Reconstrucción paleoambiental y análisis forense

Juan Pedro Ferrio

Dpto. Botánica, Universidad de Concepción

Universidad de Concepción

"Isotopos estables: fundamentos y aplicaciones en ciencias naturales" 16 al 20 de enero, 2017

Universidad de Concepción · Dirección de Extensión UdeC · Escuela de Verano UdeC · Dirección de Postgrado · FONDECYT Nº 11150914

Doctorado MaReA · Programa Doctorado en Sistemática y Biodiversidad · Doctorado en Oceanografía · Proyecto "Red_Clima_Rec" · FONDEQUIP EQM 150018 · imo

Reconstrucción paleoambiental y análisis forense

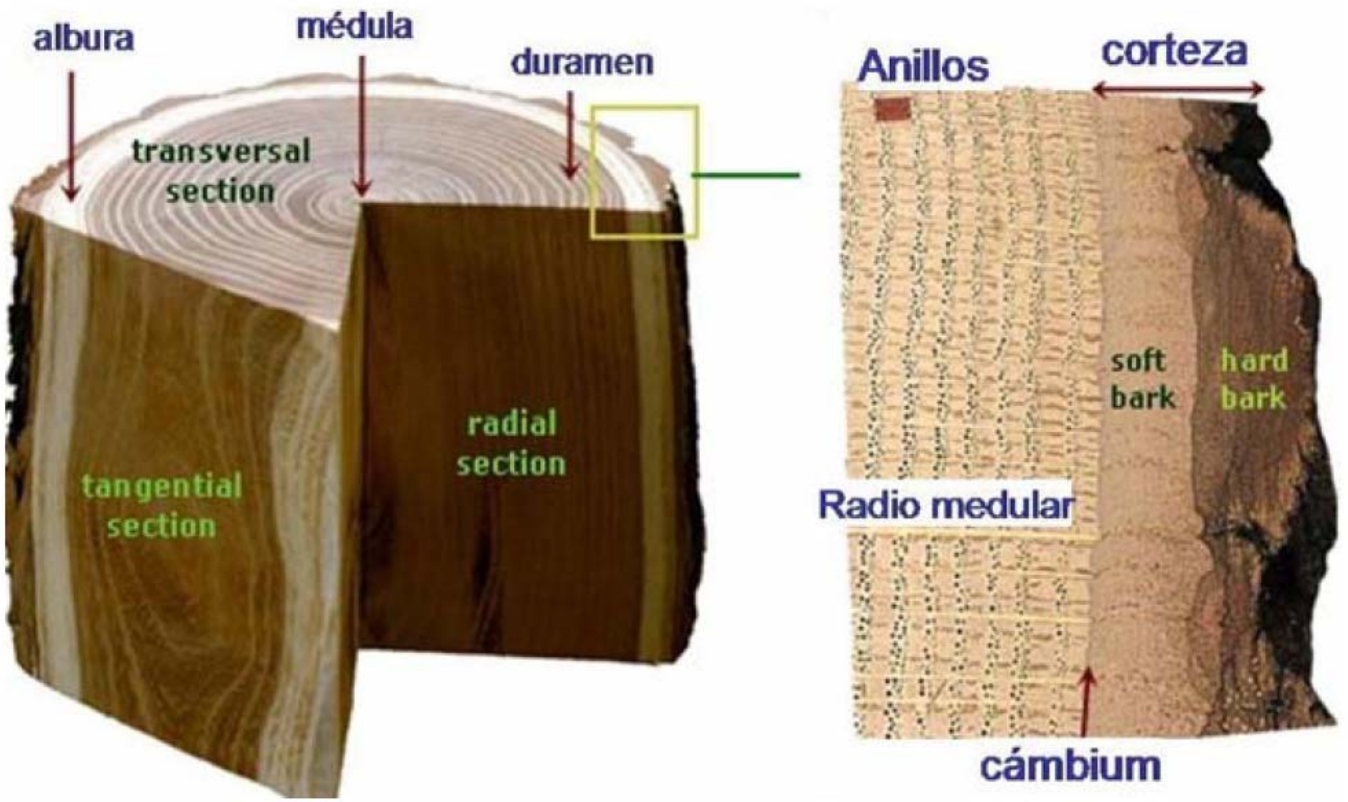
Isótopos en anillos de crecimiento

- carbono
- oxígeno
- nitrógeno

Isótopos en restos fósiles / subfósiles de vegetales

- Evolución climática
- Disponibilidad hídrica y nutricional en agricultura

Isótopos en anillos de crecimiento



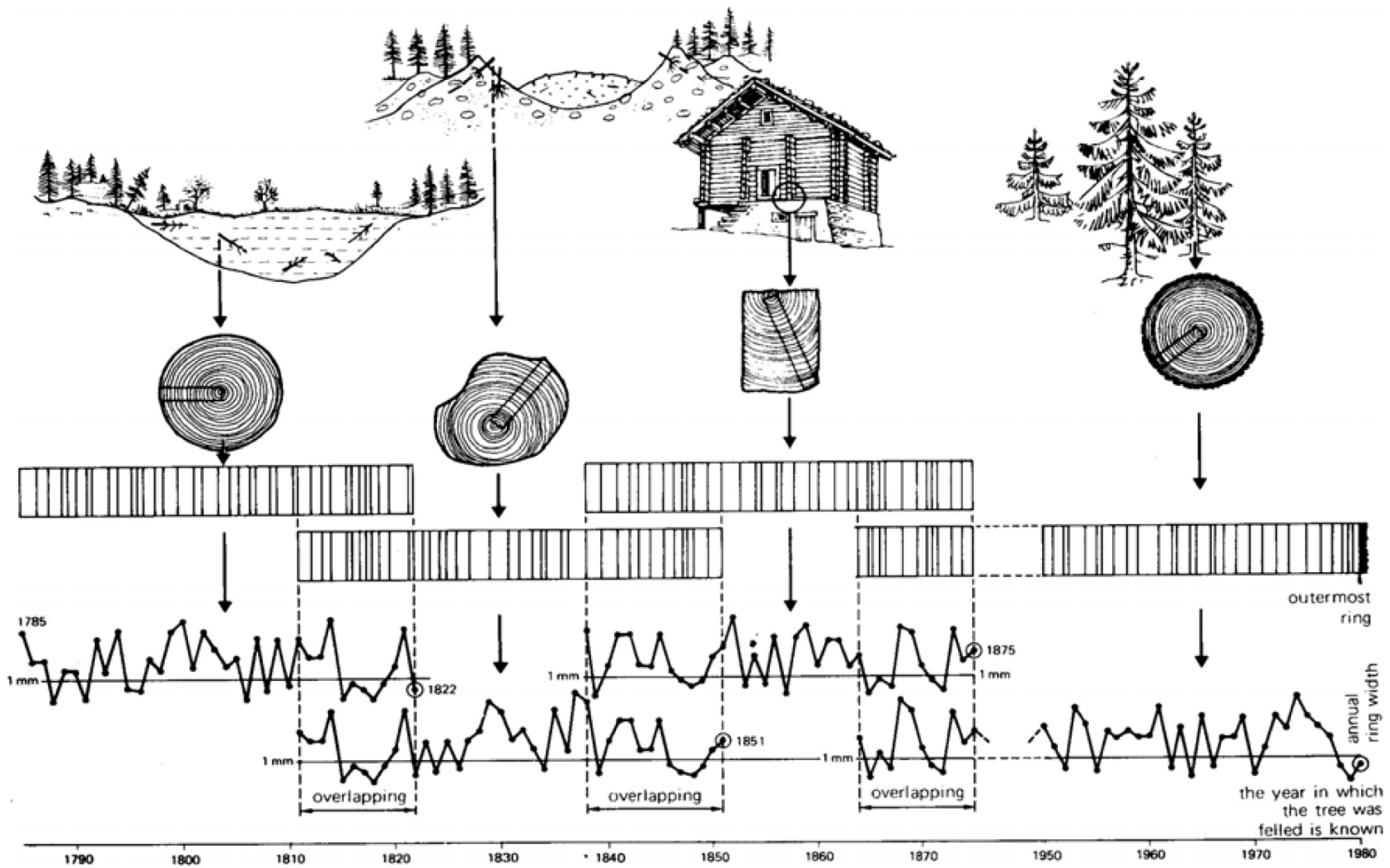
Dendrocronología / dendroclimatología

Un anillo es una capa de madera producida en una estación de crecimiento

Anillos anchos se asocian a condiciones favorables, anillos estrechos a condiciones desfavorables: limitación por agua, radiación, nutrientes…

http://www.woodanatomy.ch/macro.html

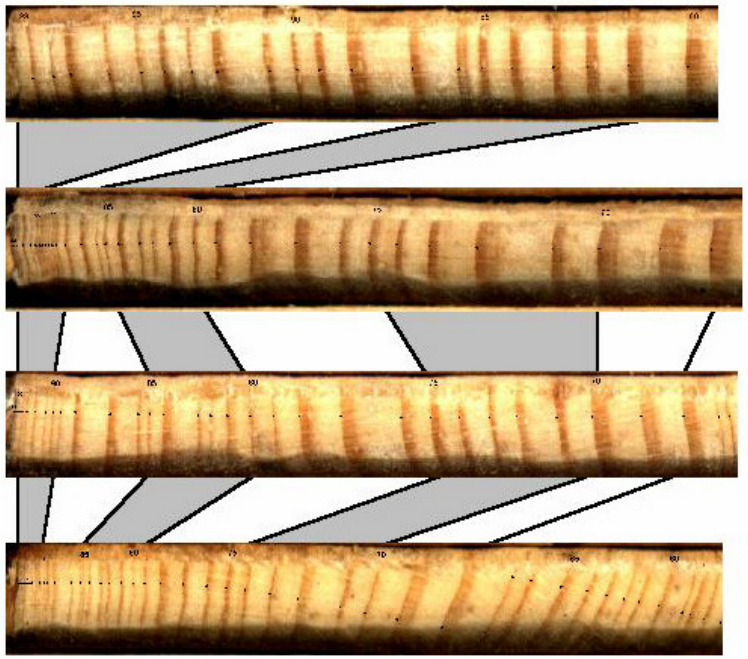
Datación cruzada



Datación cruzada permite reconstruir series largas (hasta 8000 años)

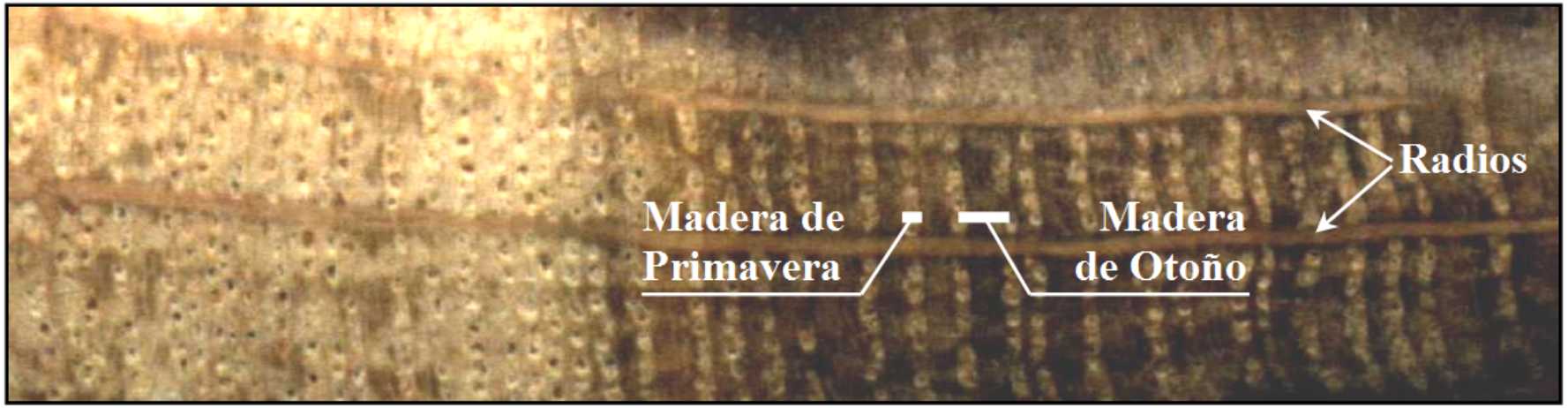
Schweingruber 1988

Isótopos en anillos de crecimiento



Datación cruzada
(pino carrasco)

madera de primavera/otoño
(roble)

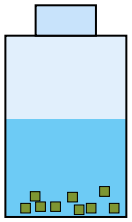


Preparación de muestras (^{18}O)

Separación anillos → Triturado del material

Purificación celulosa:
ácido acético, ácido nítrico, hidróxido sódico

Pasos sucesivos



Eliminación ceras, azúcares móviles, Lignina hemicelulosas

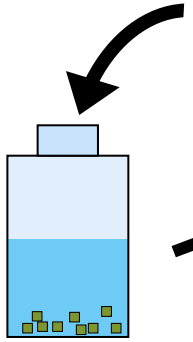
Análisis isotópico

Brendel et al. 2000, Gaudinski et al. 2005

Preparación de muestras (^{15}N)

Separación anillos → Triturado del material

Mezcla Etanol-Tolueno 1:1



Agitador ultrasónico por 25 minutos

Macerar por la noche

Lavado con agua desionizada

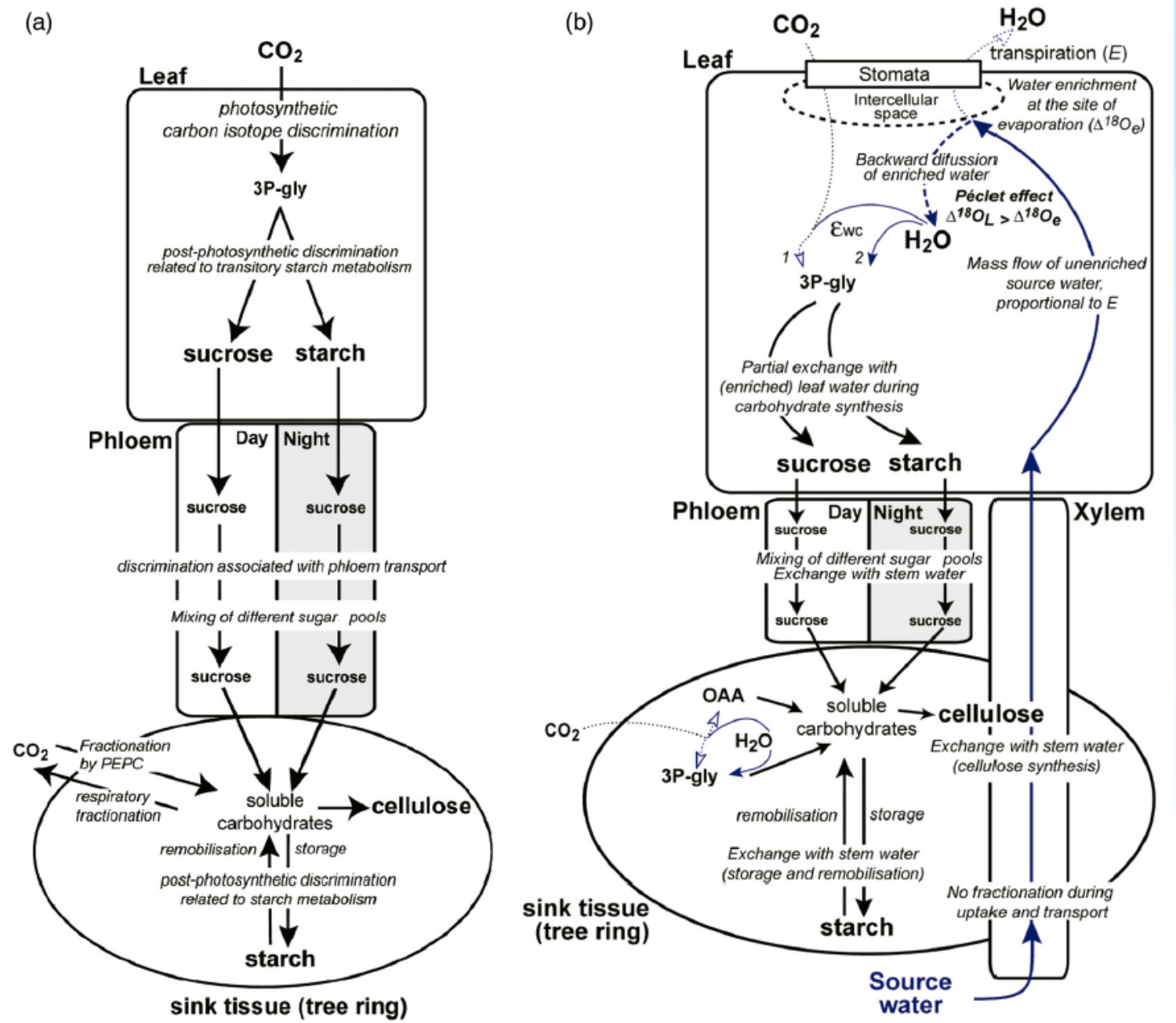
Secado a 60 ˚C.

Ceras, aceites y resinas

Análisis isotópico

Lopez et al., 2011 *Rapid Communication in Mass Spectrometry*

De la hoja al anillo



Gessler et al. 2014

De la hoja al anillo

Muestreo quincenal

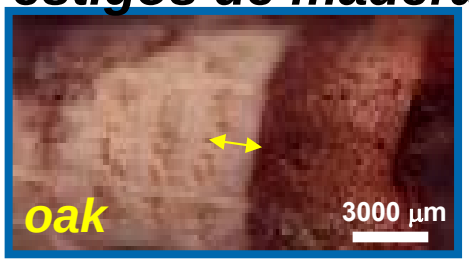
Discos corteza ***Hoja*** ***Xilema*** ***Suelo***

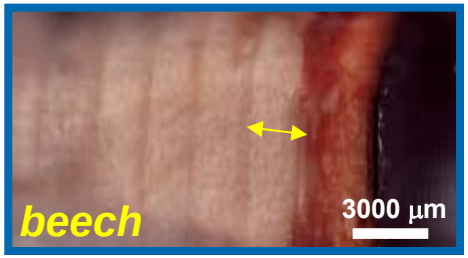
HPLC *(Contenido azúcares)*

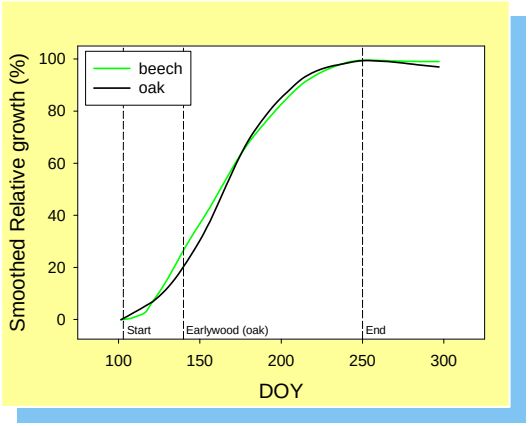
IRMS *(Isótopos estables)*

Final de temporada

Testigos de madera

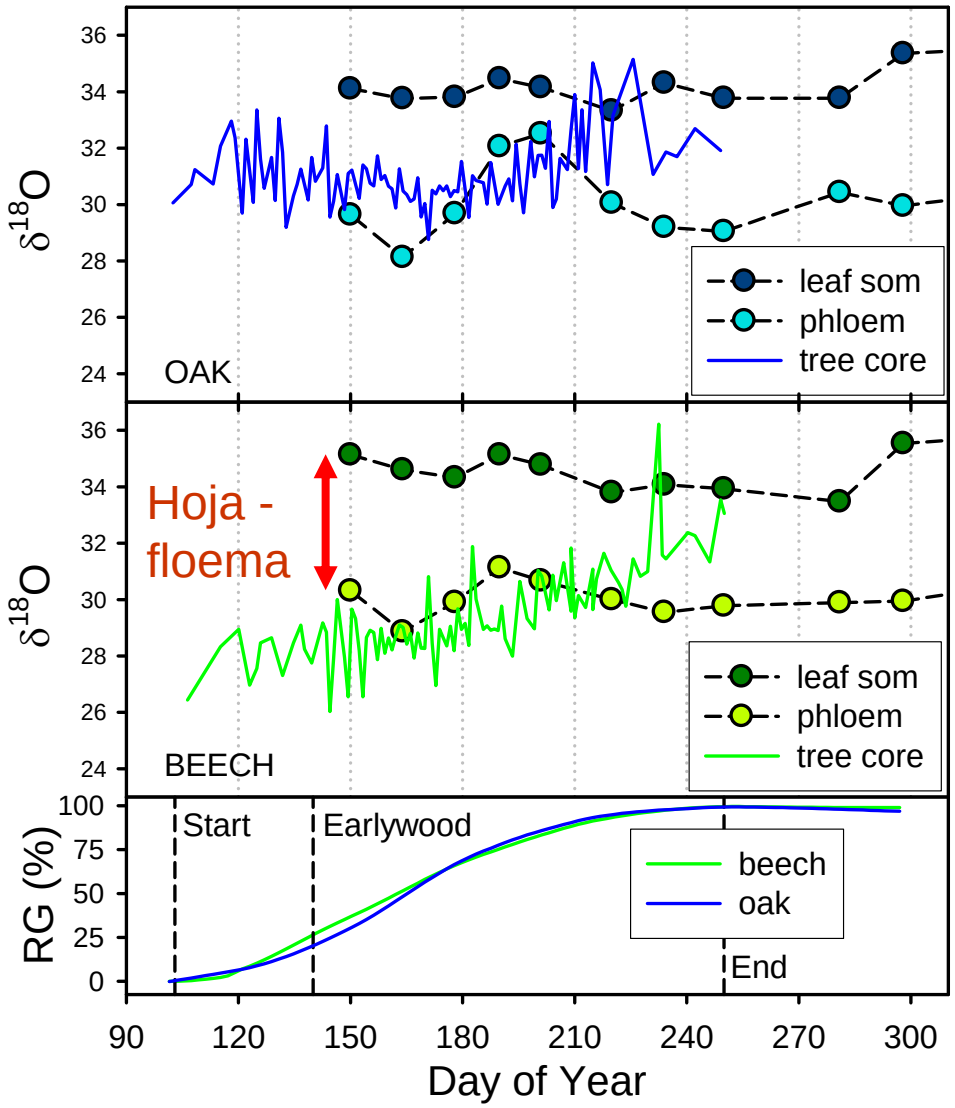






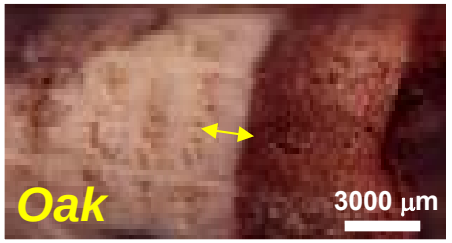
Rodajas madera (40μm) datadas a partir de crecimiento radial

De la hoja al anillo



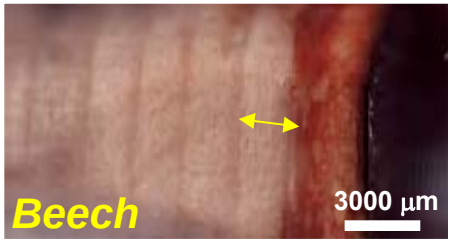
ROBLE:

- $\delta^{18}O$ madera ≈ floema > hoja



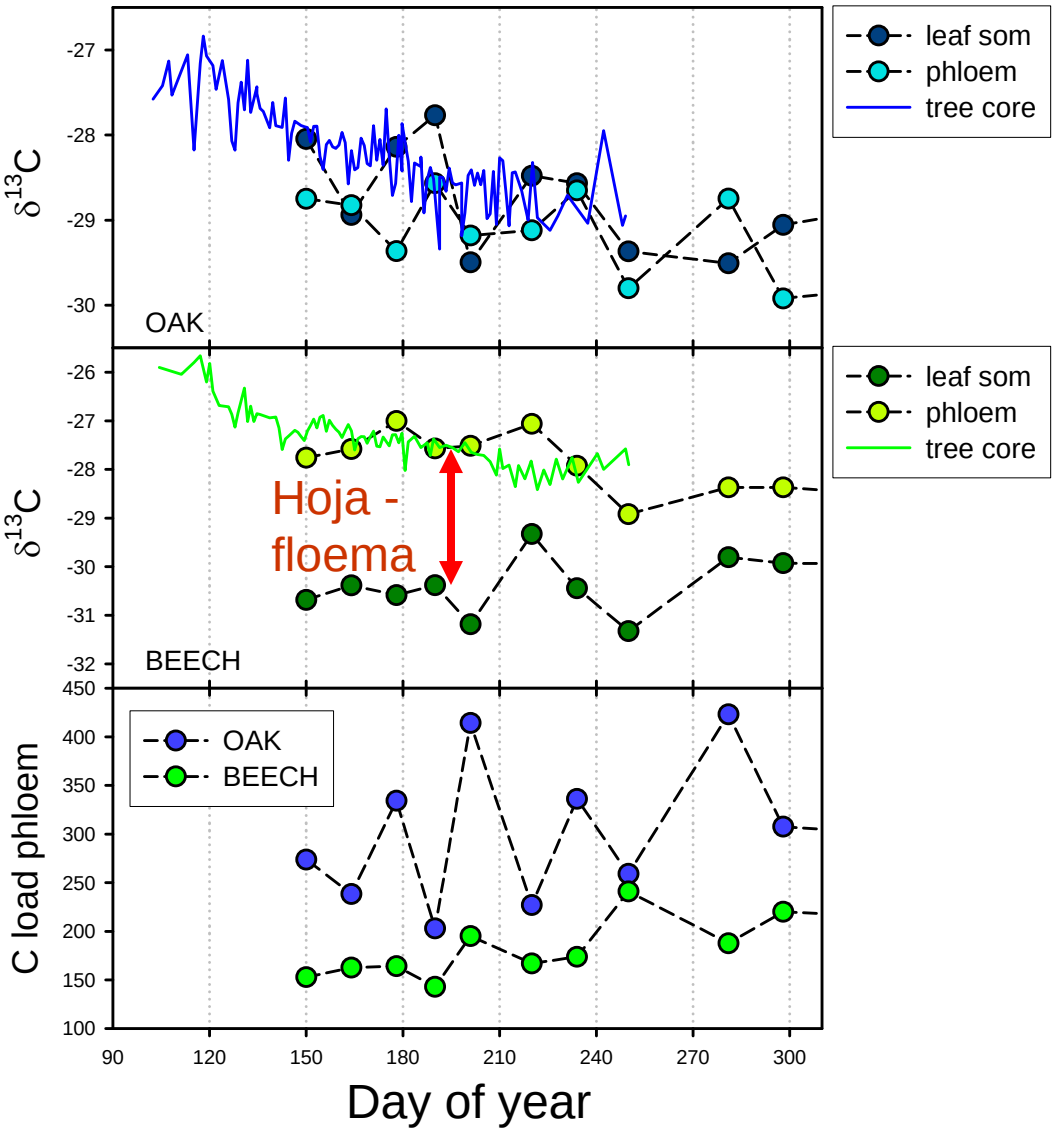
HAYA:

- $\delta^{18}O$ madera ≈ floema >> hoja



Offermann et al. 2011; Ferrio et al. (in prep)

De la hoja al anillo



ROBLE:

- $\delta^{18}O$ madera ≈ floema > hoja
- $\delta^{13}C$ madera ≈ floema ≈ hoja
-Carga variable floema

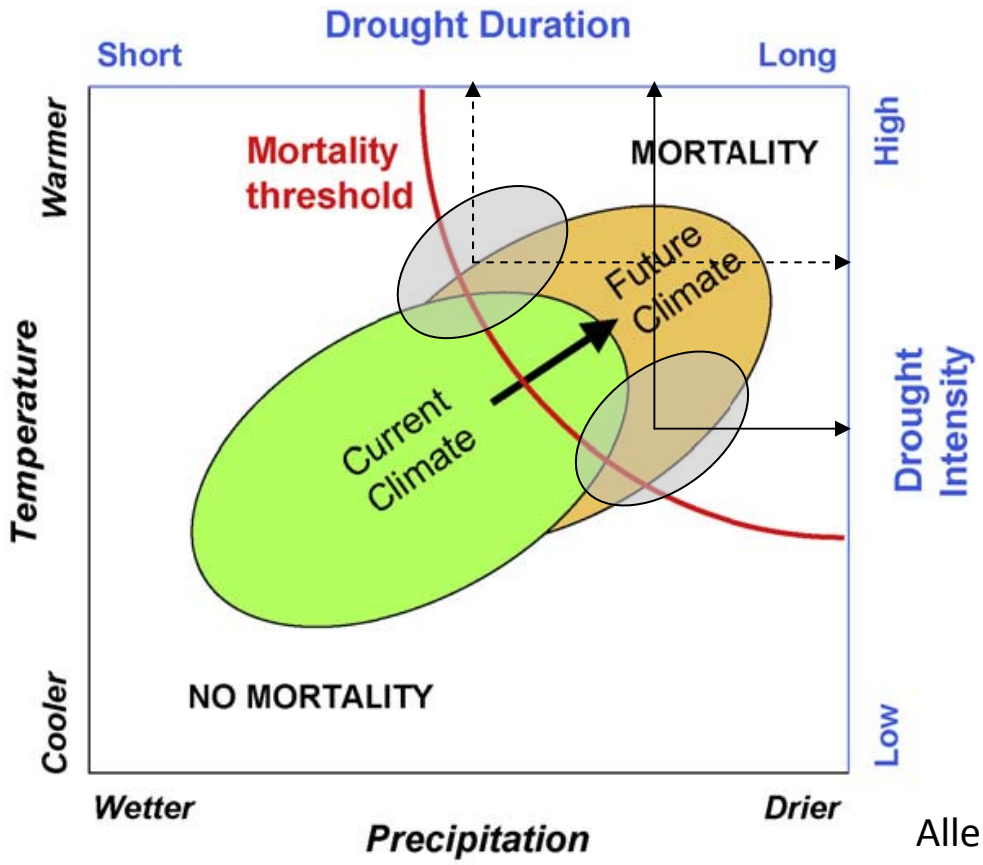
≈ rápido transporte y poco almacenaje

HAYA:

- $\delta^{18}O$ madera ≈ floema >> hoja
- $\delta^{13}C$ madera ≈ floema >> hoja
- Constant floema load

≈ transporte lento y alto almacenaje

Estudio retrospectivo del decaimiento



Allen et al. (2010)

PINUS

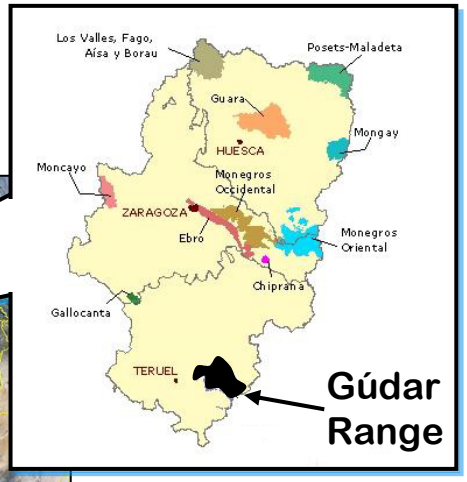
'Evitación de sequía' - fuerte control estomático como prevención de fallo hidráulico: especies isohídricas (mortalidad por 'hambre')

'Tolerancia a sequía' - bajo control estomático y elevada transpiración : especies anisohídricas (mortalidad por 'sed')

Estudio retrospectivo del decaimiento

Decaimiento de pino albar en la sierra de Gúdar (Teruel)

Decaimiento selectivo
Sin diferencias aparentes entre sanos y decaídos



2002 ⟶ present

Estudio retrospectivo del decaimiento

Material vegetal y estrategia de muestreo

Edad a 1.30m (y)

Healthy	93.8% (±7.52)
Declining	79.8% (±7.51)
	P=0.380

Edad en ápice (y)

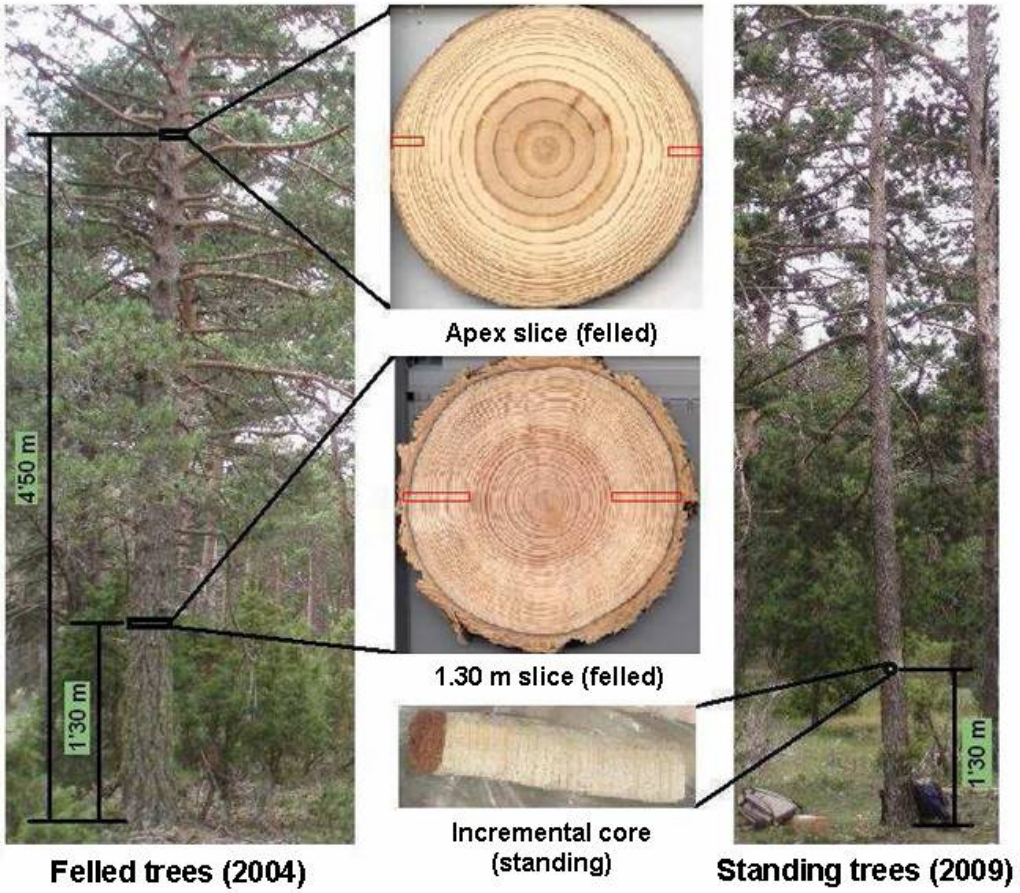
Healthy	27.0% (±2.76)
Declining	33.0% (±4.18)
	P=0.394

DBH (cm)

Healthy	14.4% (±0.41)
Declining	15.8% (±1.92)
	P=0.535

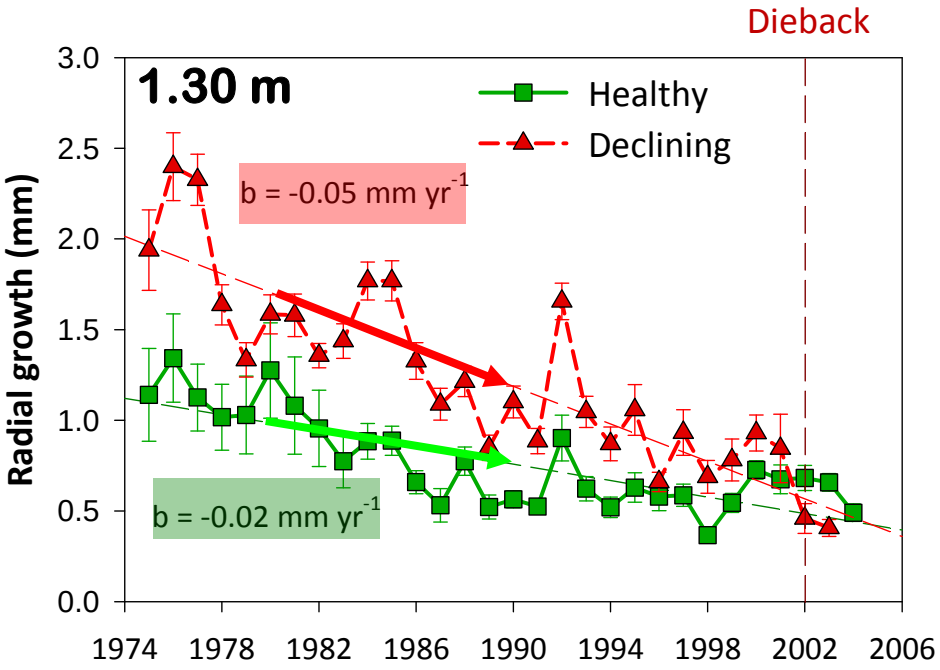
Defoliación (%)

Healthy	11.7% (±8.66)
Declining	65.0% (±4.41)
	P=0.003

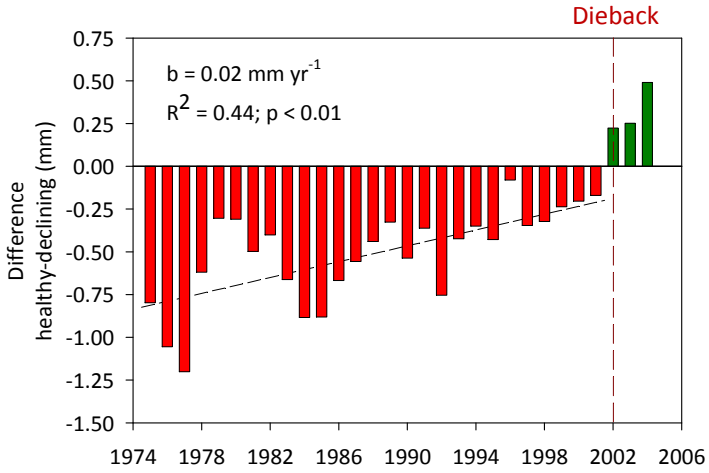


Estudio retrospectivo del decaimiento

Diferencias pre-decaimiento: crecimiento



Reducción en crecimiento, pero a distinto ritmo

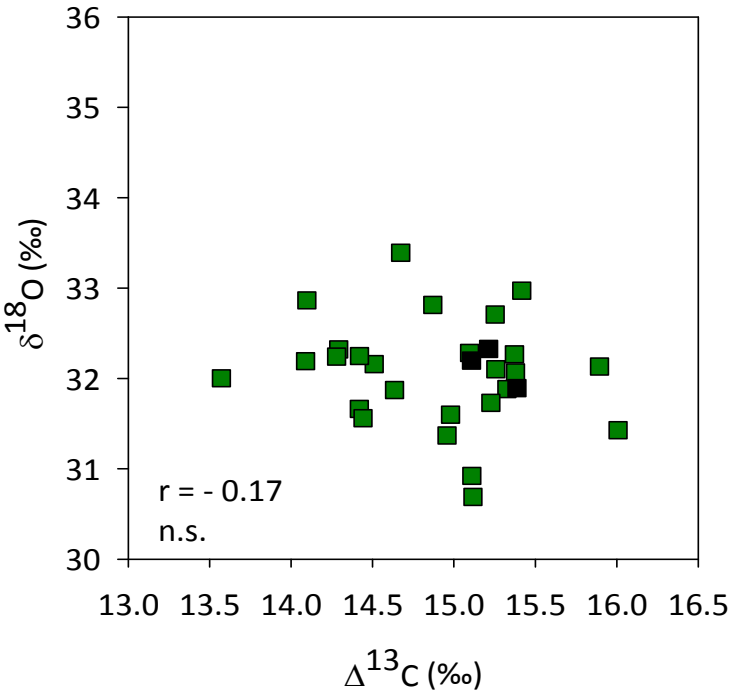


Until mid 90s,
declining trees grew faster
…but more erratic

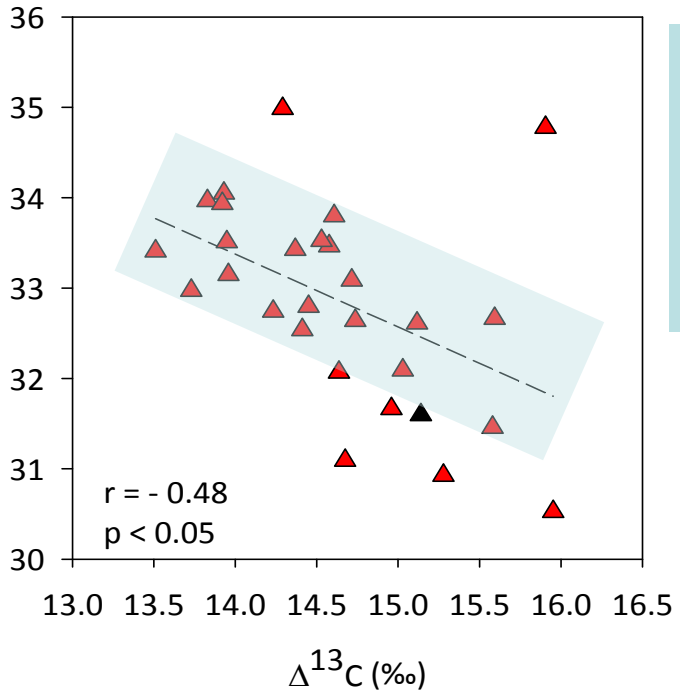
Estudio retrospectivo del decaimiento

ISÓTOPOS ESTABLES (1,30m)

SANOS



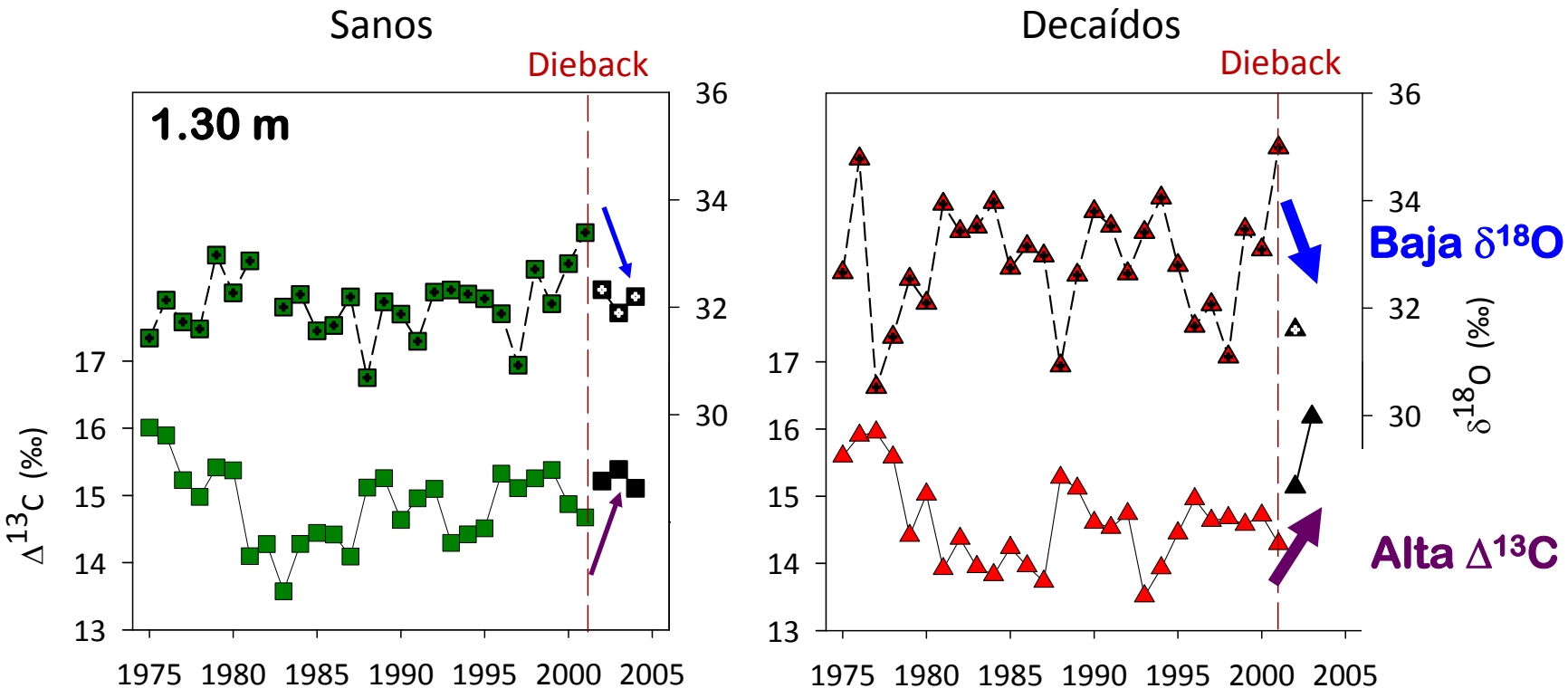
DECAÍDOS



Control estomático de las pérdidas de agua

Estudio retrospectivo del decaimiento

Respuesta post-decaimiento: $\Delta^{13}C$ y $\delta^{18}O$



!¿! Reducción en EUA y temperatura foliar !?!

Decaimiento bosque costero tras tsunami (Miyagi, Japón)

López et al. (enviado)

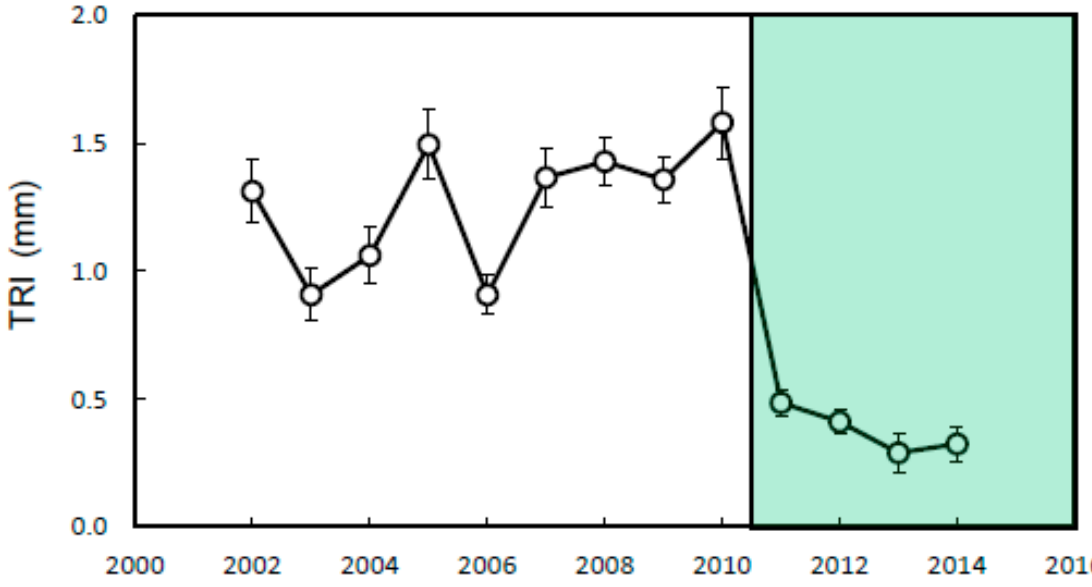
Cambios isotópicos tras tsunami en Japón

Parcela de bosque costero en Ishinomaki
Sin daños físicos debido al tsunami

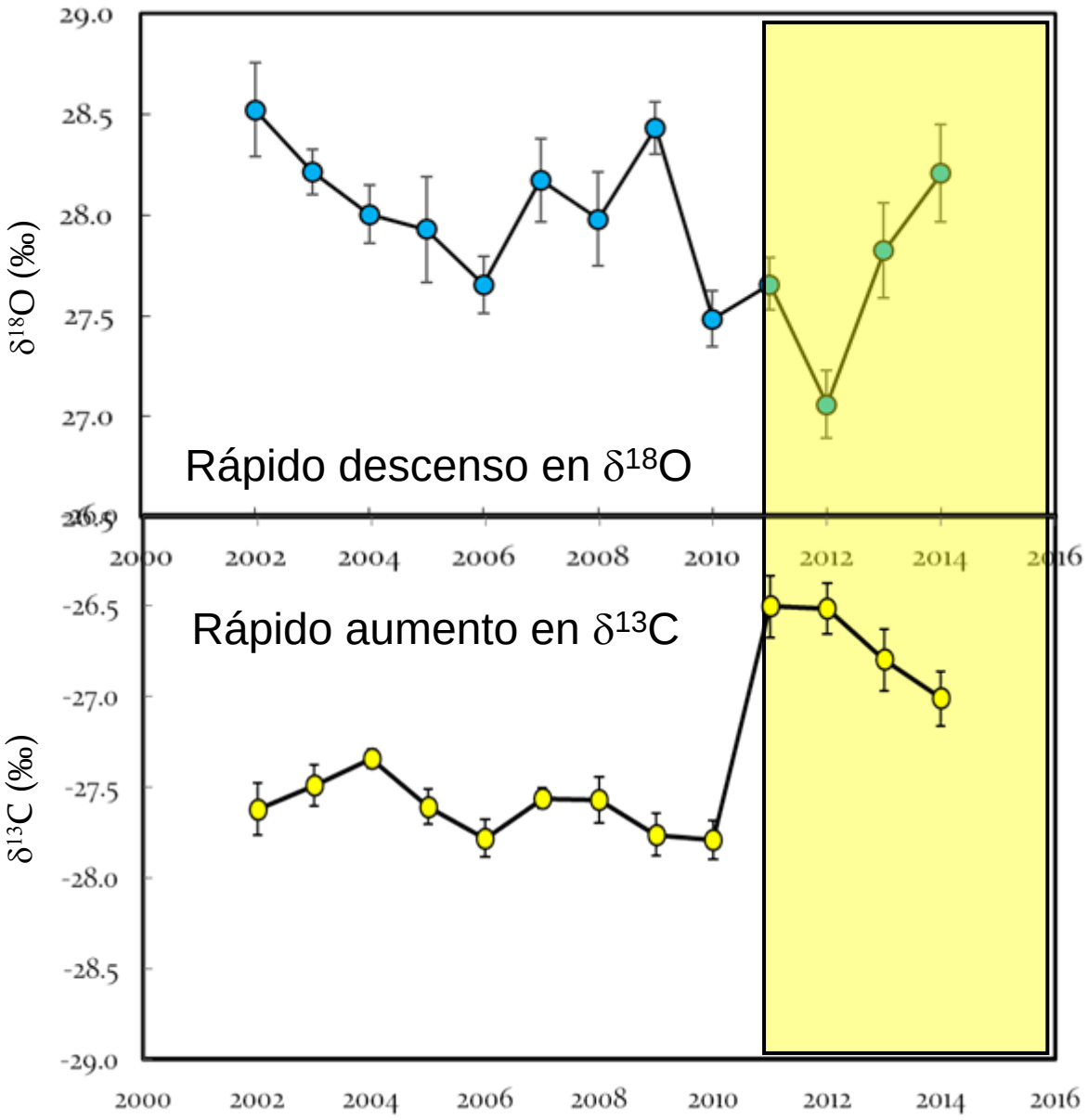
Pero rápido descenso en crecimiento

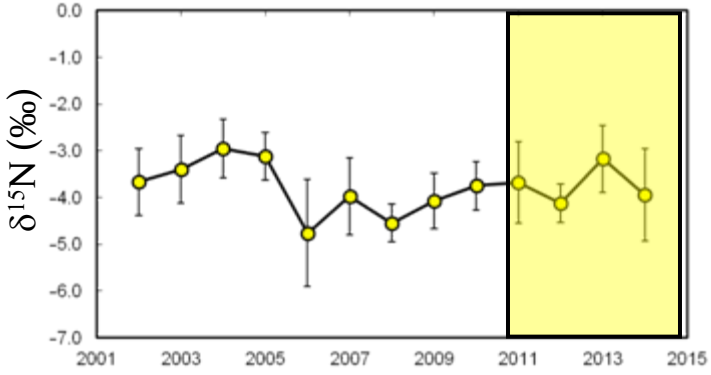
¿Daño por intrusión marina?

-Estrés salino
-Pérdida de nutrientes
-Debilitación y ataque patógenos



Cambios isotópicos tras tsunami en Japón





Sin cambios en $\delta^{15}N$

Restos arqueobotánicos

Carbones en el sedimento, *Tell Halula*, Siria (J.L.Araus, Univ. Barcelona)

Restos arqueobotánicos

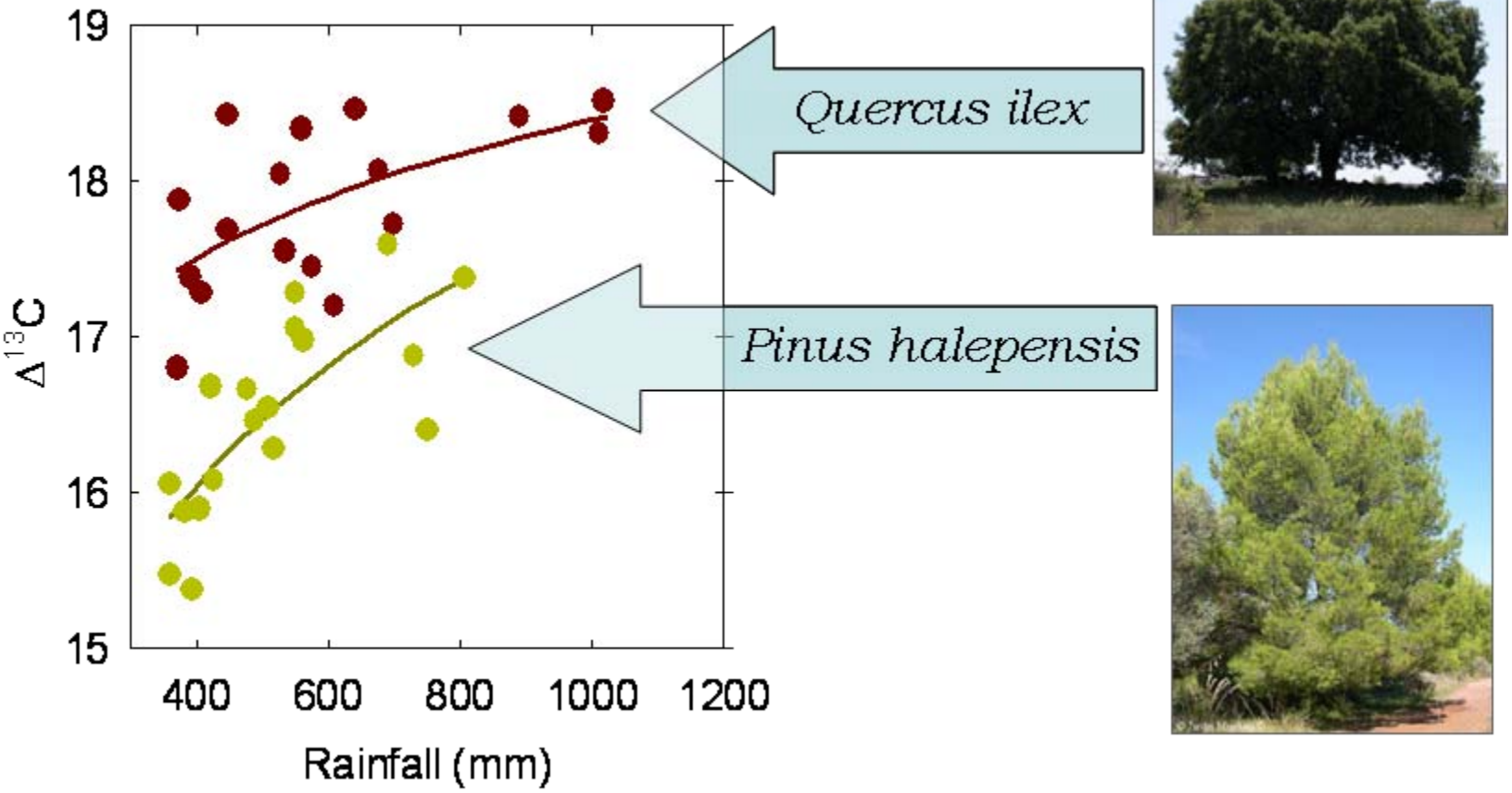
Sistema de flotación (Grup d'Investigació Prehistòrica, Univ. Lleida)

Restos arqueobotánicos

Semillas carbonizadas de cebada en *Ciutat de Lleida* (N. Alonso)
carbones de Pino carrasco de *Tossal de les Tenalles* (J.P. Ferrio)

Restos arqueobotánicos: clima

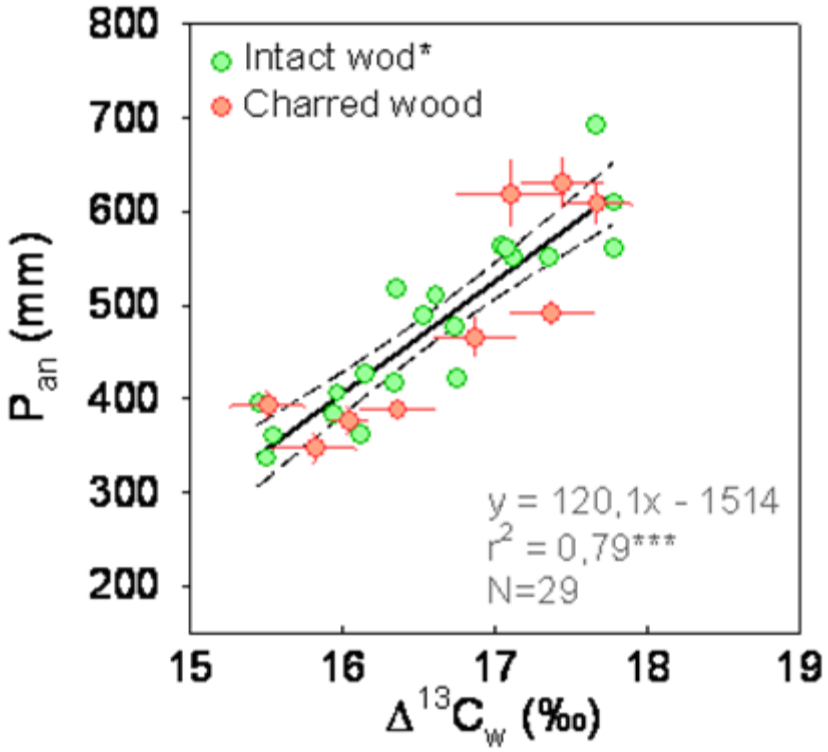
$\Delta^{13}C$ en madera determinada por la cantidad de precipitación



Ferrio *et al*. 2003 *Oecologia*

Restos arqueobotánicos: clima

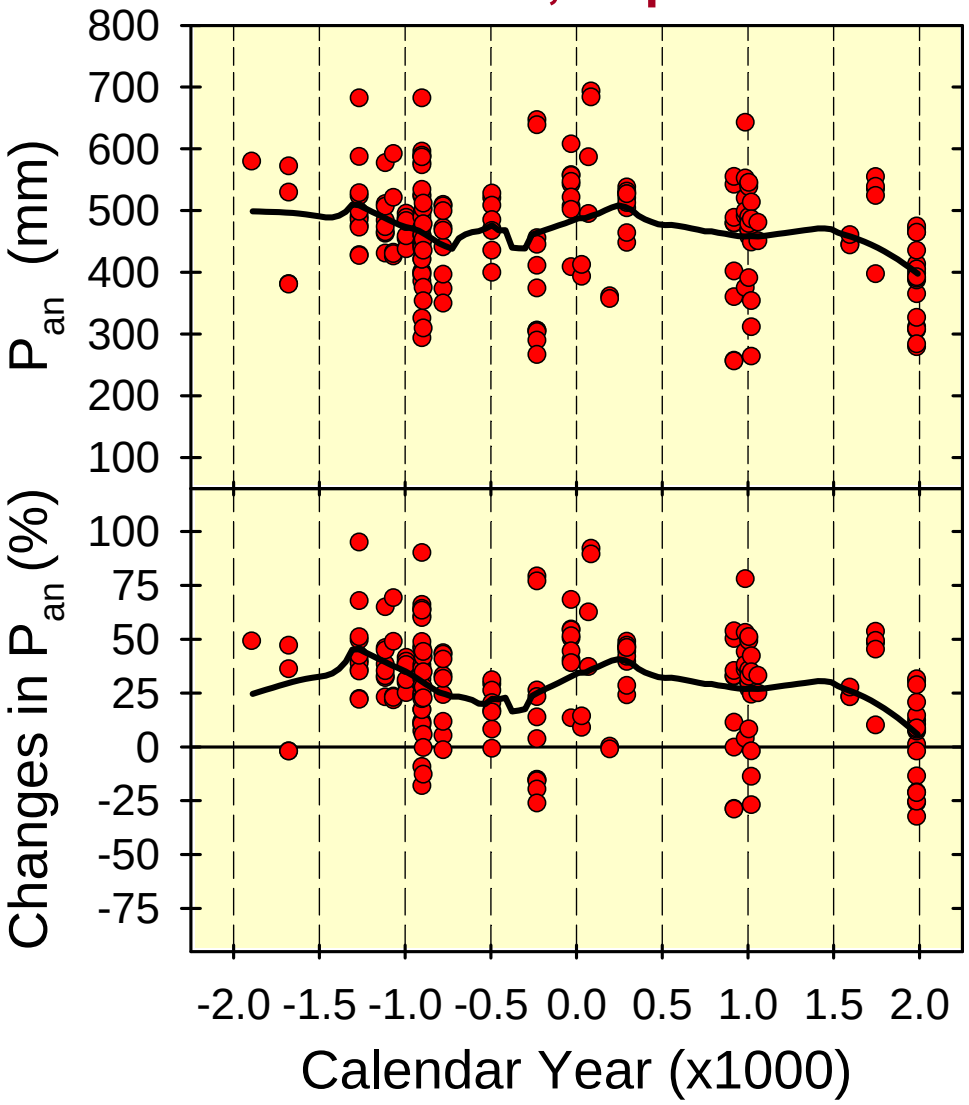
La señal climática de $\Delta^{13}C$ se preserva en carbones fósiles



Ferrio *et al.* 2006 *GCB*

Restos arqueobotánicos: clima

Pino carrasco, Depresión Central Ebro (NE Spain)



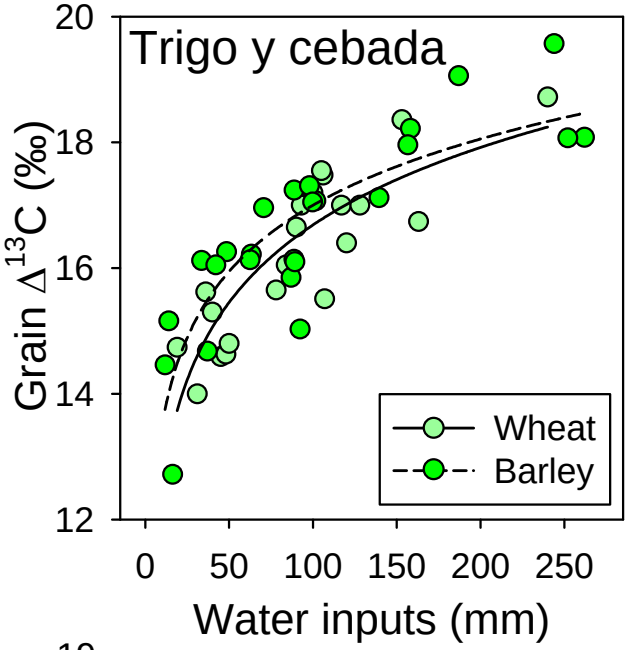
Estima de precipitación annual de los últimos **4,000 years**:

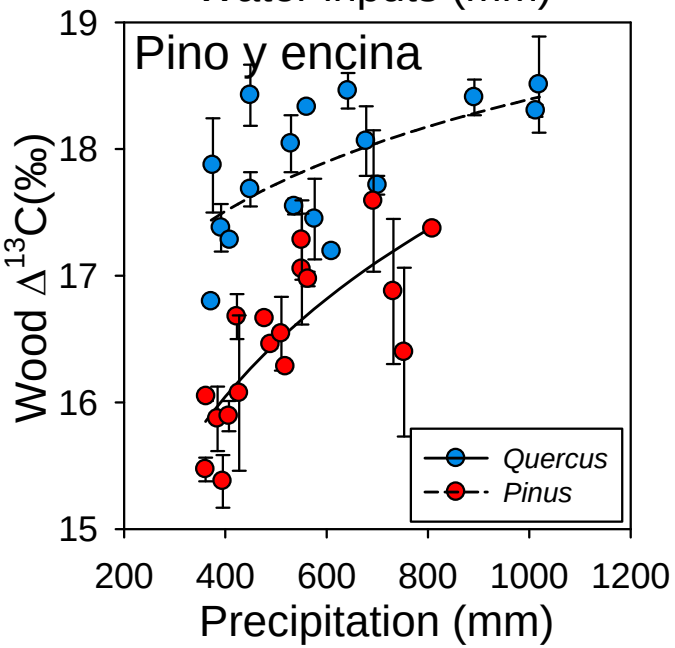
- **Pasado**= 450-520 mm
- **Presente**= 350-400 mm

En promedio, 20-40% más precipitación en el pasado

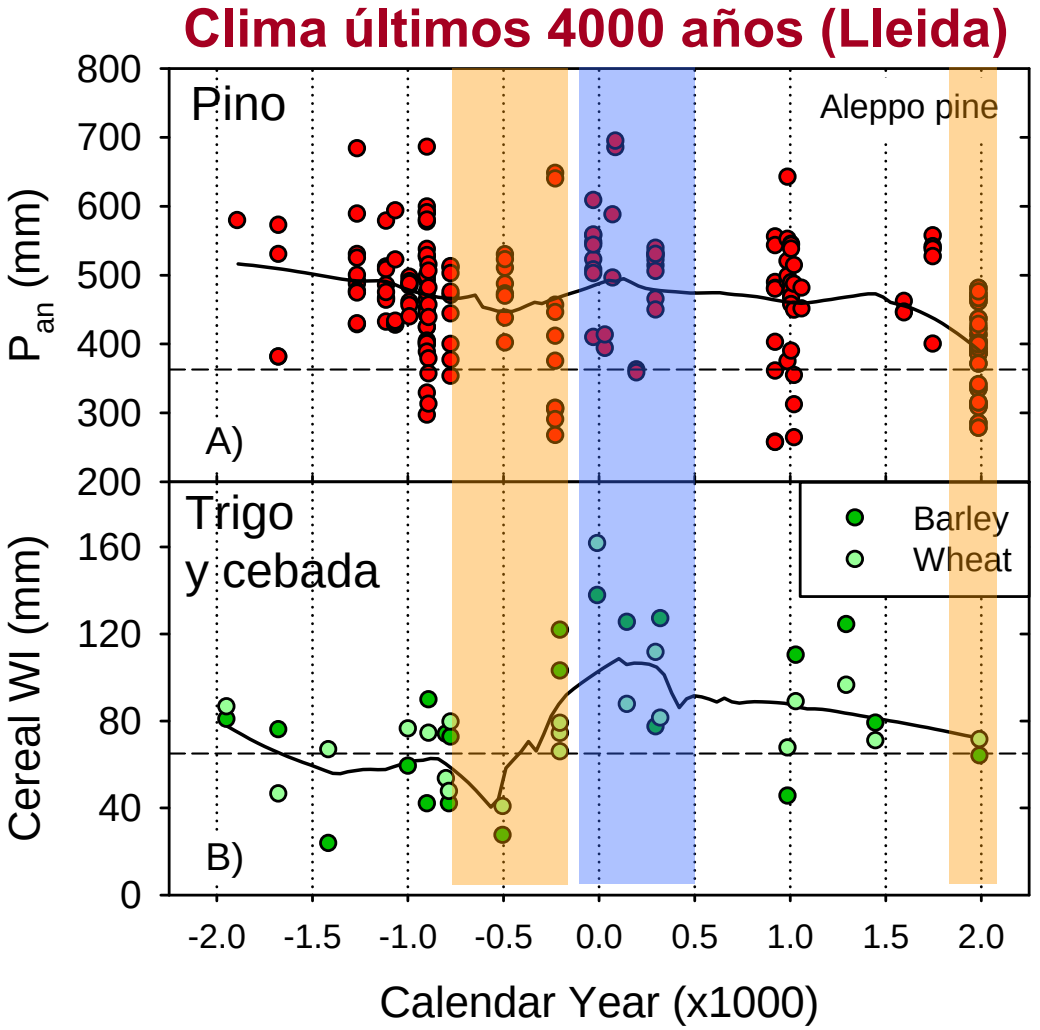
Ferrio *et al.* 2006. *Global Change Biology*

Respuesta ambiental y paleoreconstrucción



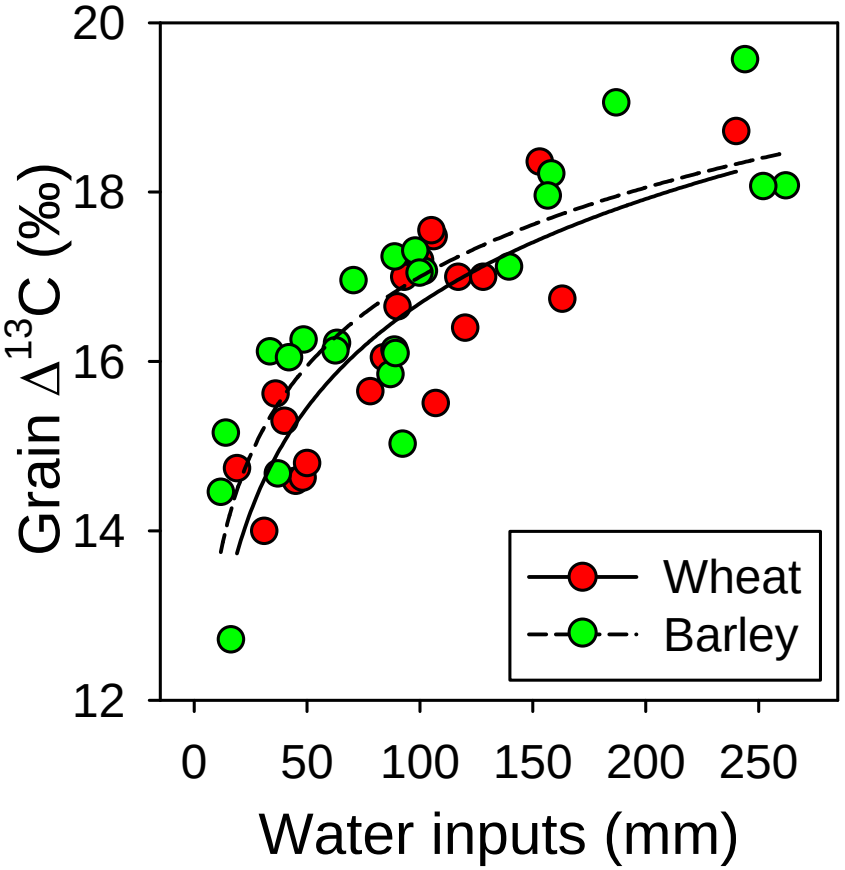


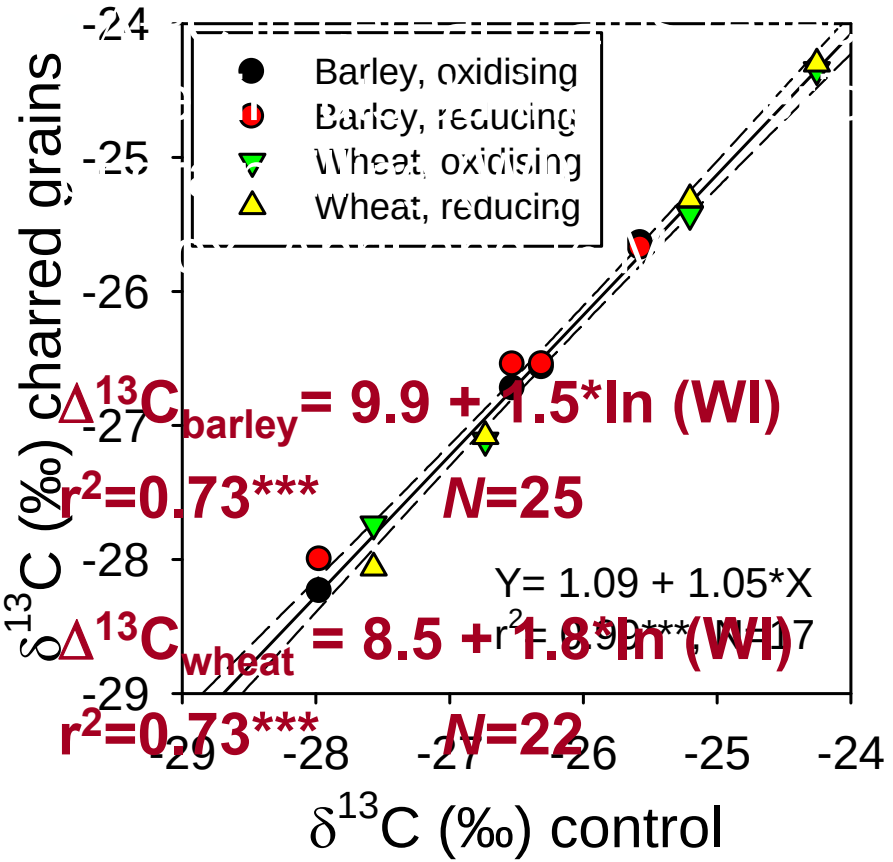
Disponibilidad hídrica



Ferrio *et al*. 2005; 2006

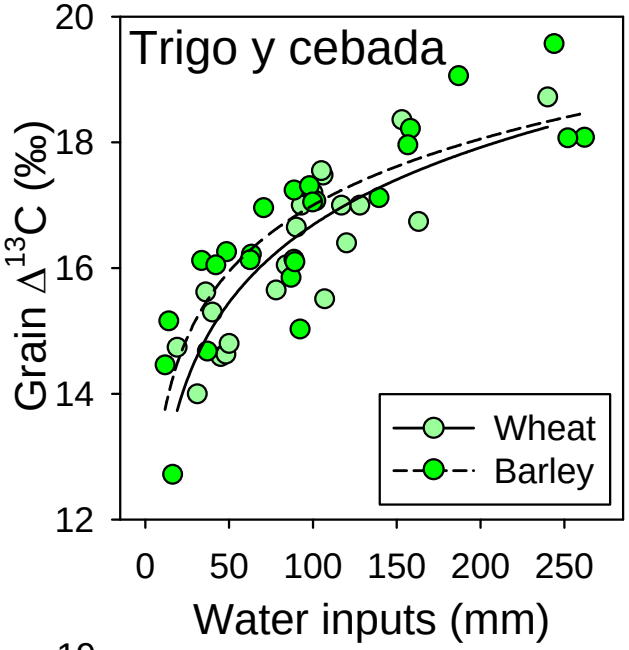
Restos arqueobotánicos: cultivos

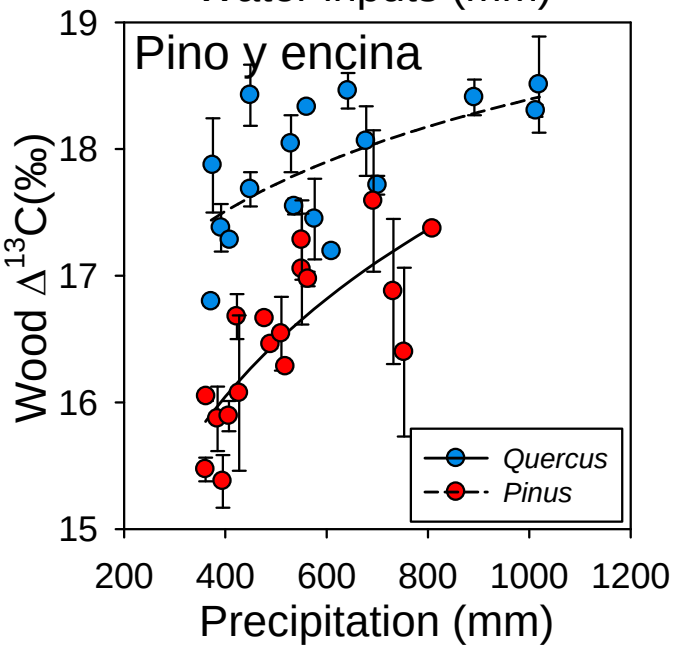




Araus *et al.* 1997. *Global Change Biology*
Araus *et al.* 1999. *Global Change Biology*
Ferrio *et al.* 2005. *Veg. Hist. & Archaebotany*

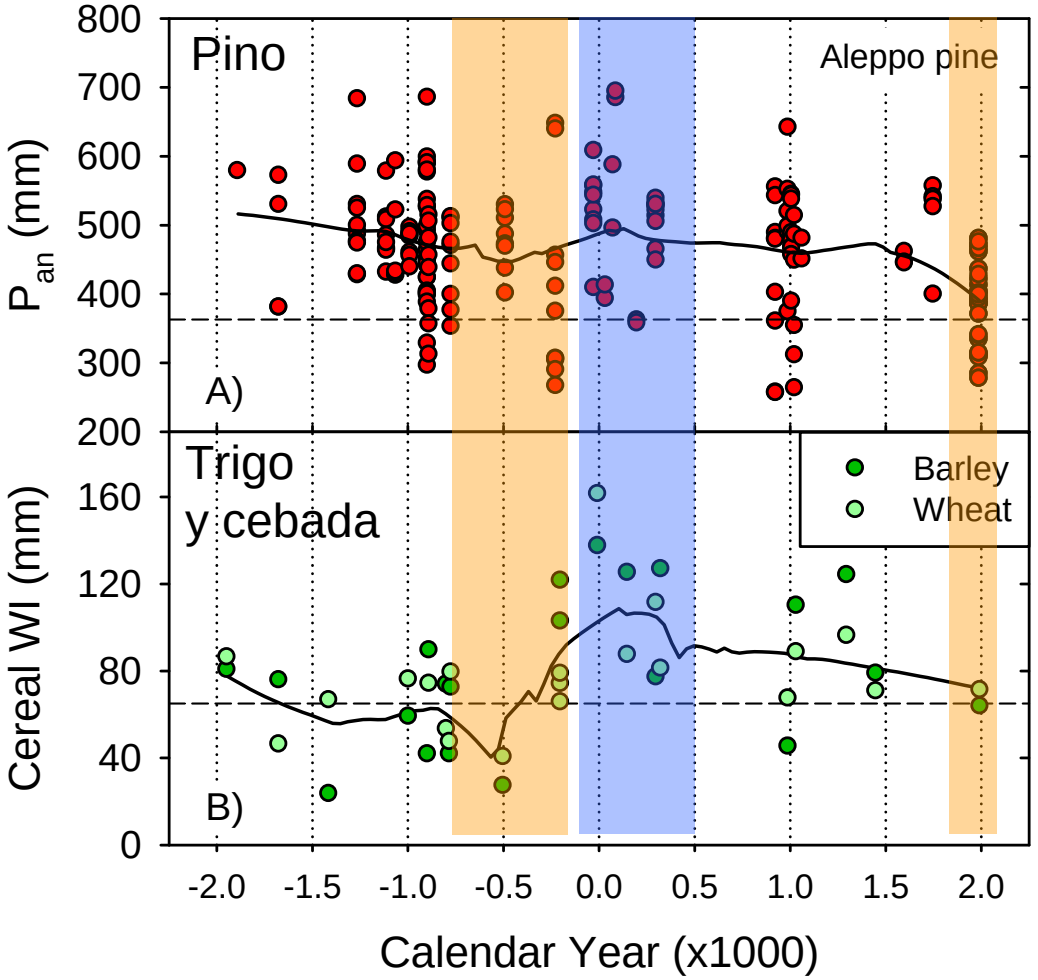
Clima y condiciones de cultivo





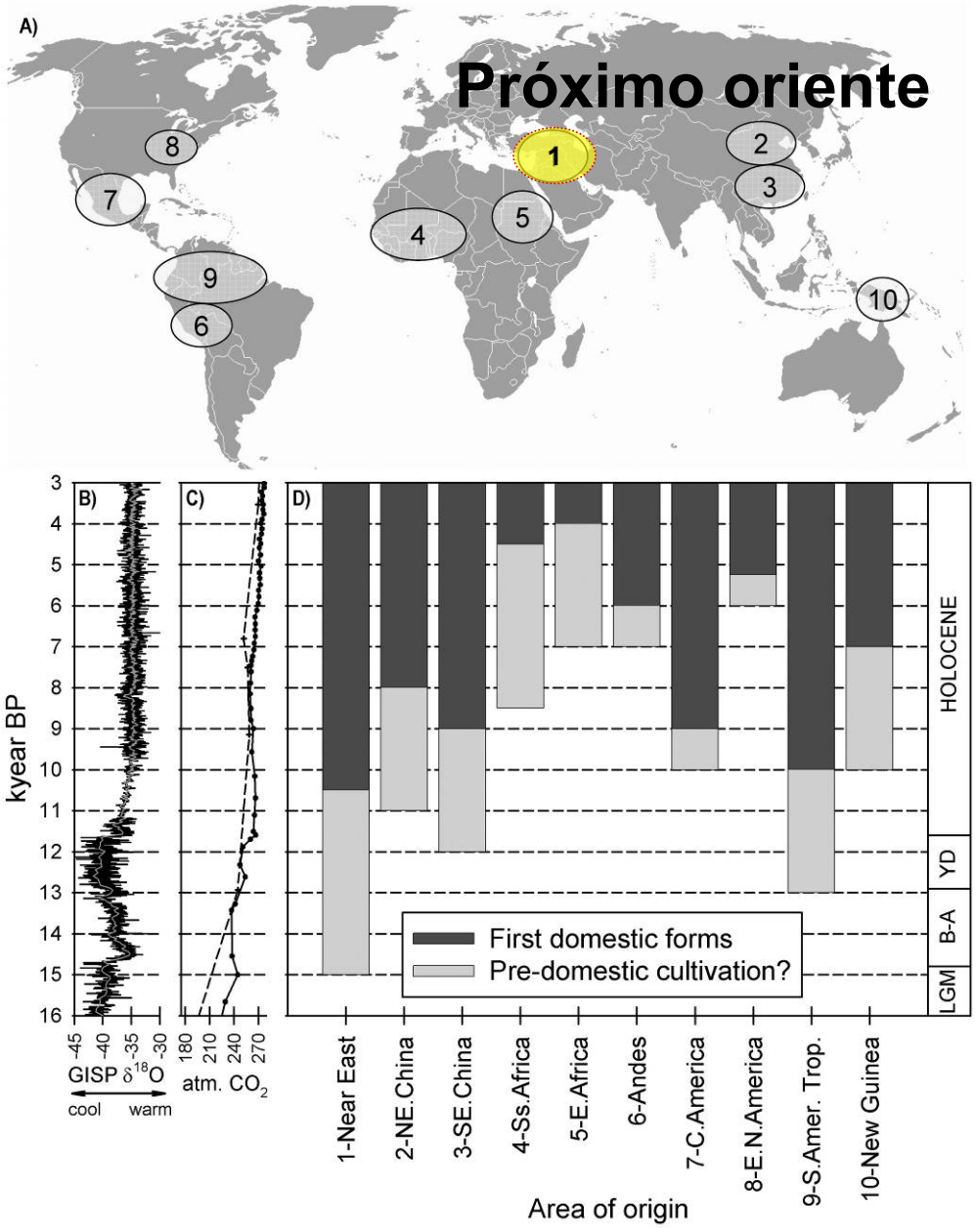
Disponibilidad hídrica

Clima últimos 4000 años



Ferrio *et al*. 2005; 2006

Sostenibilidad en los orígenes de la agricultura



¿Hasta qué punto era sostenible la agricultura del pasado?

Ferrio *et al.* 2011

Sostenibilidad en el origen de la agricultura

Tell Halula, Neolítico, Eúfrates medio (10.000-8.000 BP)

Halula, poblado actual
(región de Alepo, NO Siria)

Tell Halula, Yacimiento neolítico

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

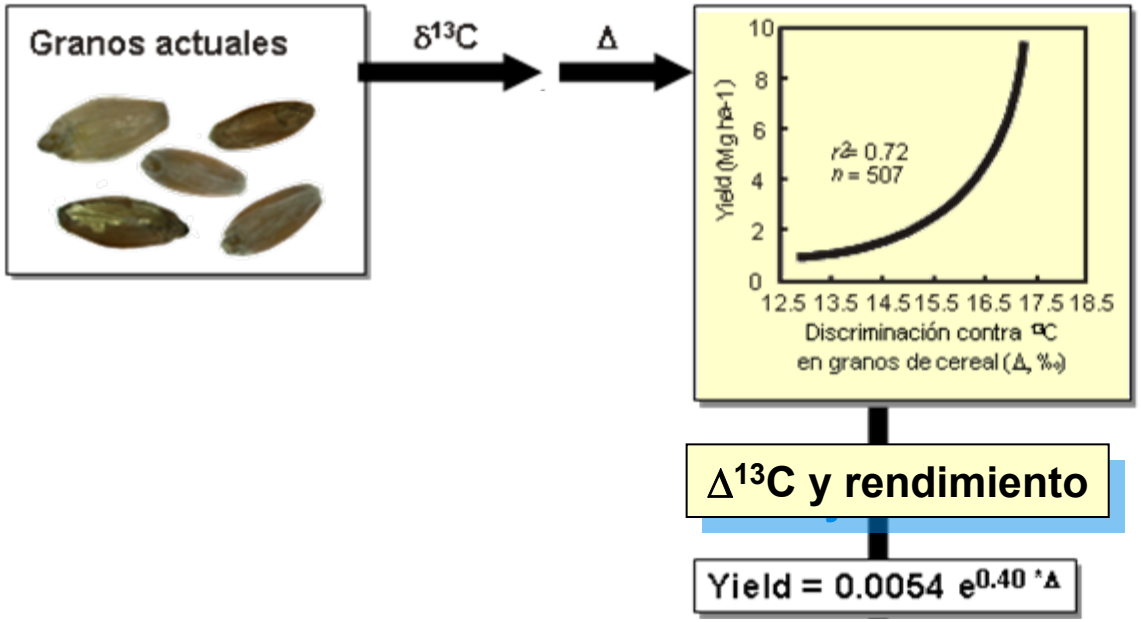
Journal of Arid Environments

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jaridenv

Agricultural expansion and settlement economy in Tell Halula (Mid-Euphrates valley): A diachronic study from early Neolithic to present

J.P. Ferrio [a,*], G. Arab [b], R. Buxó [c], E. Guerrero [d], M. Molist [d], J. Voltas [a], J.L. Araus [e]

Rendimiento a partir de $\Delta^{13}C$ y tamaño del grano

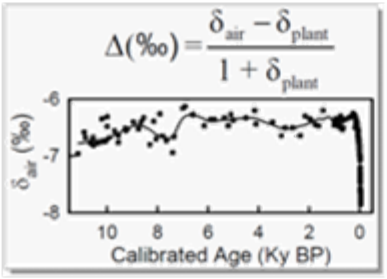


Rendimiento a partir de $\Delta^{13}C$ y tamaño del grano

Granos actuales

$\delta^{13}C$ → Δ

Cambios $\delta^{13}C$ aire



$\Delta^{13}C$ y rendimiento

Yield = 0.0054 $e^{0.40 * \Delta}$

Granos fósiles
(PPNB Tell Halula)

$\delta^{13}C$
-23.35 ‰
-23.62 ‰

Δ
17.17 ‰
17.46 ‰

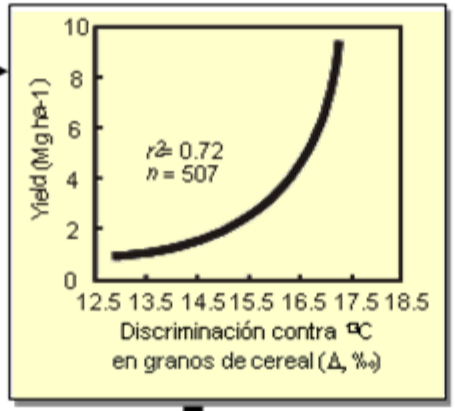
Rendimiento cond. actuales:

5.36 Mg ha^{-1}
6.02 Mg ha^{-1}

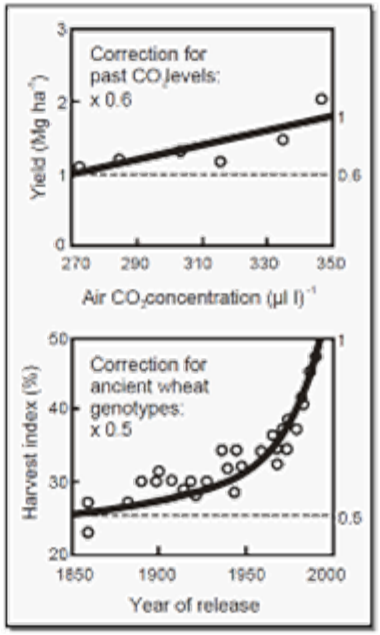
Rendimiento a partir de $\Delta^{13}C$ y tamaño del grano

Granos actuales

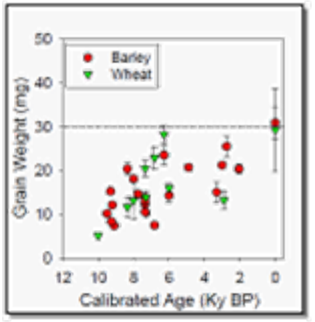
$\delta^{13}C$ → Δ



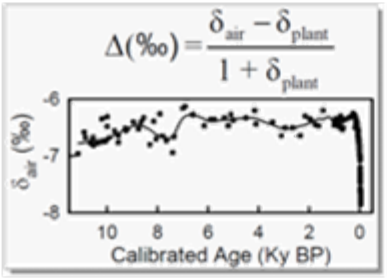
Cambios conc. CO_2
Índice de cosecha



Cambios peso potencial



Cambios $\delta^{13}C$ aire



$\Delta^{13}C$ y rendimiento

Yield = 0.0054 $e^{0.40 * \Delta}$

Granos fósiles
(PPNB Tell Halula)

$\delta^{13}C$
-23.35 ‰
-23.62 ‰

Δ
17.17 ‰
17.46 ‰

Rendimiento cond. actuales:

5.36 Mg ha^{-1}
6.02 Mg ha^{-1}

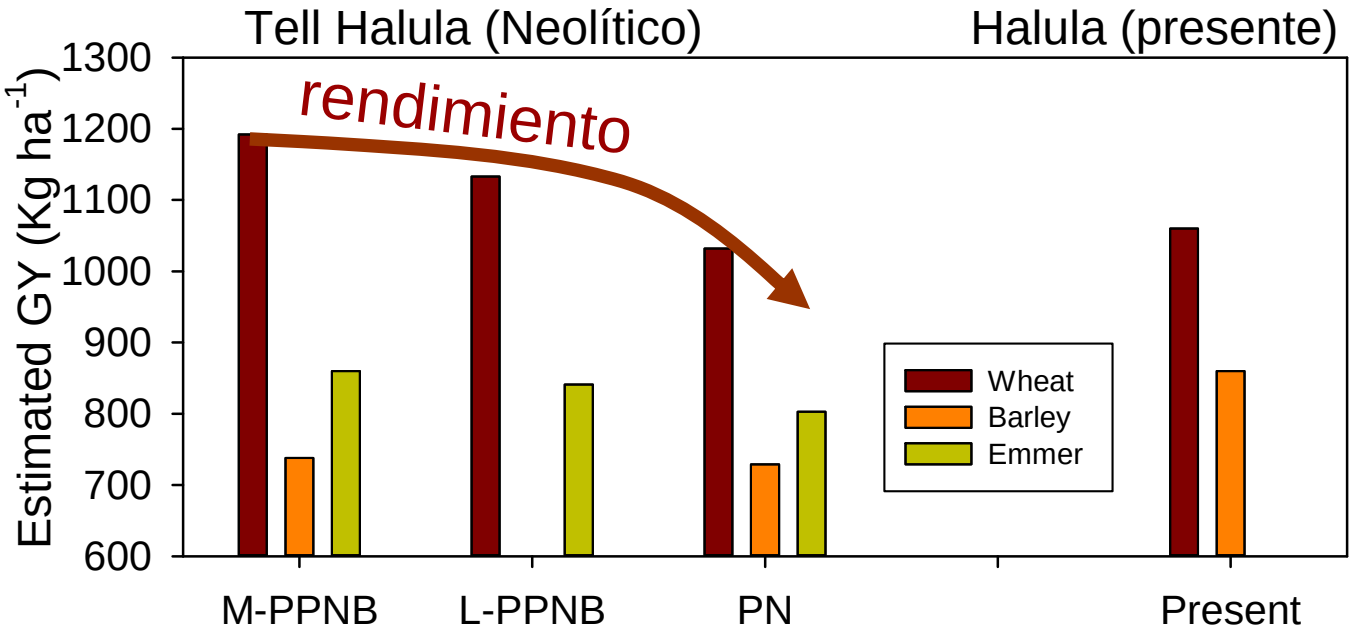
Corrección:
0.6 x 0.5 = 0.3

Corrección por tamaño potencial pasado / presente

Rendimiento en antigüedad:

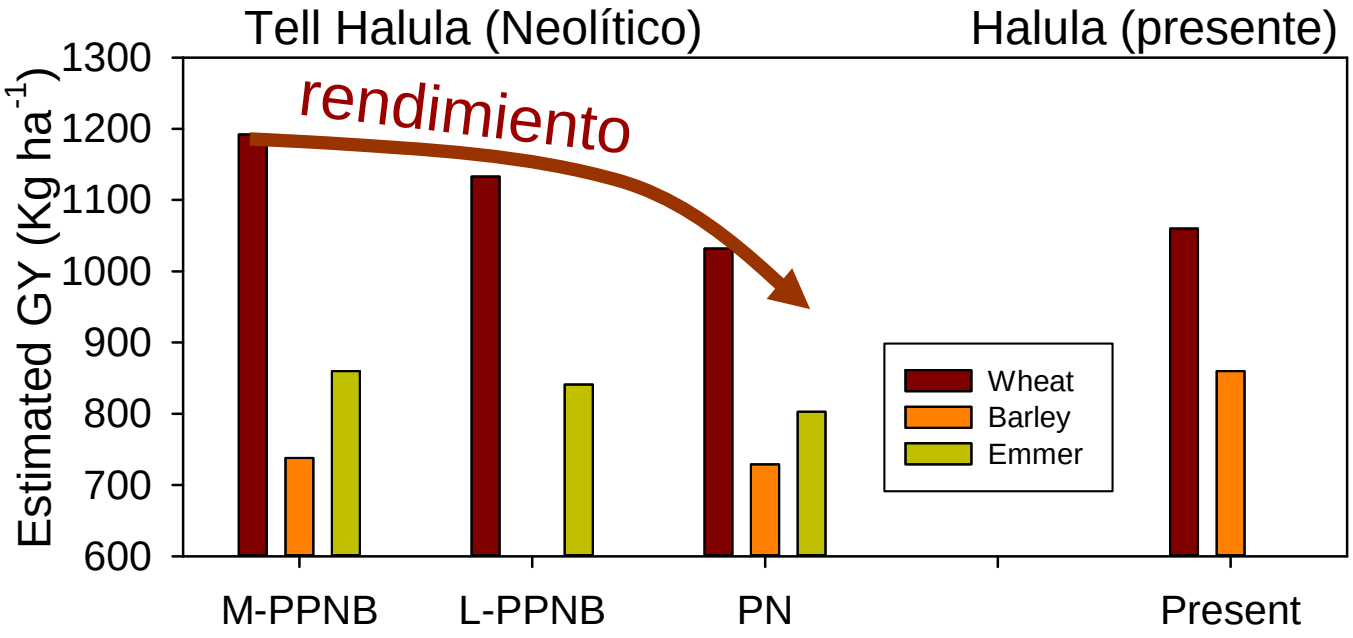
1.61 Mg ha^{-1}
1.81 Mg ha^{-1}

Descenso en producción de grano

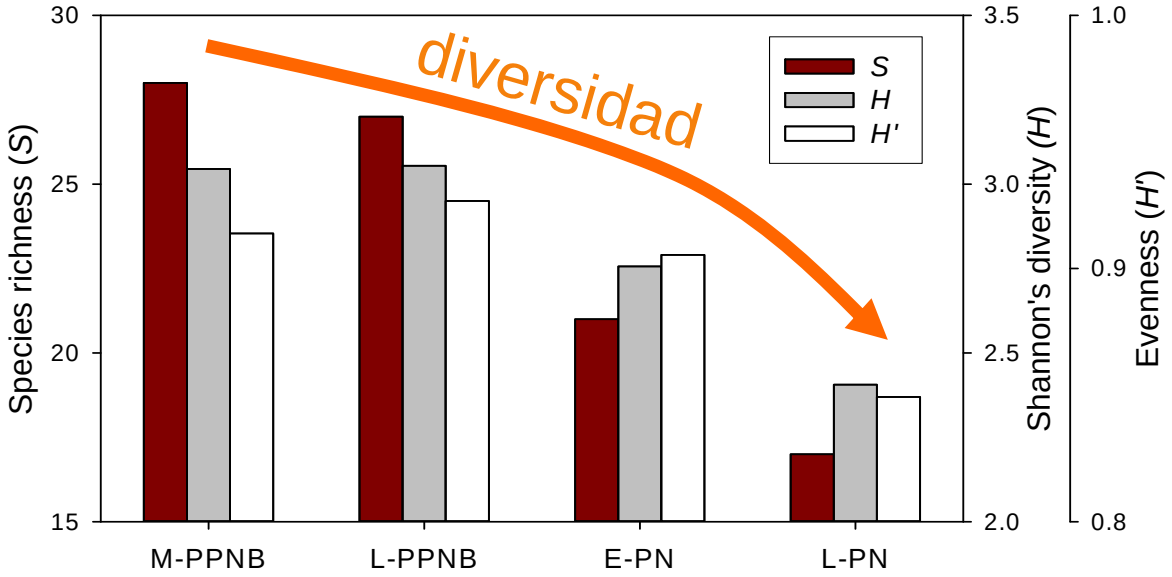


Descenso en Rendimiento de trigo (según 13C)

Descenso en la diversidad



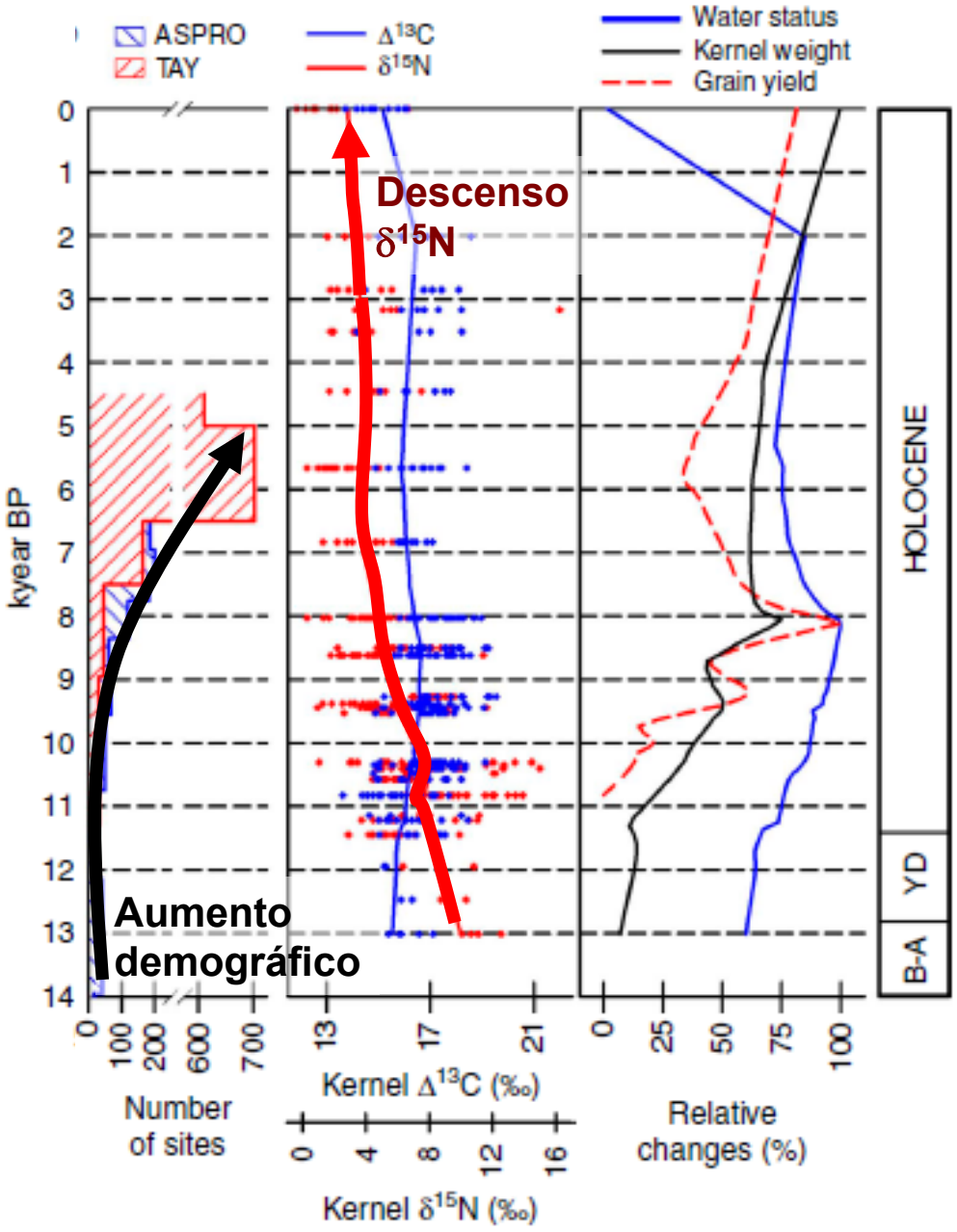
Descenso en Rendimiento de trigo (según 13C)



Aumento de malas hierbas de cereal

Descenso en Diversidad

Descenso en fertilidad a largo plazo



Gran expansión agrícola (número de yacimientos) *(aumento de la presión demográfica)*

Descenso en la fertilidad del suelo *(baja $\delta^{15}N$)*

nature COMMUNICATIONS

ARTICLE

Received 24 Dec 2013 | Accepted 24 Apr 2014 | Published 23 May 2014

DOI: 10.1038/ncomms4953

Agronomic conditions and crop evolution in ancient Near East agriculture

José L. Araus[1,*], Juan P. Ferrio[2,*], Jordi Voltas[2,*], Mònica Aguilera[2] & Ramón Buxó[3]

Ideas principales

Anillos de crecimiento:

Integra cambios a largo plazo, a menudo pretratamiento (eliminación resinas, lignina)

Reconstrucción cambios climáticos y patrones fisiológicos (p.ej. decaimiento)

Restos arqueobotánicos: carbonizados, reconstrucción clima y cultivos

Reconstrucción paleoambiental y análisis forense

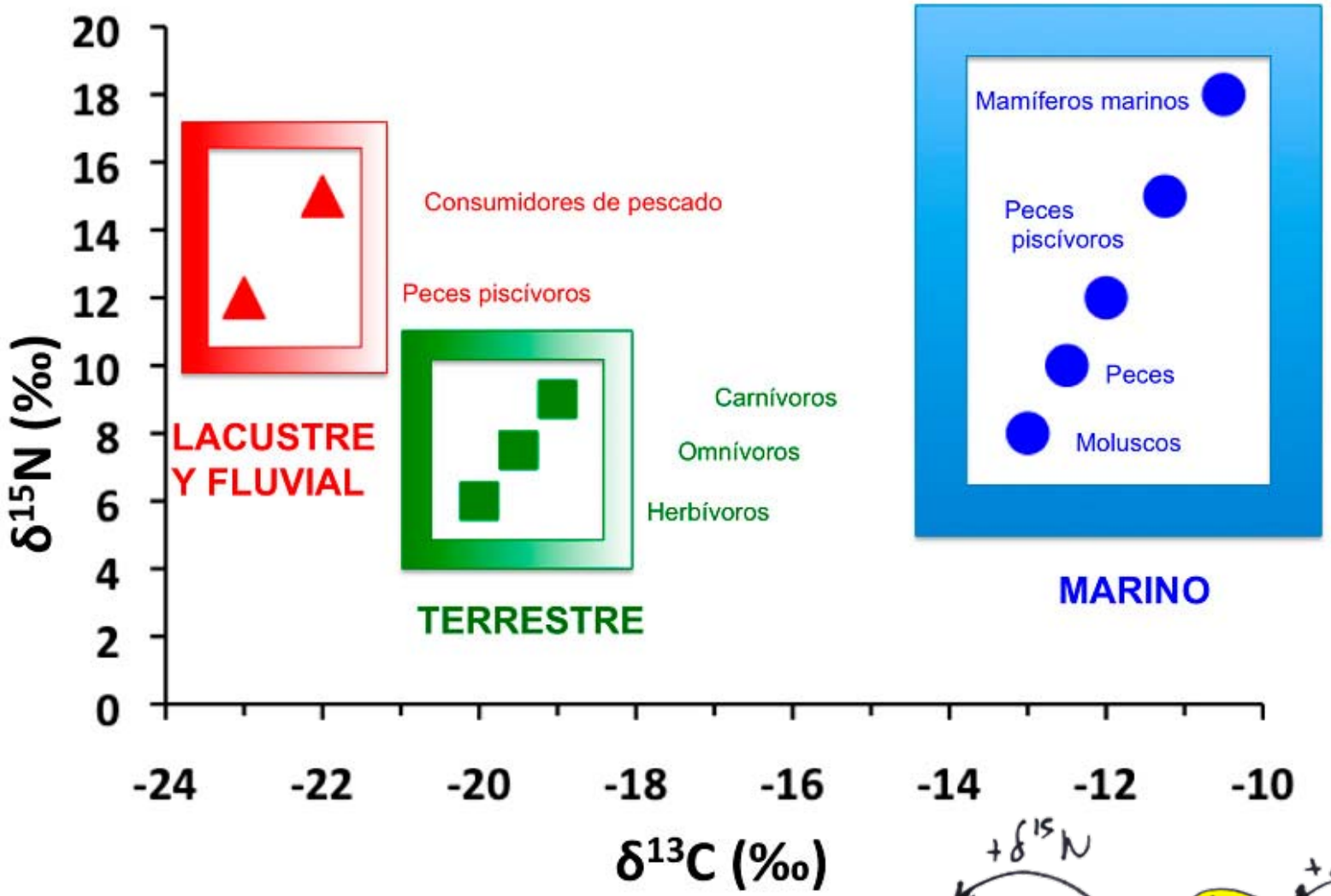
Reconstrucción dietaria y migración

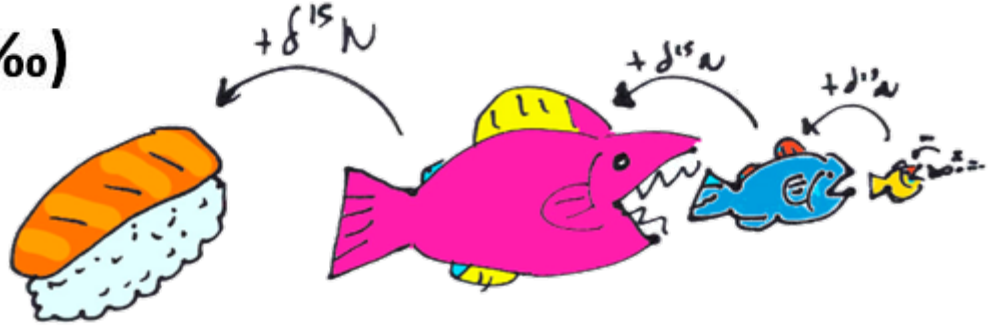
- Nivel trófico
- Migración altitudinal

Certificación de origen y autenticidad

- Fraude alimentario (adulteraciones)
- Origen y alimentación animales

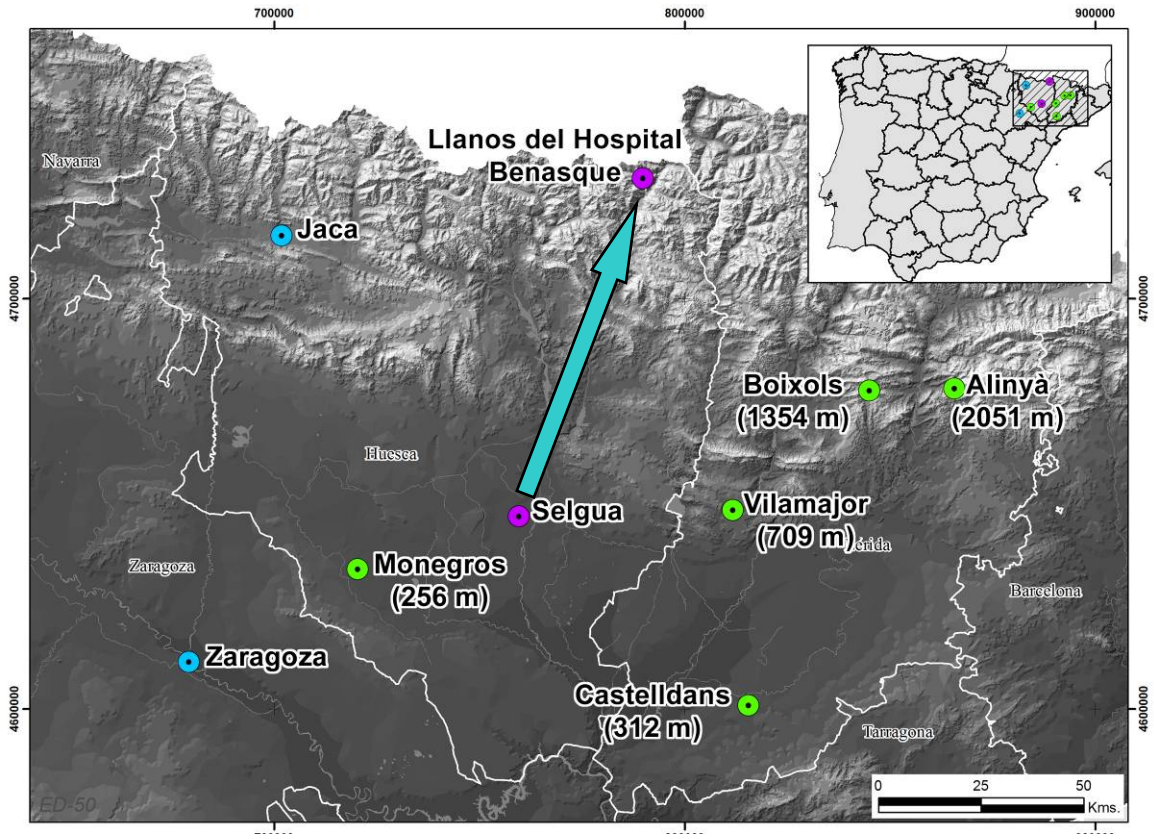
Somos lo que comemos: nivel trófico y dieta





Salazar-García 2009

Somos lo que comemos: movilidad

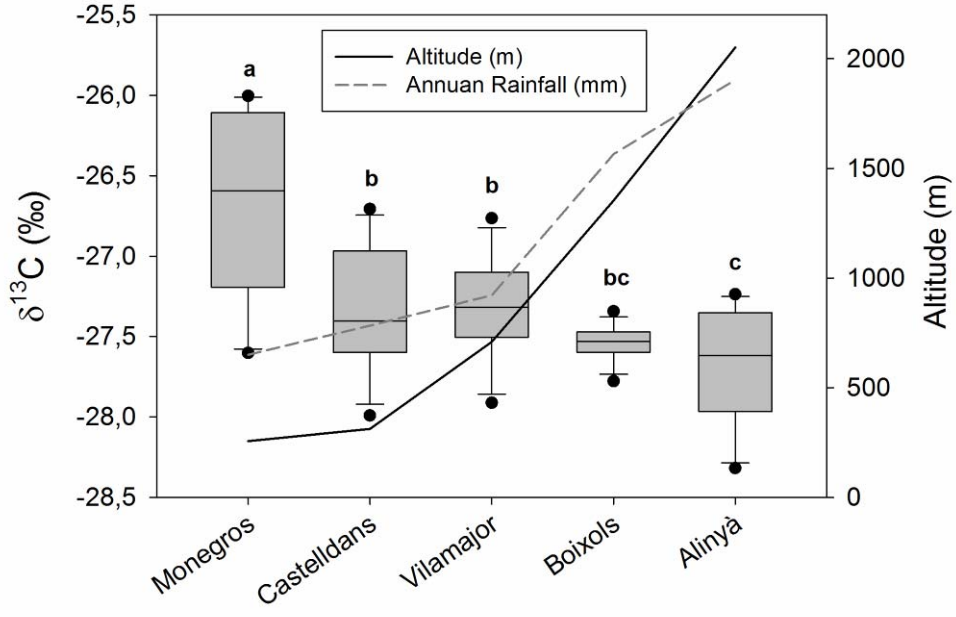


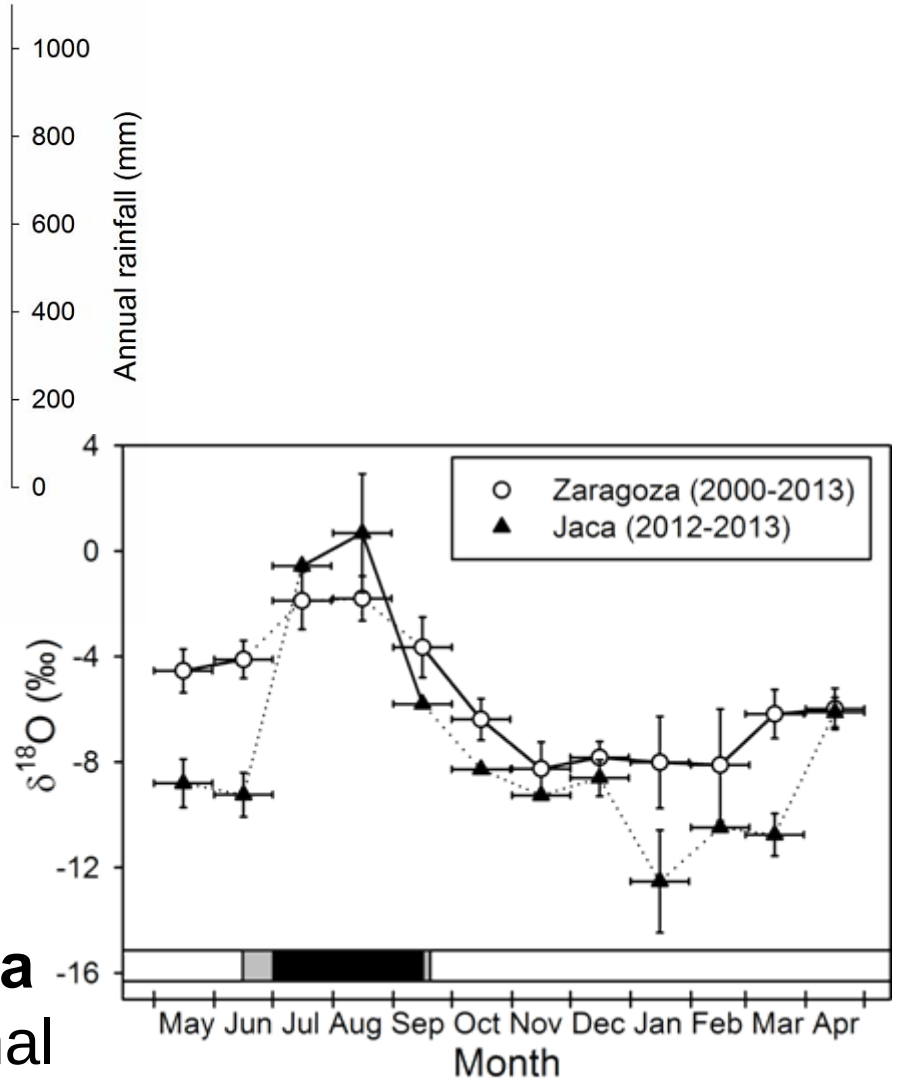
Tornero et al. (en prensa)

Somos lo que comemos: movilidad

Variación isotópica de carbono en pastos

Domina el gradiente altitudinal



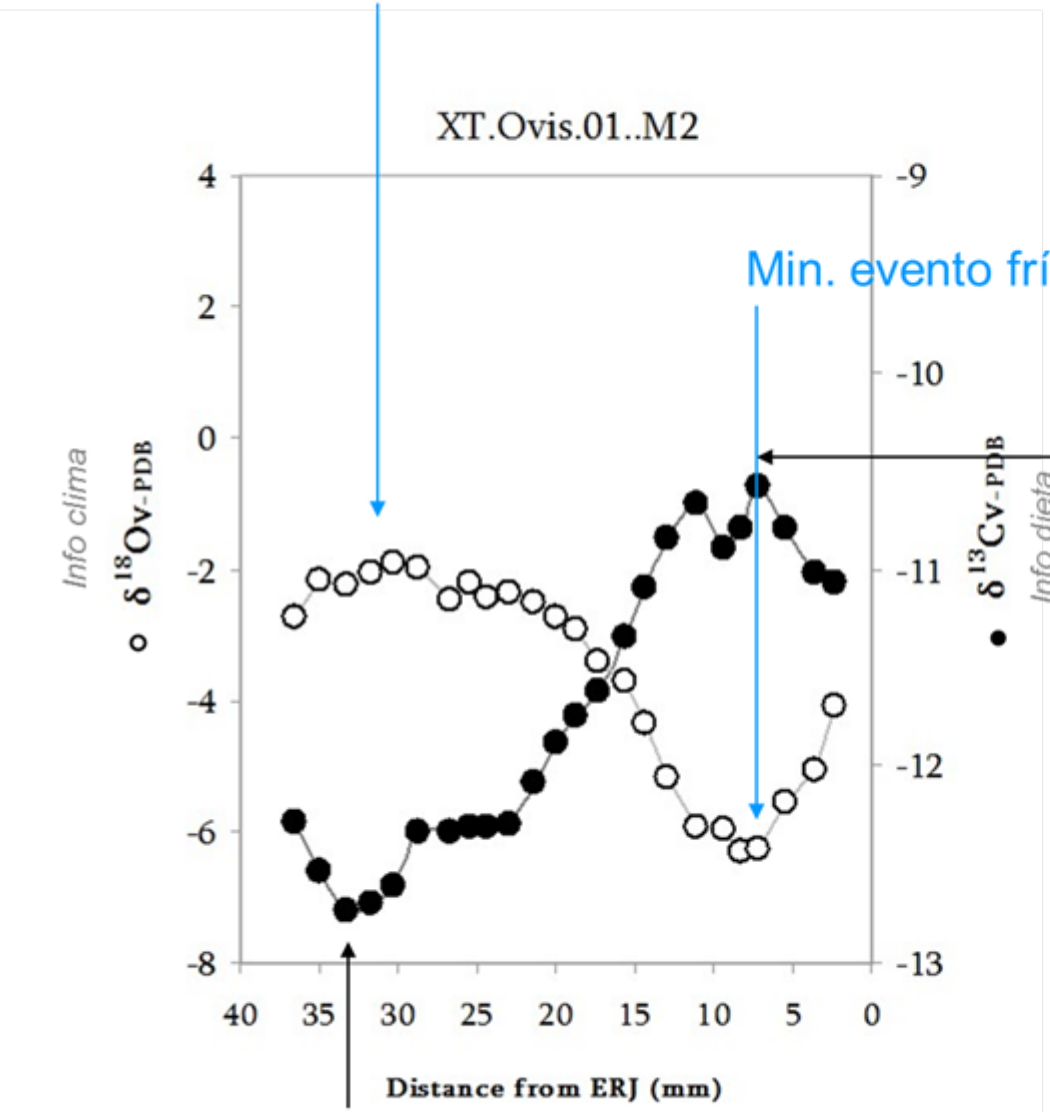


Variación isotópica del agua

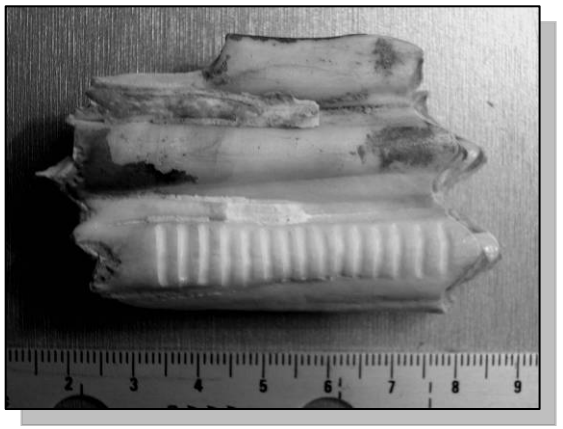
Domina la evolución estacional

Somos lo que comemos: movilidad

Max. evento cálido (julio-agosto 2014)

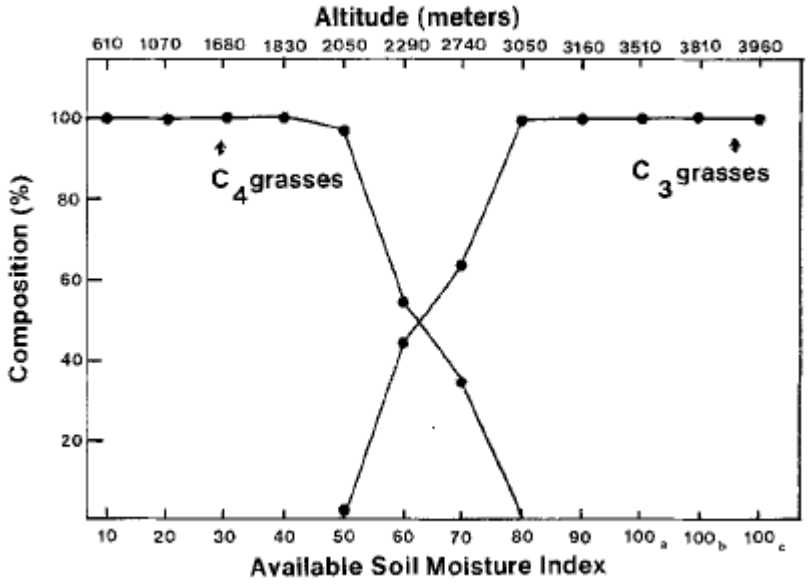


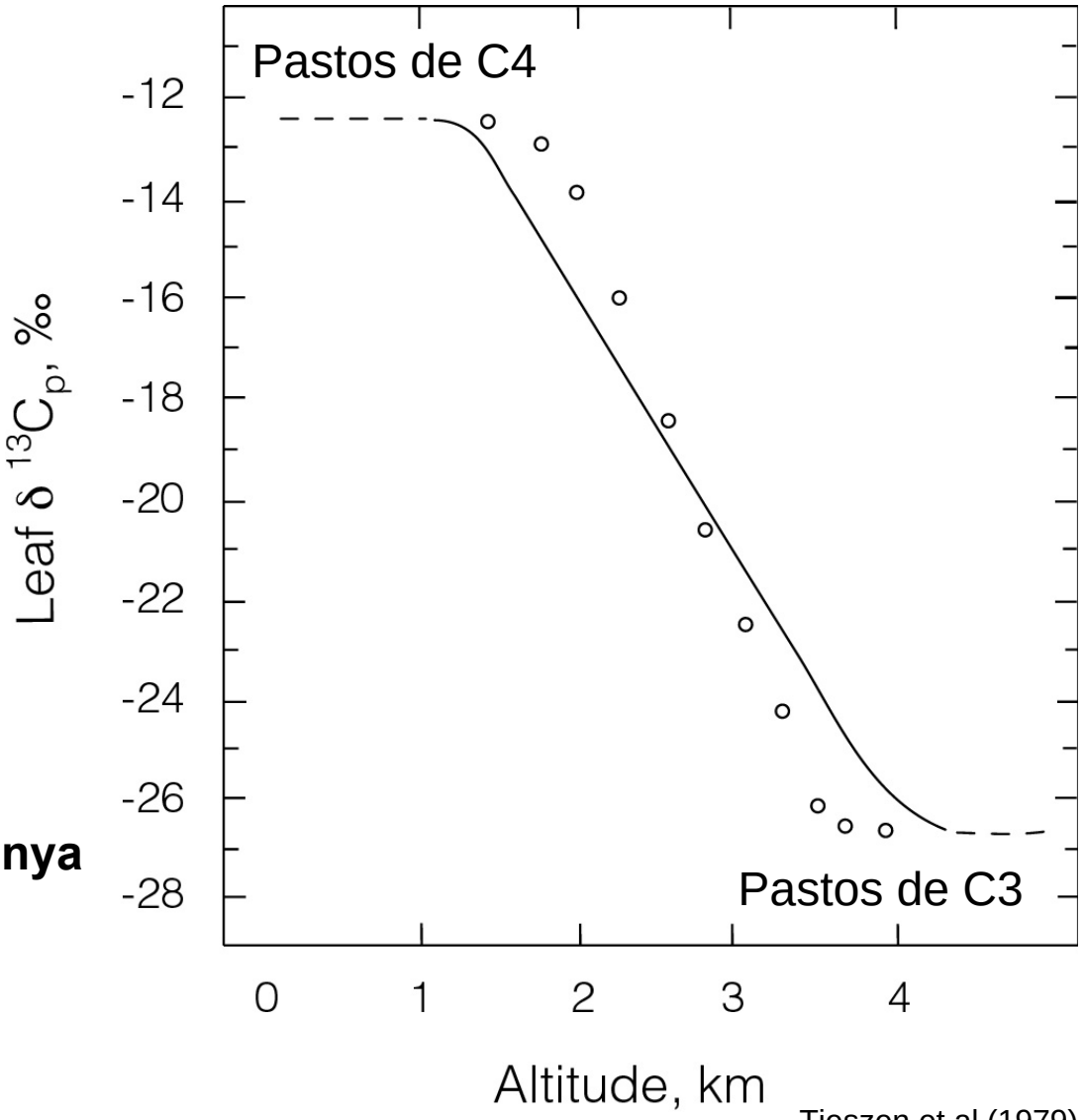
Alimentación en valle (aumento valores d13C)



Acceso a pasto de altura (descenso valores d13C)

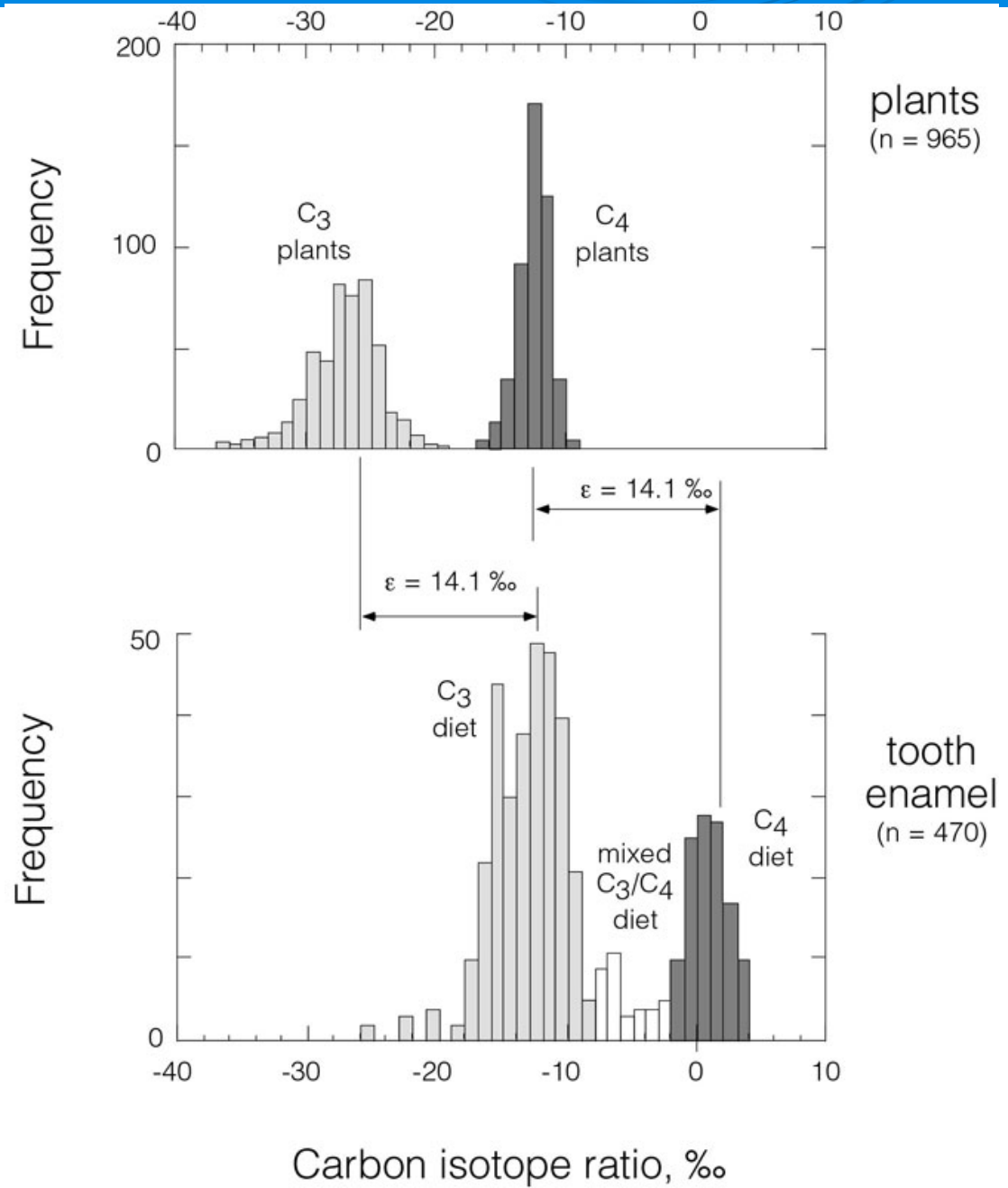
Ratio C_3/C_4 varía según gradiente climático





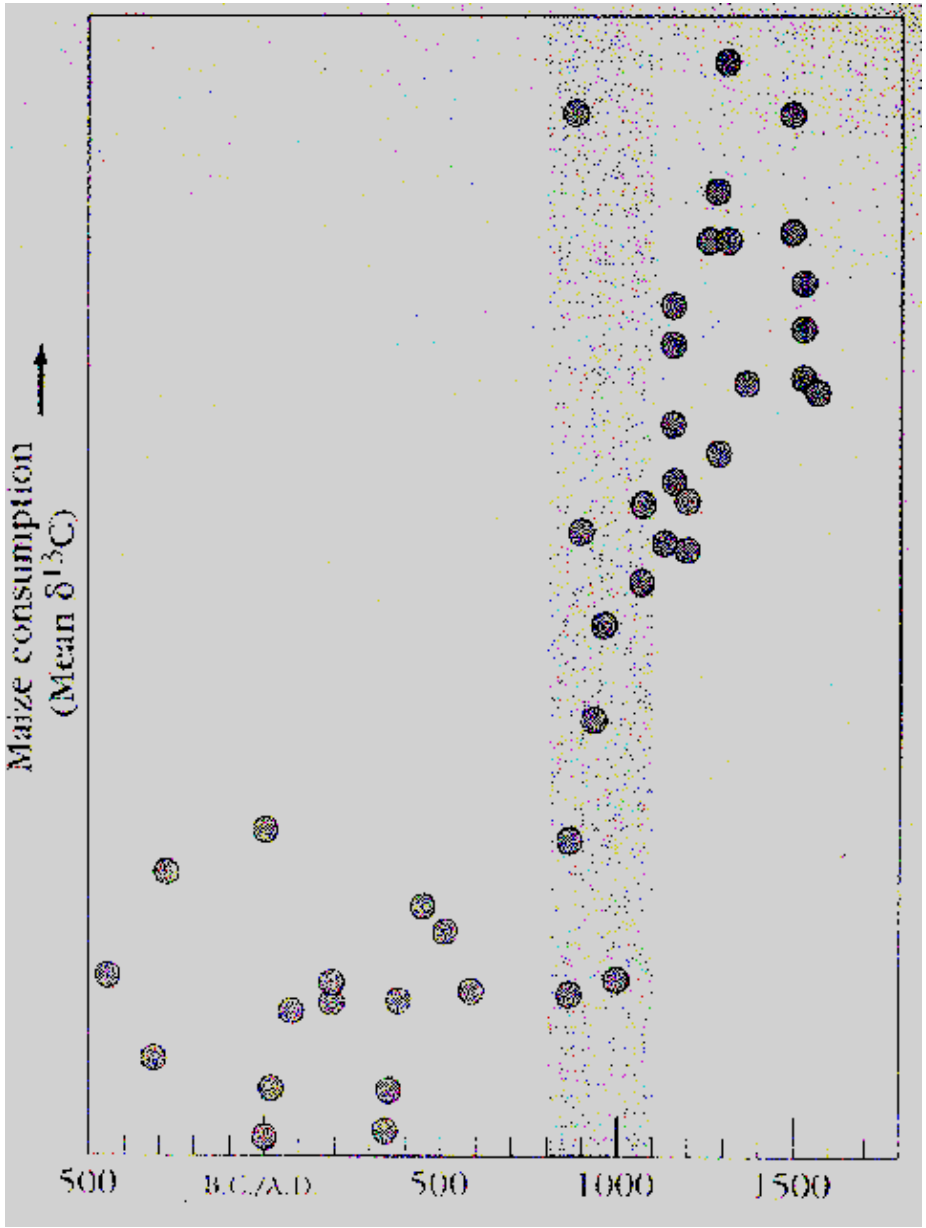
Tieszen et al (1979)

Transiciones de dieta C3 / C4



De Tapia & Adriano-Morán 2012

Dieta humana refleja transición a cultivo maíz

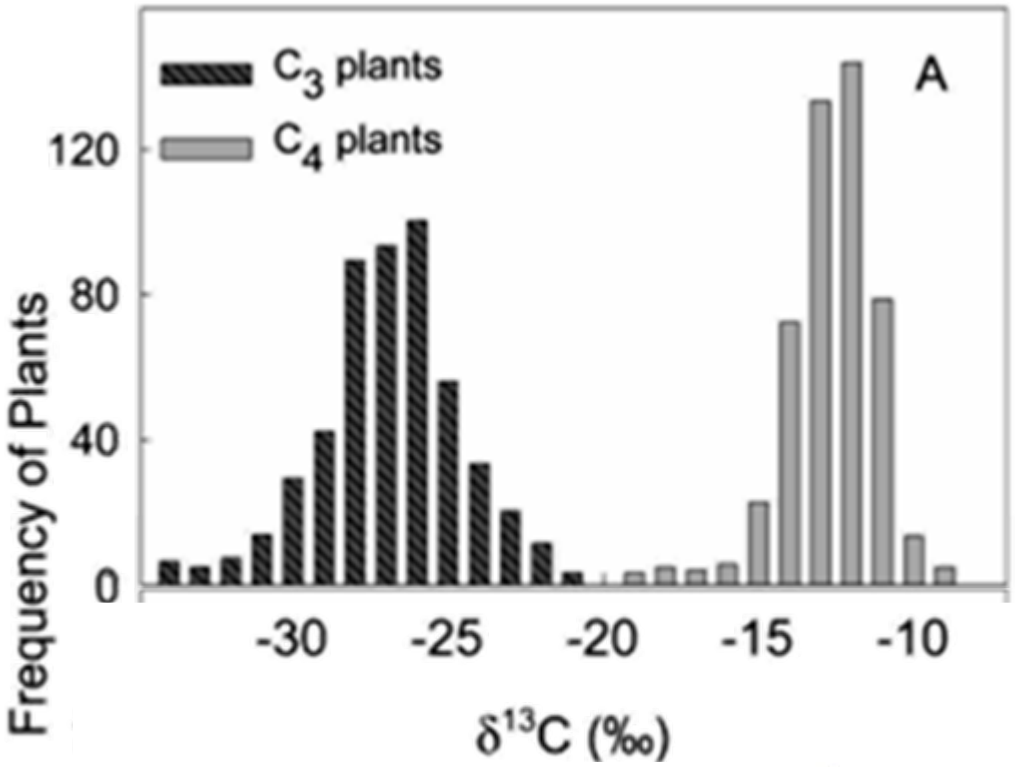


Cambio a dieta dominada
por C4 (maiz)
Indica la transición a la agricultura
en poblaciones indígenas (Florida)

Jahren et al. 2014

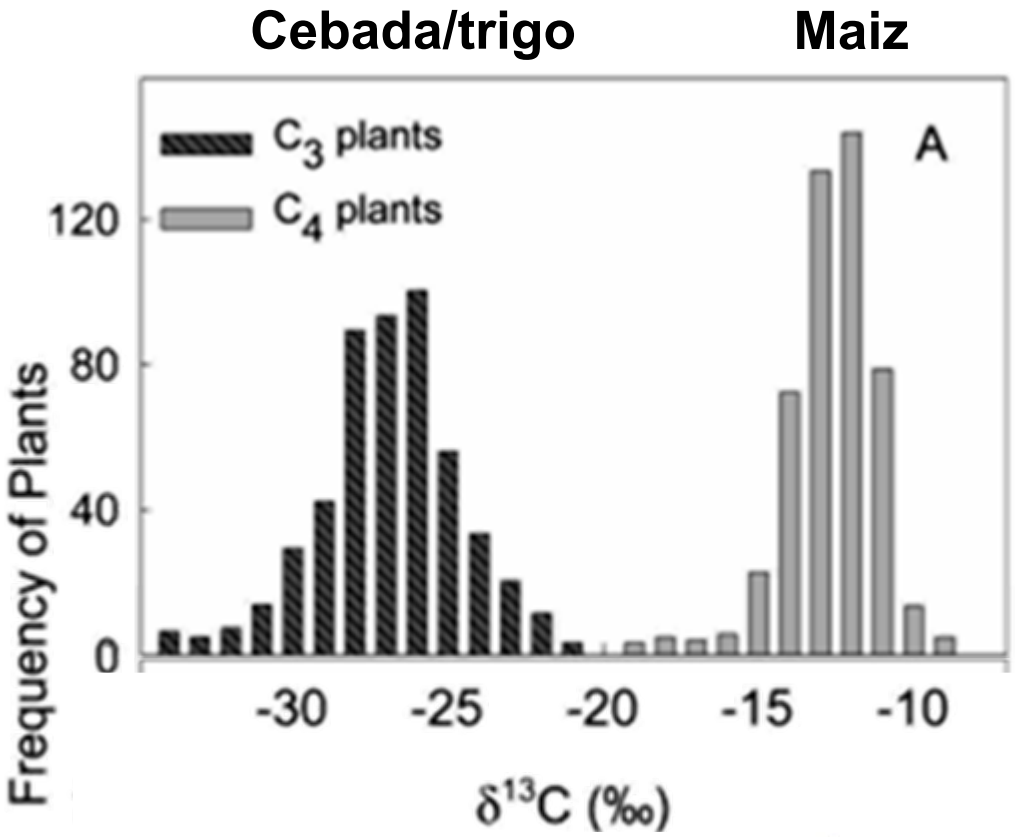
Investigación forense: ¿cebada o maíz?

Cebada/trigo **Maiz**



Brooks et al. (2002)

Investigación forense: ¿cebada o maíz?



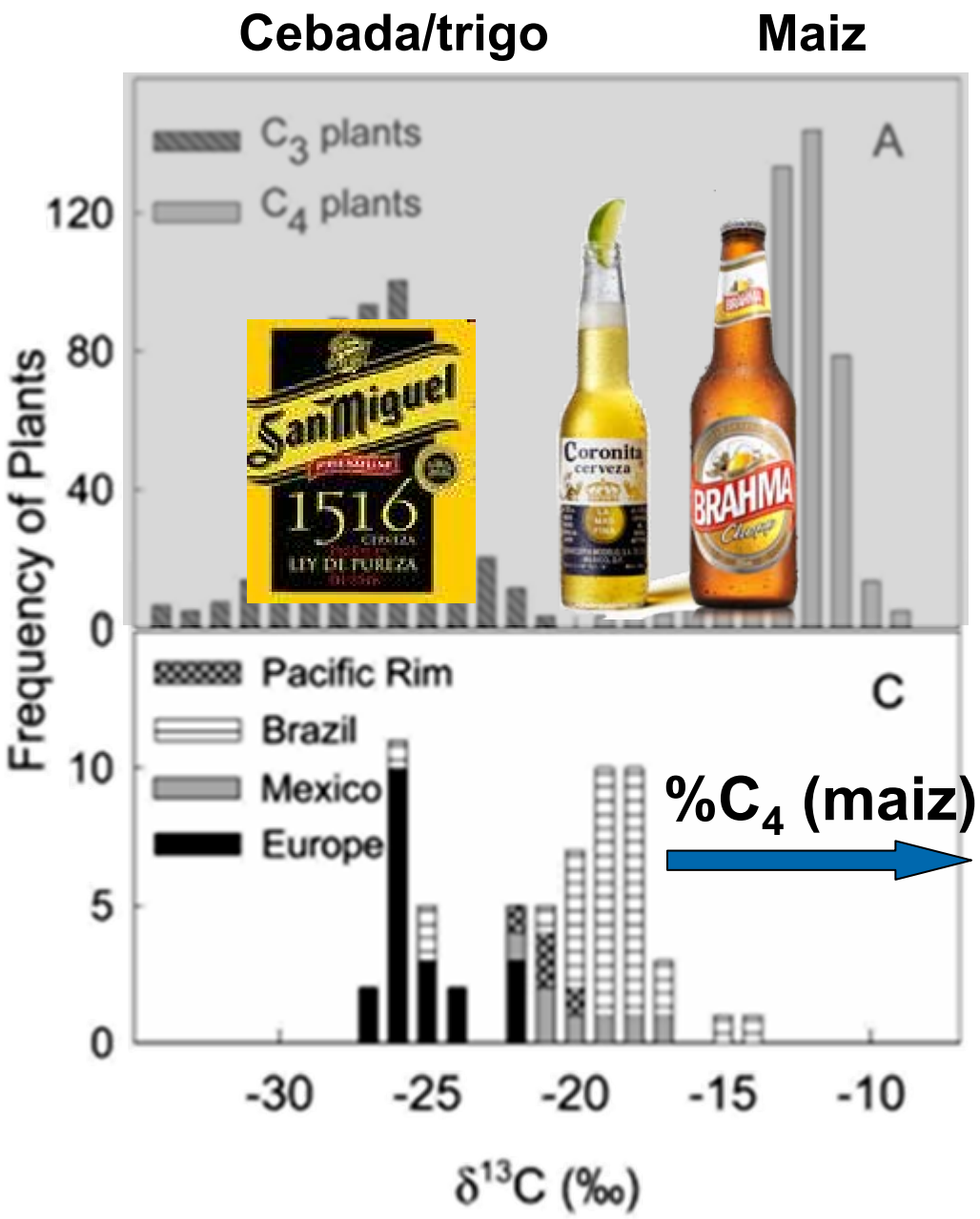
Reinheitsgebot(1516)

Ley de pureza alemana

"cebada, agua y lúpulo"

Brooks et al. (2002)

Investigación forense: ¿cebada o maíz?



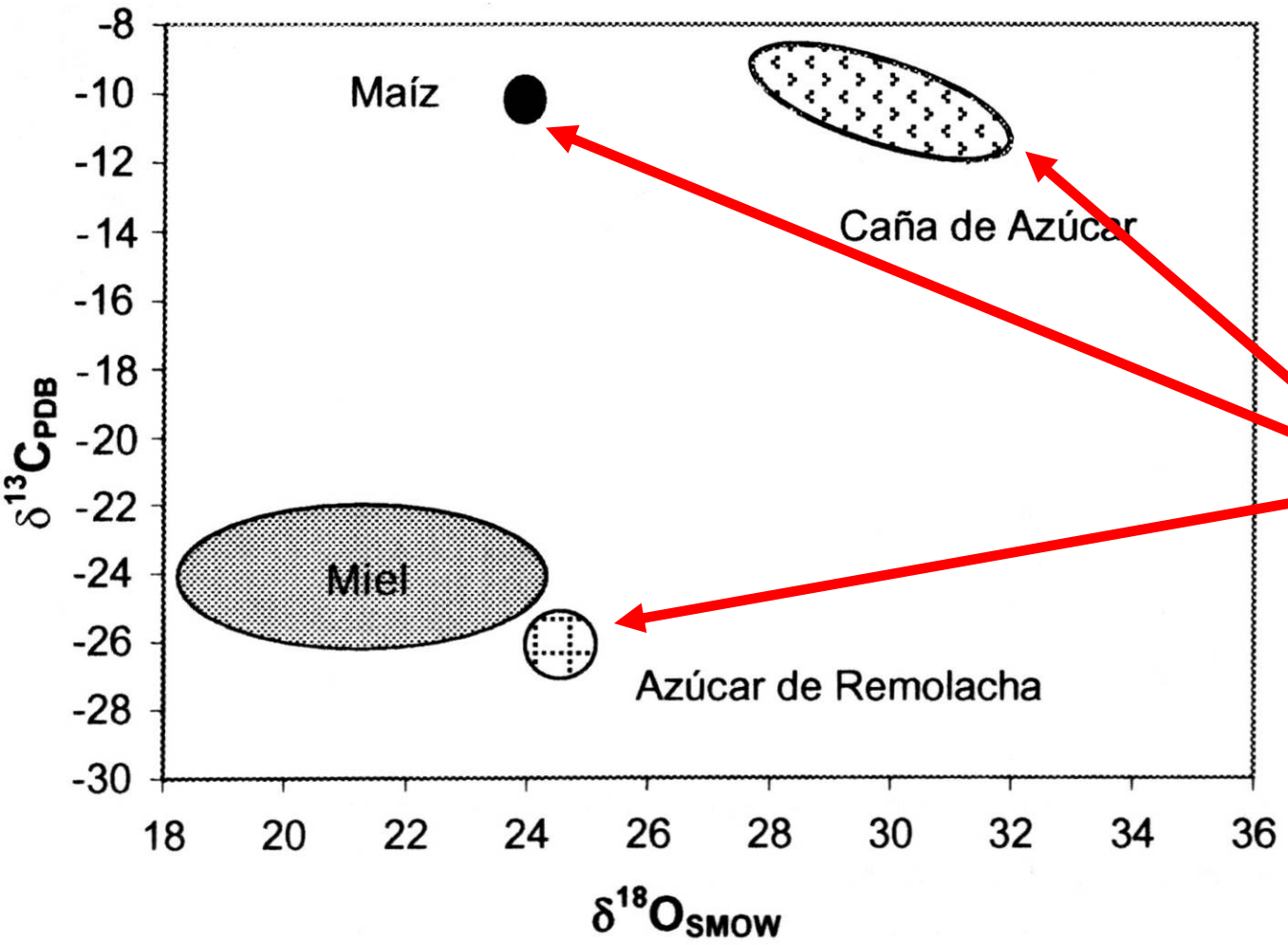
Reinheitsgebot(1516)

Ley de pureza alemana

"cebada, agua y lúpulo"

Brooks et al. (2002)

Identificación de fraude alimentario



Azúcares añadidos

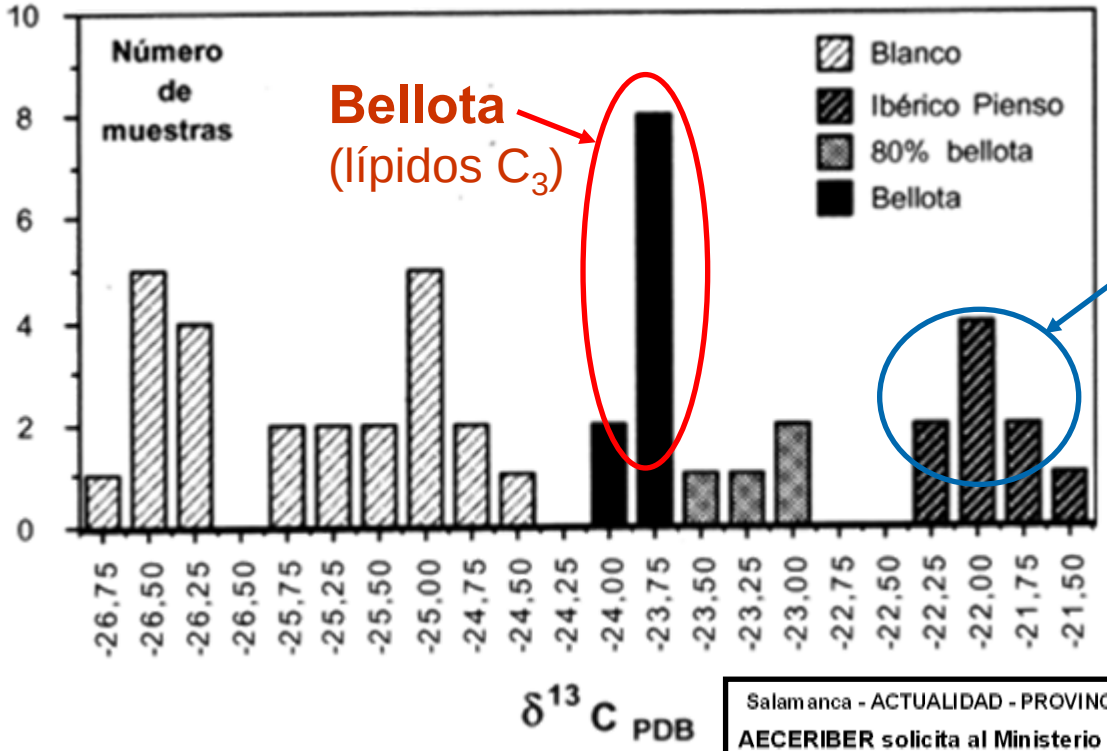
Recio et al. 2005

Investigación forense: jamón de bellota

Tecnologías | Tecnología de los alimentos

El análisis de los isótopos estables determina la calidad del cerdo ibérico de Guijuelo

El Consejo Regulador de la Denominación de Origen Guijuelo ha recurrido a los expertos de la Universidad de Salamanca para que certifiquen la calidad de sus productos ibéricos mediante los análisis más avanzados. En la actualidad, el mejor sistema para saber si un cerdo ha comido bellota es el análisis de su grasa mediante una técnica que mide las relaciones de isótopos estables y, precisamente, la institución académica salmantina posee en este campo un laboratorio de referencia nacional.



Salamanca - ACTUALIDAD - PROVINCIAL

AECERIBER solicita al Ministerio la retirada del sistema de calidad del ibérico a través de isótopos

Martes, 19 de enero

La Asociación Española del Cerdo Ibérico solicitará al Ministerio de Medio Rural que intervenga ante la Denominación de Origen Guijuelo, para que se deje de aplicar el método de medición de la calidad del ibérico a través de isótopos

Marqués Macías, 1994

Ideas principales

Dieta:
Nivel trófico enriquece,
Migraciones y cambios de dieta
Transiciones C3/C4

Certificación:
Distintos orígenes o consumo de alimentos determinan la señal isotópica
Adulteraciones cambian la señal