area basimetrica | 0.19 | 0.31 |
| Densidad | 0.27 | 0.15 |
| Posición fisiográfica | -0.03 | 0.86 |
| Orientación | -0.05 | 0.77 |
| Altura del árbol | -0.24 | 0.22 |
| Edad | -0.14 | 0.15 |
| Crecimiento radial | -0.02 | 0.83 |

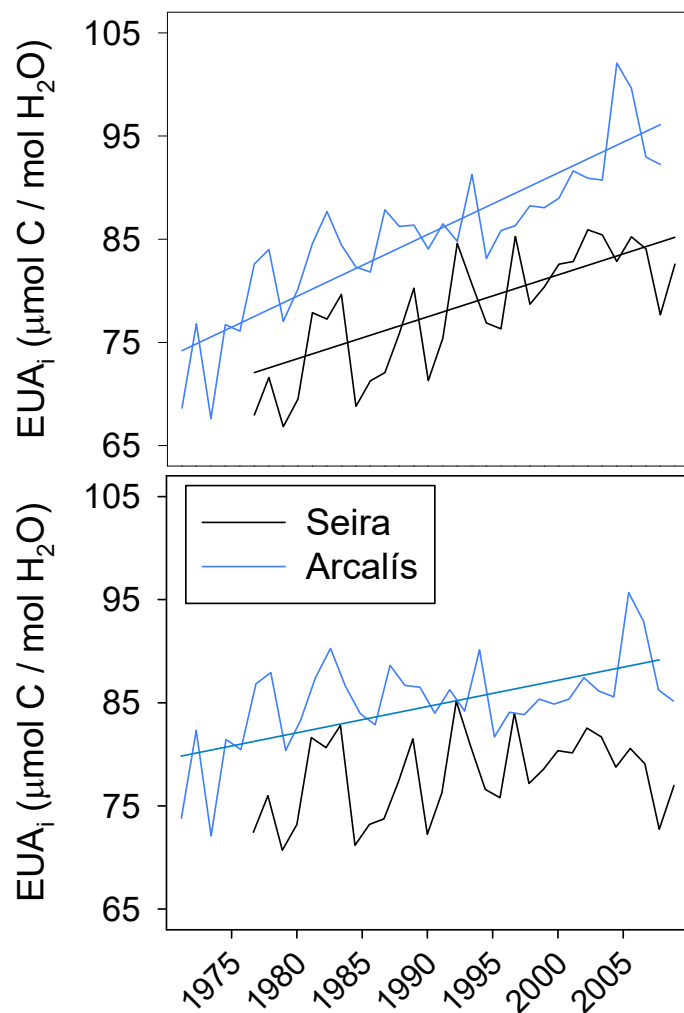
Plasticidad espacial

- Temperatura media anual:
6.2 -10.8 C
- Precipitación anual:
804 mm – 1117 mm
- ETP anual:
678 mm – 854 mm





Plasticidad temporal

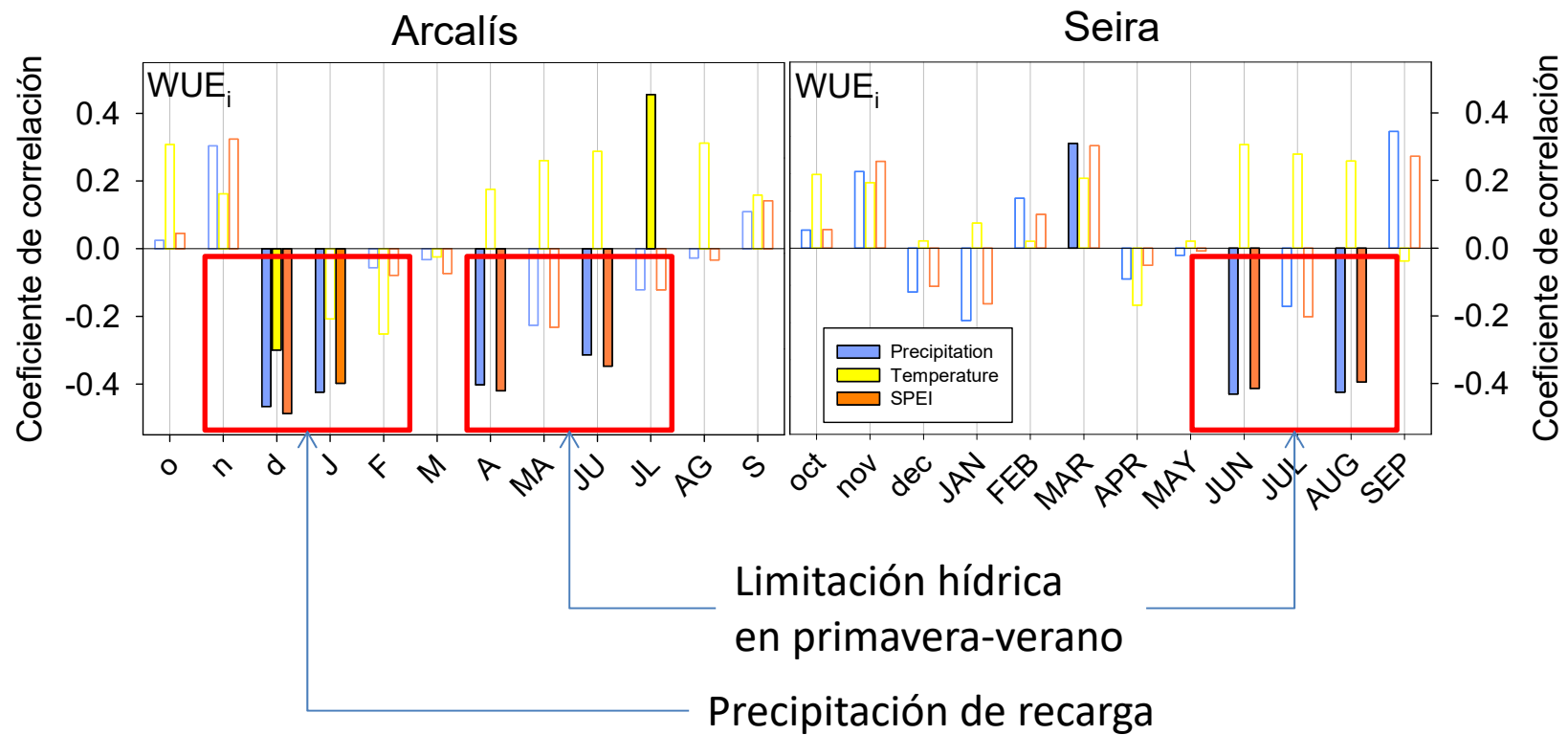


C_a variable

| EUA _i (μmol/mol) ² | Crecimiento radial (mm/year) ² |
|---|---|
| 3.38 ± 3.73 | 0.03 ± 0.02 |
| C_a constante | |
| 13.84 ± 4.25 | 0.14 ± 0.05 |
| 0.22 ± 1.15 | 0.05 ± 0.02 |

Plasticidad temporal

Dependencia climática



Estimación ecosistémica

Datos obtenidos mediante teledetección (satélites Modis y SMOS) (1 km²):

$$\underline{EUA} \text{ (ecosistema) (Huang y col. 2015)} = \frac{\textit{Productividad bruta}}{\textit{Evapotranspiración}}$$

$$\underline{EUA} \text{ (suelo) (He y col. 2017)} = \frac{\textit{Productividad bruta}}{\textit{Contenido de agua (por m de suelo)}}$$

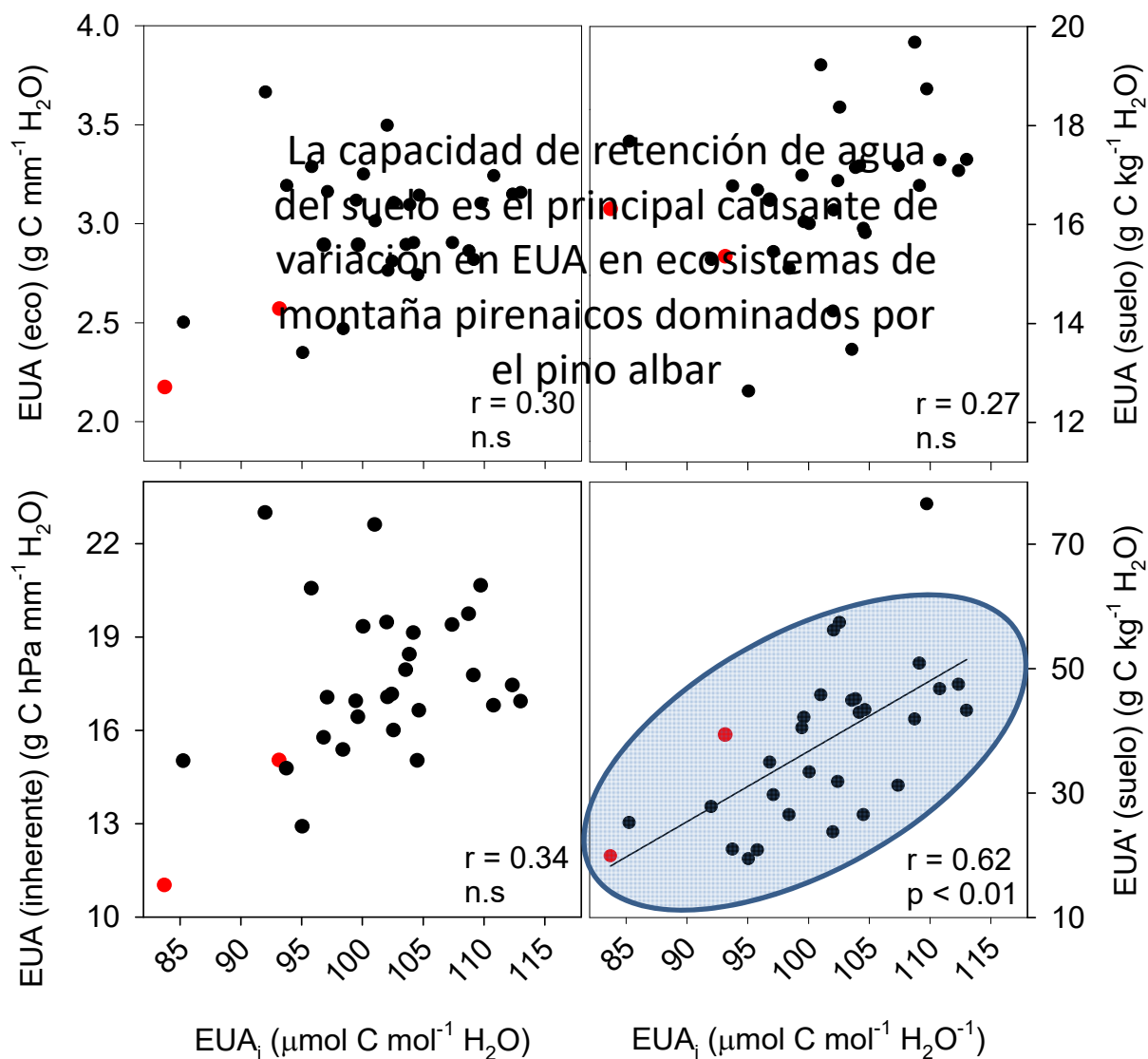
$$\underline{EUA} \text{ (inherente) (Beer y col. 2009)} = \textit{EUA (eco)} \times \textit{Déficit presión vapor}$$

$$\underline{EUA}' \text{ (suelo)} = \frac{\textit{EUA (suelo)}}{\textit{Profundidad de suelo útil}}$$

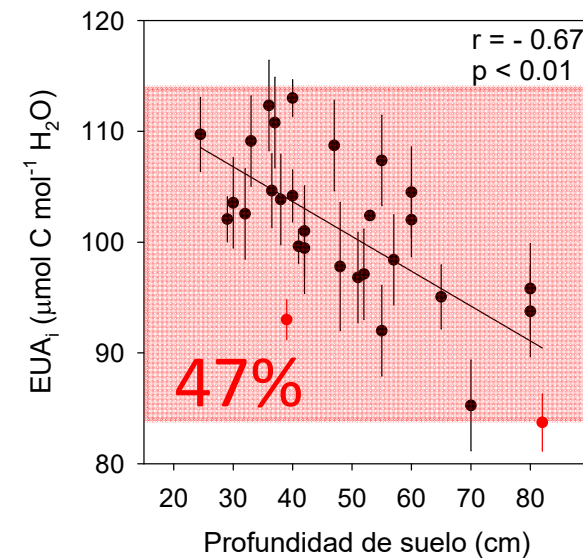
- Huang, M., et al. (2015). *Global Change Biology*, 21(6), 2366-2378.
- He, B., et al. (2017). *Ecological Indicators*, 75, 10-16.
- Beer, C., et al. (2009). *Global Biogeochemical Cycles*, 23(2).



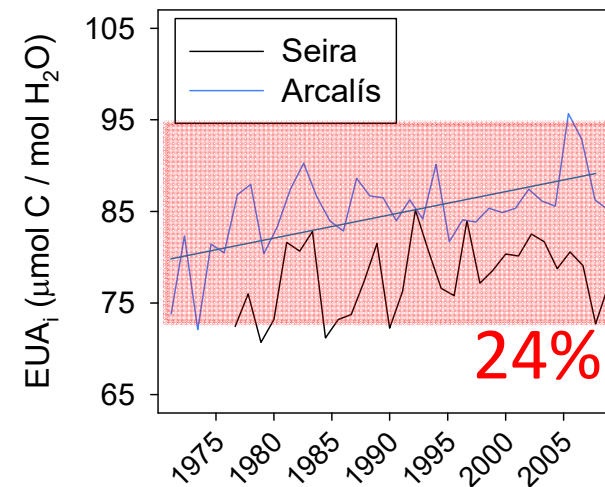
Estimación ecosistémica



- Escasa variación intraespecífica en EUA_i \longrightarrow Baja presión selectiva sobre EUA_i
- Notable variación atribuible a plasticidad fenotípica (rango ~50% a nivel espacial y ~25% a nivel interanual)



- Escasa variación intraespecífica en EUA_i \longrightarrow Baja presión selectiva sobre EUA_i
- Notable variación atribuible a plasticidad fenotípica (rango $\sim 50\%$ a nivel espacial y $\sim 25\%$ a nivel interanual)
- Dicha variación en EUA puede detectarse a nivel de ecosistema



\longleftarrow Capacidad de retención de agua del suelo

Los resultados ponen de manifiesto la necesidad de:

- 1) Integrar respuestas plásticas y de divergencia genética, a nivel de especie, frente a cambios ambientales
- 2) Incorporar información microambiental precisa (ej. profundidad útil de suelo)

en la estimación de flujos de agua y carbono a escala ecosistémica.

En definitiva, la variabilidad en EUA dentro de especie, y sus causas externas, deberían considerarse al modelizar flujos de agua y carbono en ecosistemas forestales.

AGRADECIMIENTOS

MINECO (FUTURPIN - AGL2015-68274-C3-3-R), GENFORED

Contacto
jvoltas@pvcf.udl.es



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía



26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura



www.congresoforestal.es