



**HAL**  
open science

# Adaptacion de especies forestales al cambio climático: anillos de crecimiento y plasticidad fenotípica

Philippe Rozenberg

► **To cite this version:**

Philippe Rozenberg. Adaptacion de especies forestales al cambio climático: anillos de crecimiento y plasticidad fenotípica. lectureType\_12. Francia. 2021. hal-03552194

**HAL Id: hal-03552194**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03552194>**

Submitted on 2 Feb 2022

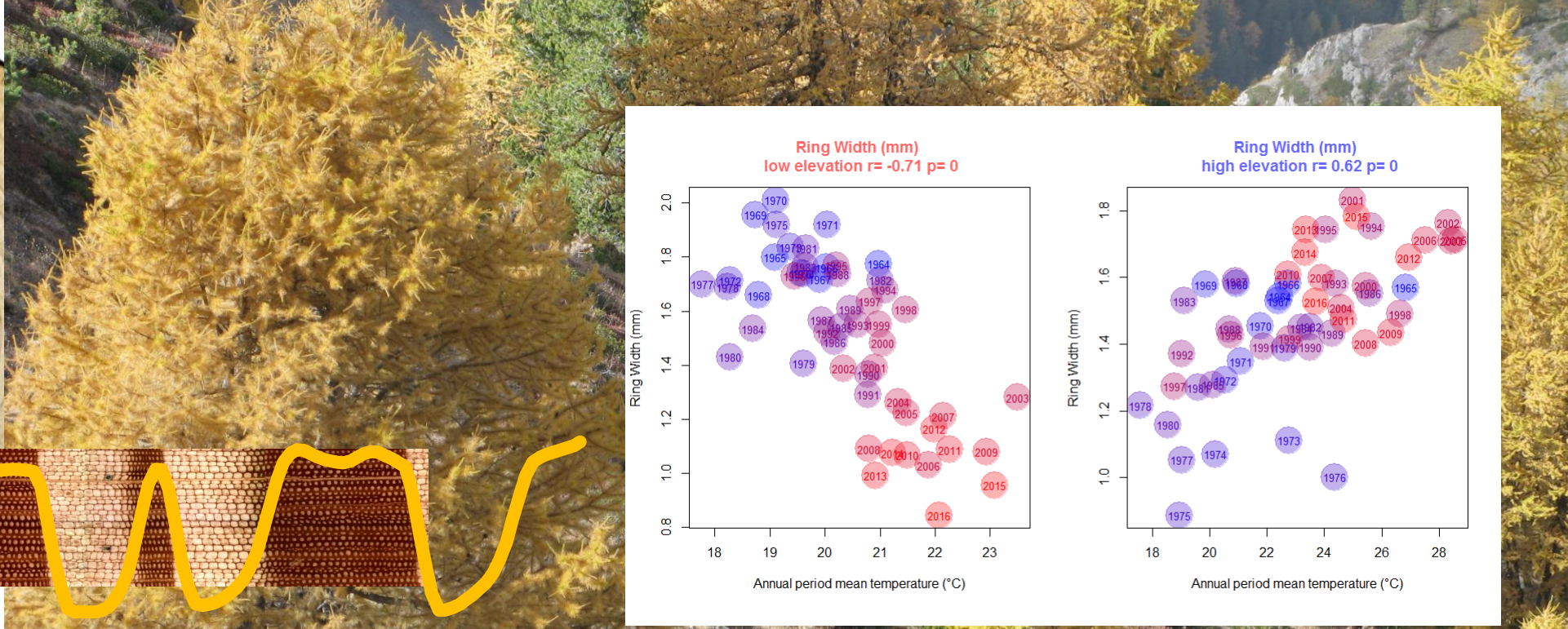
**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Adaptacion de especies forestales al cambio climático: anillos de crecimiento y plasticidad fenotípica

Philippe Rozenberg

Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE), Orléans, France



Viernes 18 junio, 13:00 hrs. Facebook Live de la página de la Facultad de Biología  
"Oficial Biología UMSNH"

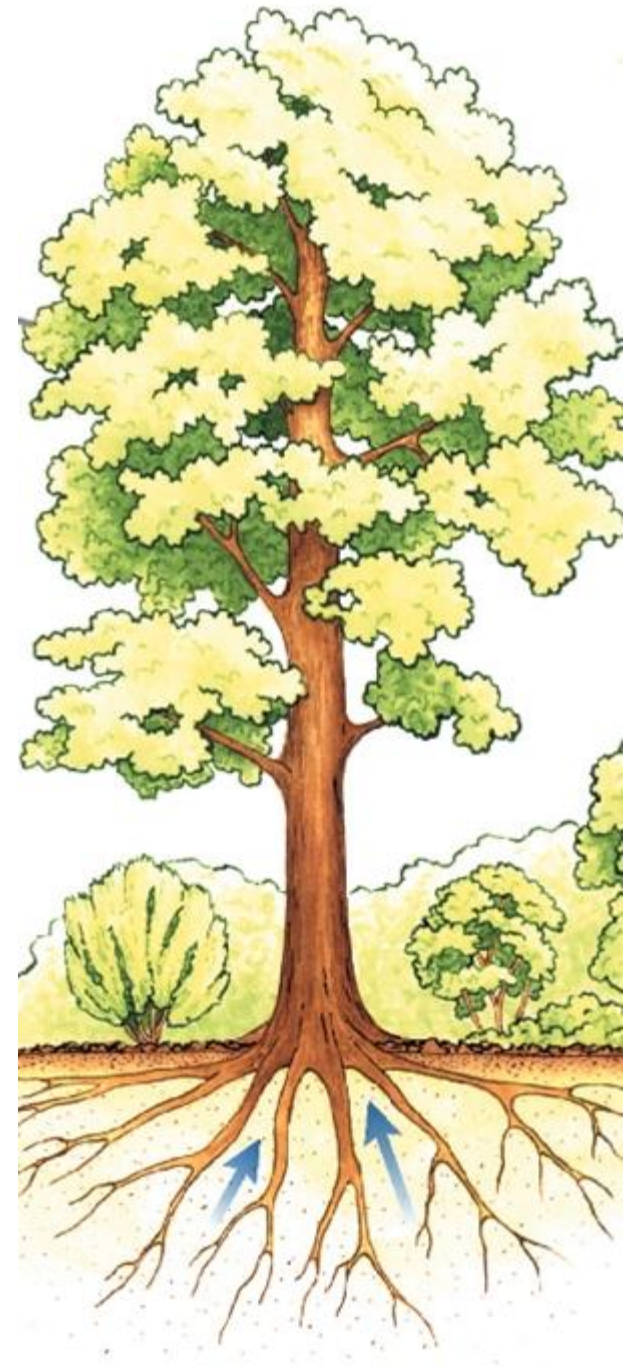
# Arboles: organismos largos, fijos, larga vida

- Face **long-term** climate variation
- **Roots** plunging deep into the soil and sucking **water**
- **Crowns** standing high toward the sky with leaves rejecting **water** vapor in the atmosphere (transpiration)
- **Stem** (trunk) connecting the roots and the crown



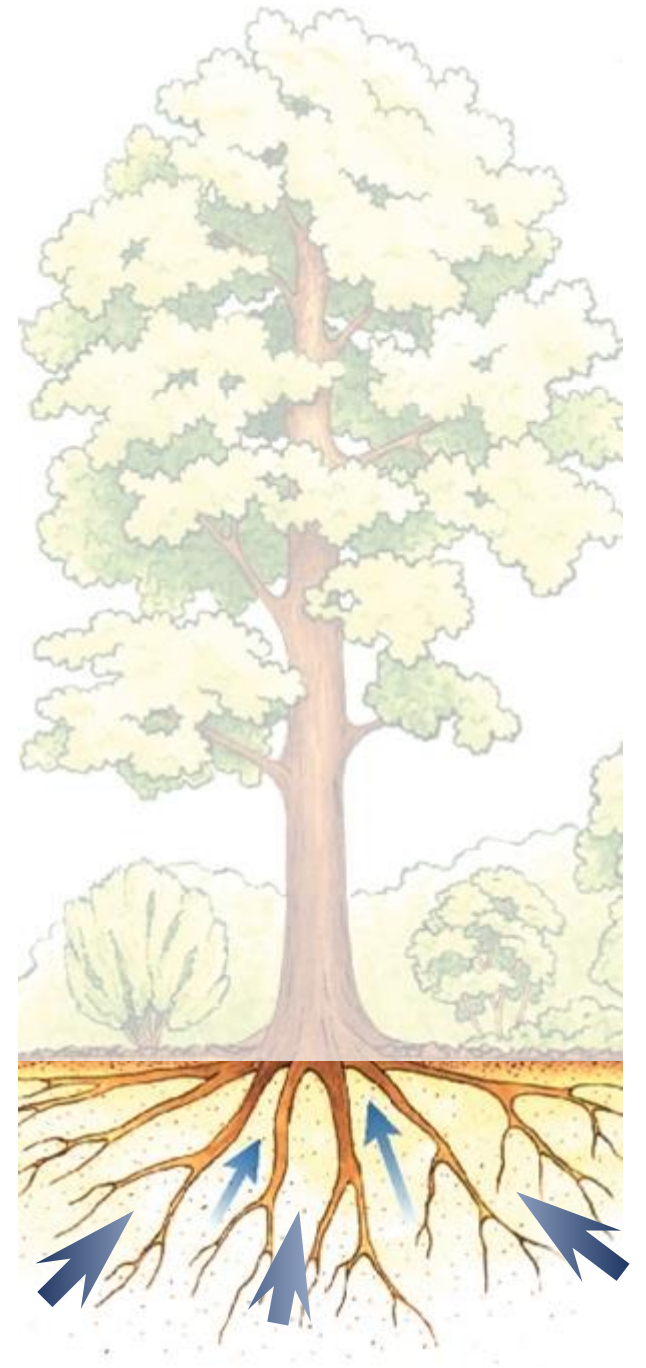
# Arboles: organismos largos, fijos, larga vida

- se enfrentan a la variación climática a largo plazo
- **Roots** plunging deep into the soil and sucking **water**
- **Crowns** standing high toward the sky with leaves rejecting **water** vapor in the atmosphere (transpiration)
- **Stem** (trunk) connecting the roots and the crown



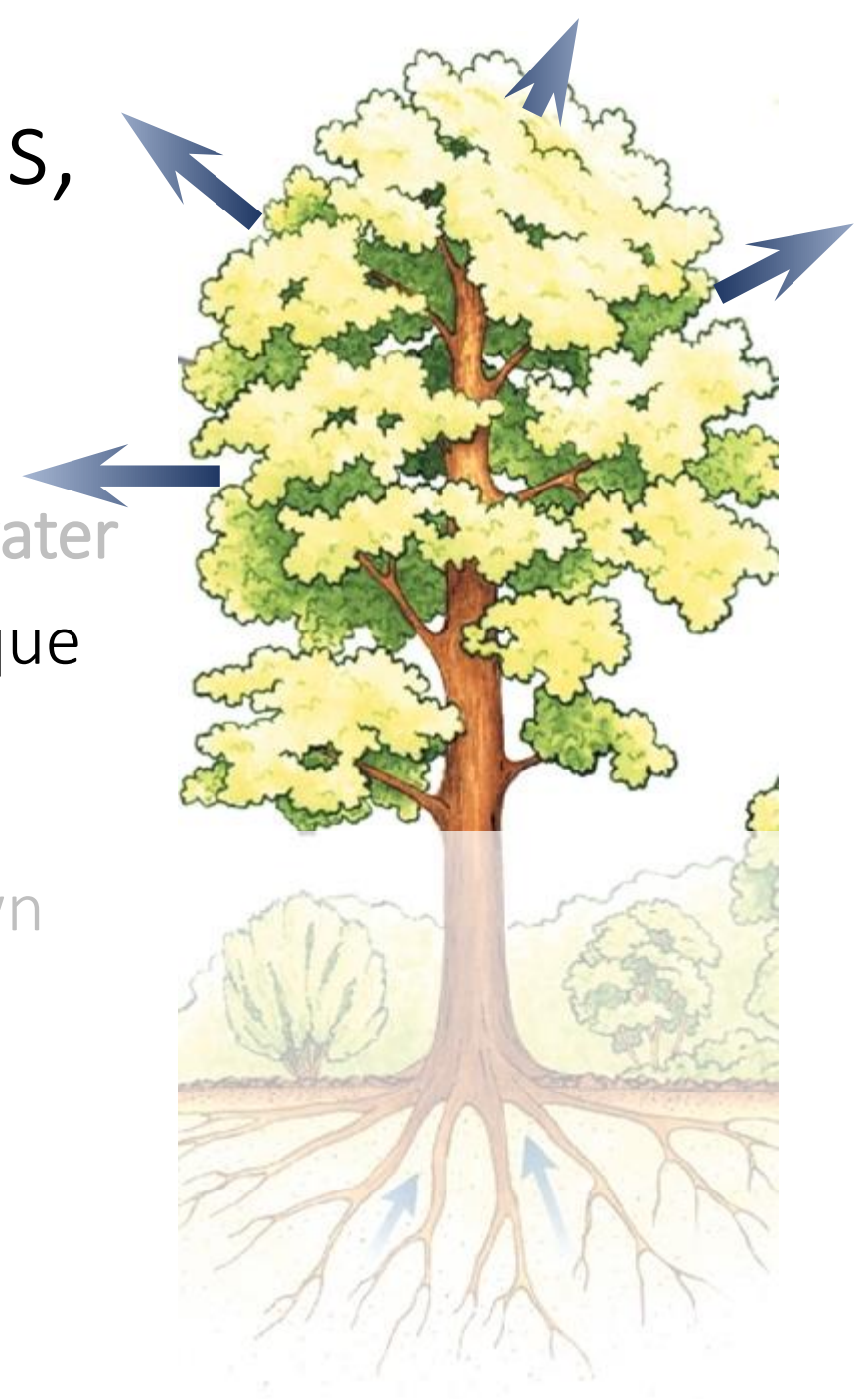
# Arboles: organismos largos, fijos, larga vida

- Face **long-term** climate variation
- Tienen raíces que se hunden en la tierra y chupan el agua
- **Crowns** standing high toward the sky with leaves rejecting **water** vapor in the atmosphere (transpiration)
- **Stem** (trunk) connecting the roots and the crown



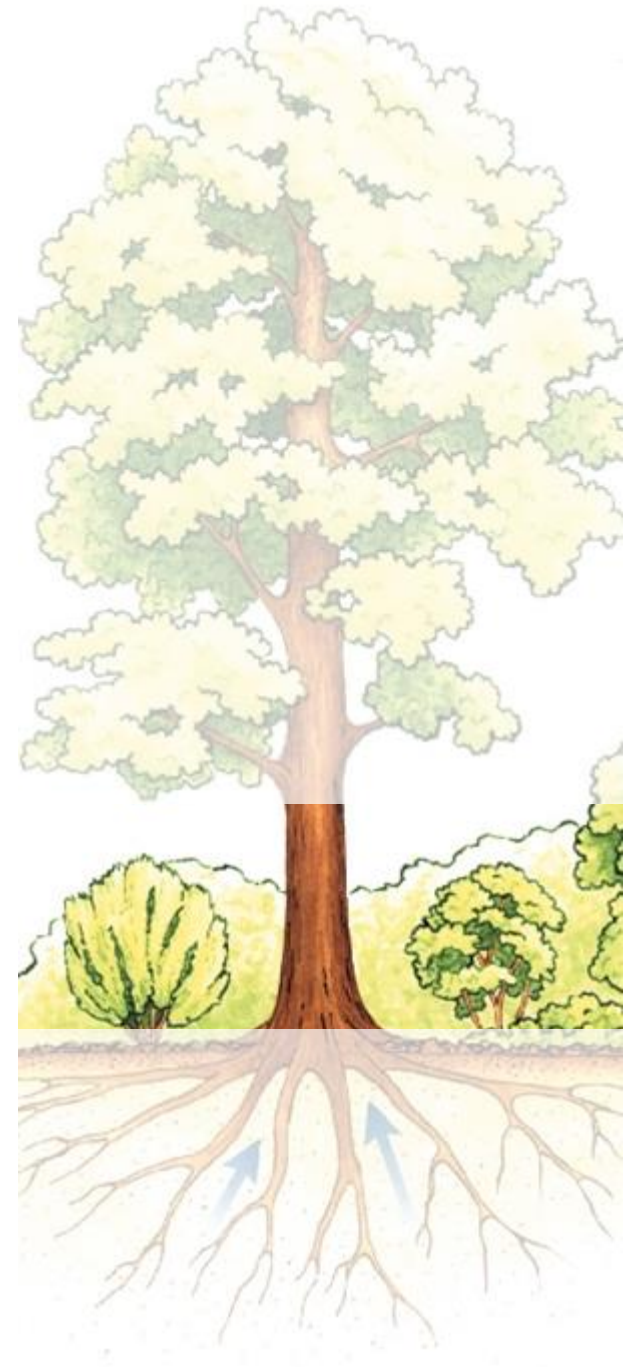
# Arboles: organismos largos, fijos, larga vida

- Face **long-term** climate variation
- **Roots** plunging deep into the soil and sucking **water**
- tienen la copa erguida hacia el cielo con hojas que rechazan el vapor de agua en la atmósfera (transpiración)
- **Stem** (trunk) connecting the roots and the crown



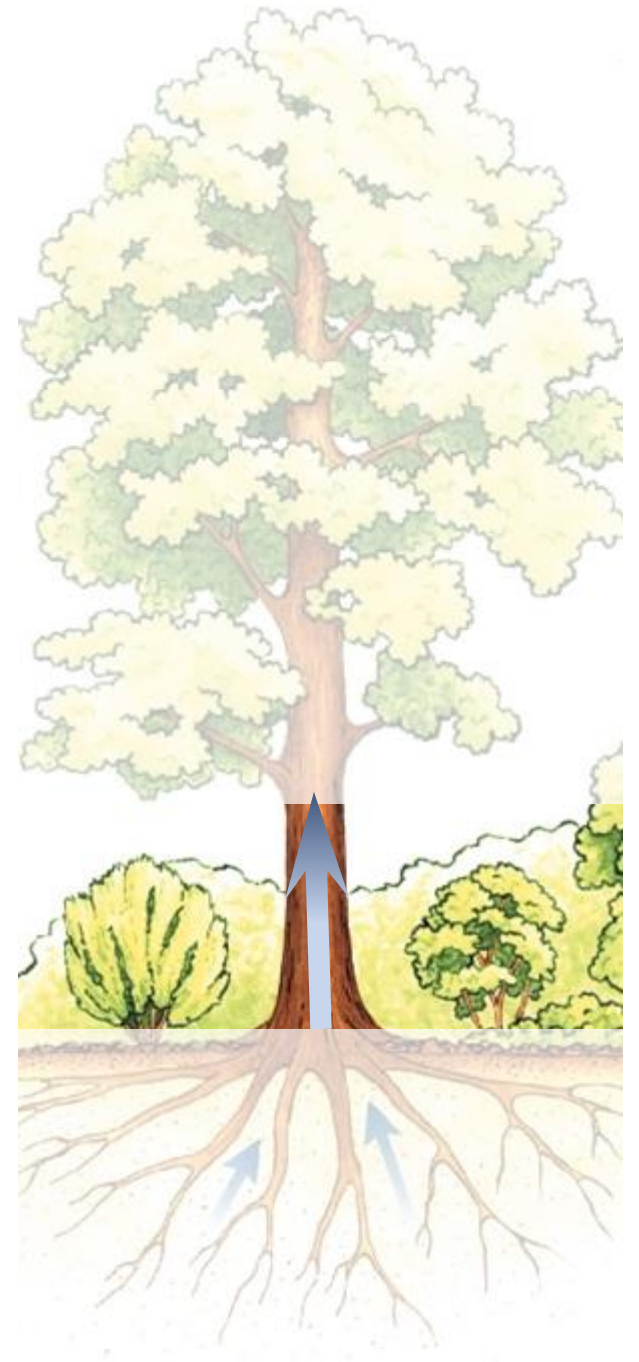
# Arboles: organismos largos, fijos, larga vida

- Face **long-term** climate variation
- **Roots** plunging deep into the soil and sucking **water**
- **Crowns** standing high toward the sky with leaves rejecting **water** vapor in the atmosphere (transpiration)
- el tallo (tronco) conecta las raíces y la copa



# Tronco = madera

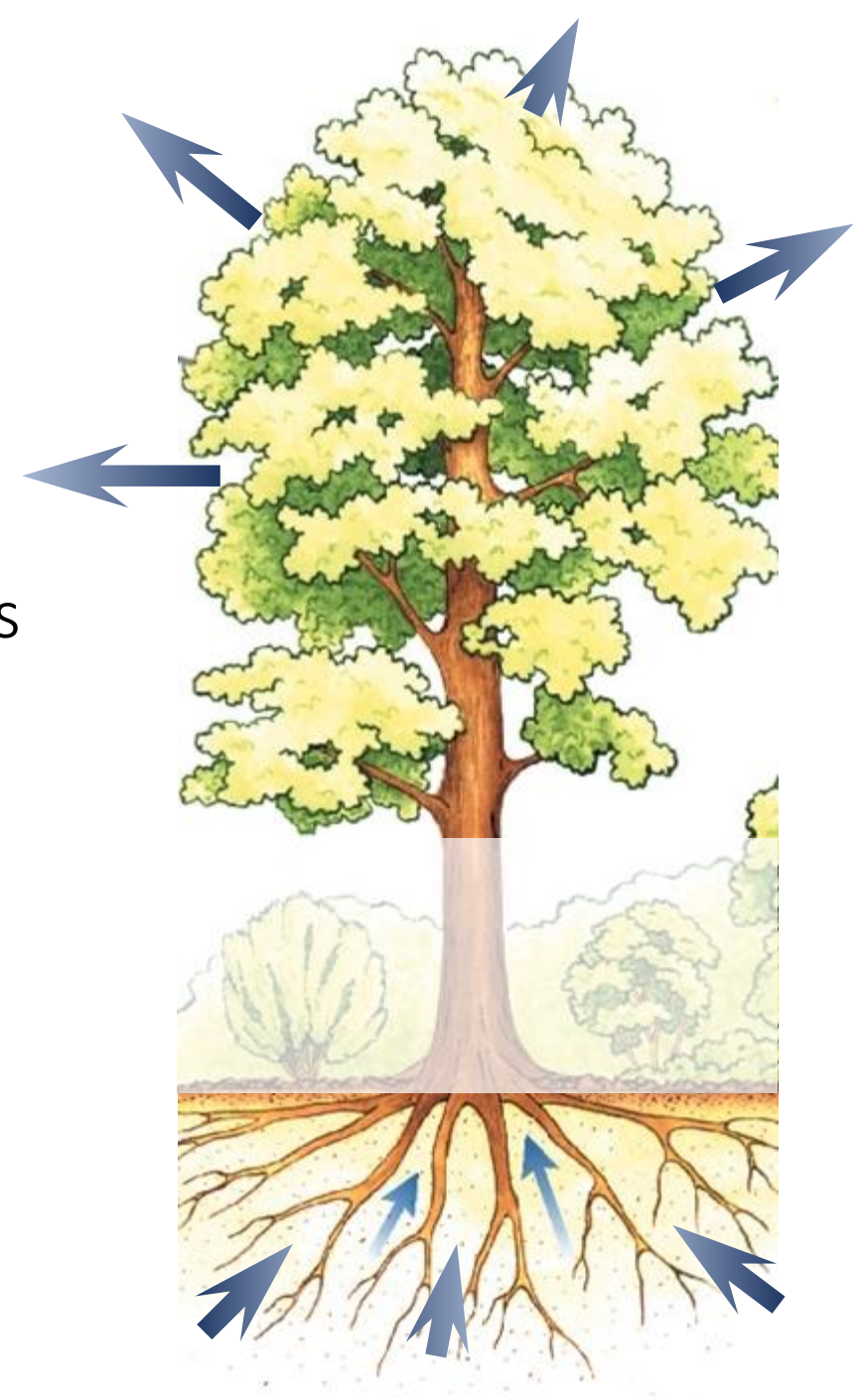
- La madera conduce el agua (savia) del suelo a las hojas
- The global efficiency of water conduction is a trade-off
  - Balance between water **availability** (soil) and water **demand** (air)
  - Characteristics of the **wood ducts**





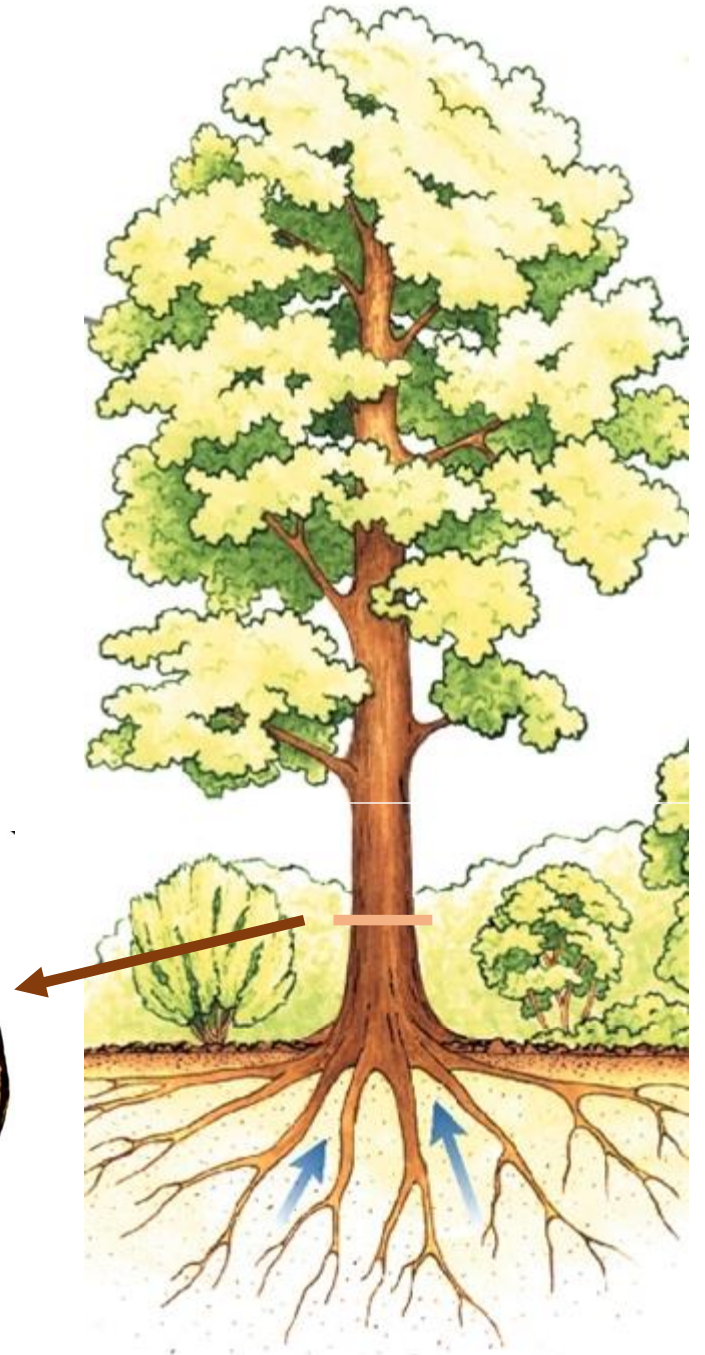
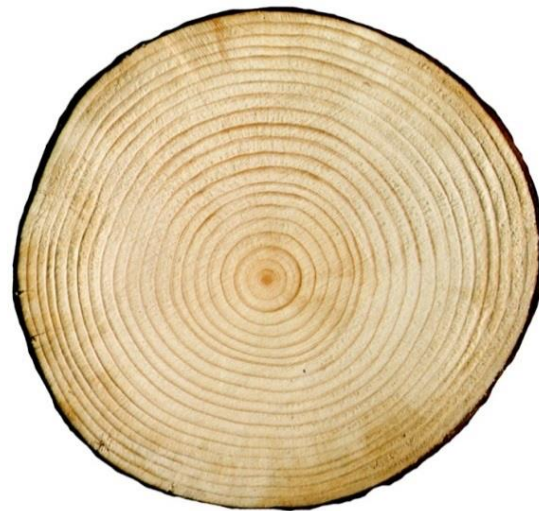
# Tronco = madera

- The wood conduces **water** (sap) from the soil to the leaves
- La eficiencia global de la conducción del agua es un compromiso
  - Equilibrio entre la disponibilidad de agua (suelo) y la demanda de agua (aire)
  - Characteristics of the **wood ducts**



# Tronco = madera

- The wood conduces **water** (sap) from the soil to the leaves
- The global efficiency of water conduction is a trade-off
  - **Balance** between water **availability** (soil) and water **demand** (air)
  - Características de los conductos de madera en los anillos de crecimiento
- Los anillos de crecimiento se acumulan año tras año y conducen la savia



# La conducción de la savia se ve muy afectada por el cambio climático

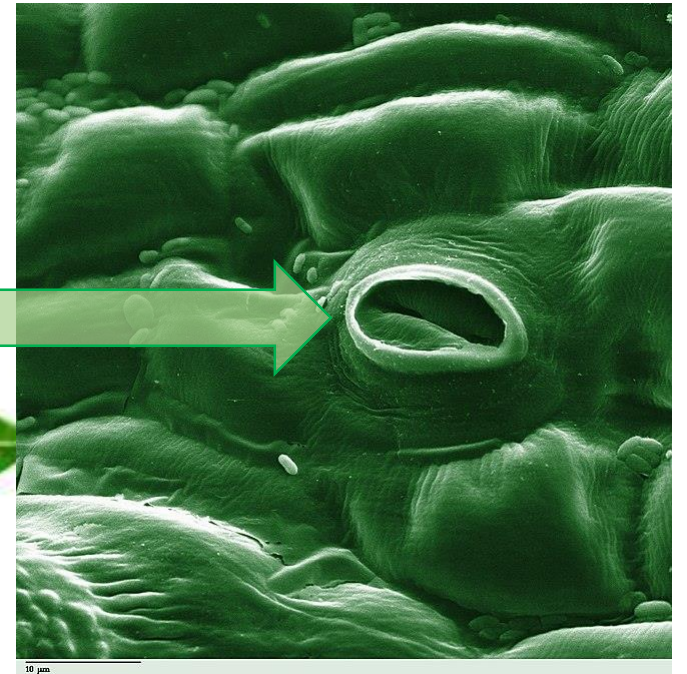
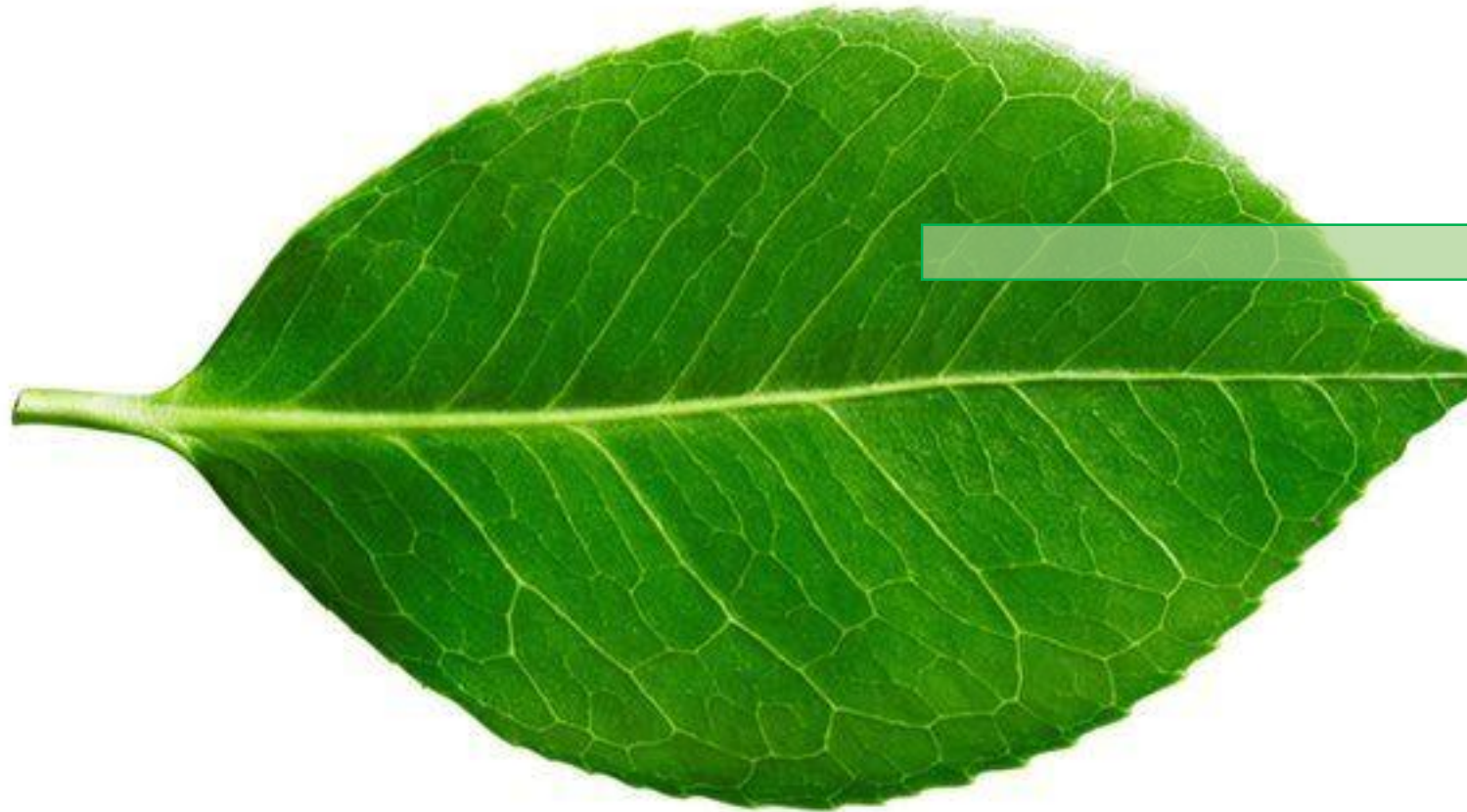
- El equilibrio entre la disponibilidad y la demanda de agua se ve afectado por el **calentamiento global**
  - **Mayor temperatura** -> disminución de la disponibilidad de agua en el suelo y aumento de la demanda de agua a nivel de la copa
  - periodos más frecuentes, largos e intensos de **desequilibrios hidráulicos**
- Two main types of lethal consequences for the trees
  - *Carbon starvation (trees starve to death)*
  - *Hydraulic failure (trees die of thirst)*

# La conducción de la savia se ve afectada por el cambio climático

- The balance between water availability and water demand is affected by **global warming**
  - Higher temperature
  - **decrease** of water availability in the soil and **increase** of water demand at the crown level
  - more frequent, longer and more intense periods of **hydraulic unbalances**
- Dos tipos principales de consecuencias letales para los árboles
  - Falta de carbono (los árboles mueren de hambre)
  - Fallo hidráulico (los árboles mueren de sed)

# Un hoja

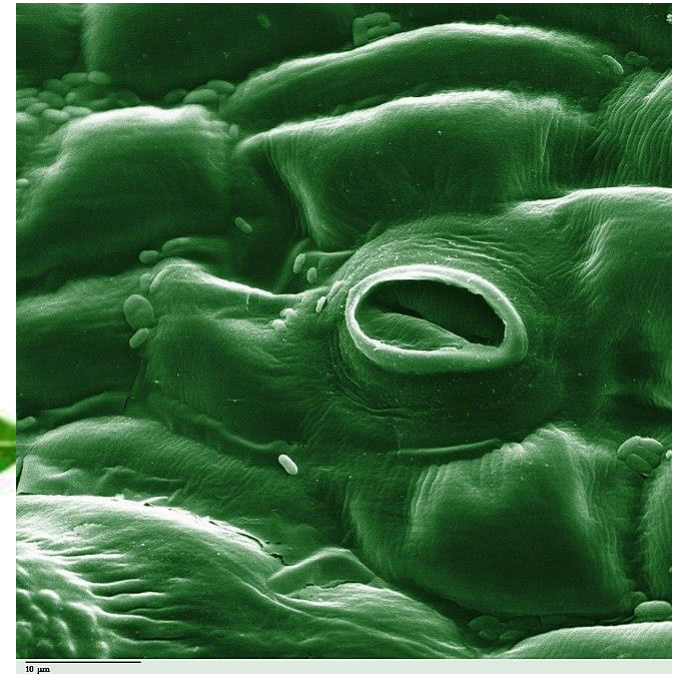
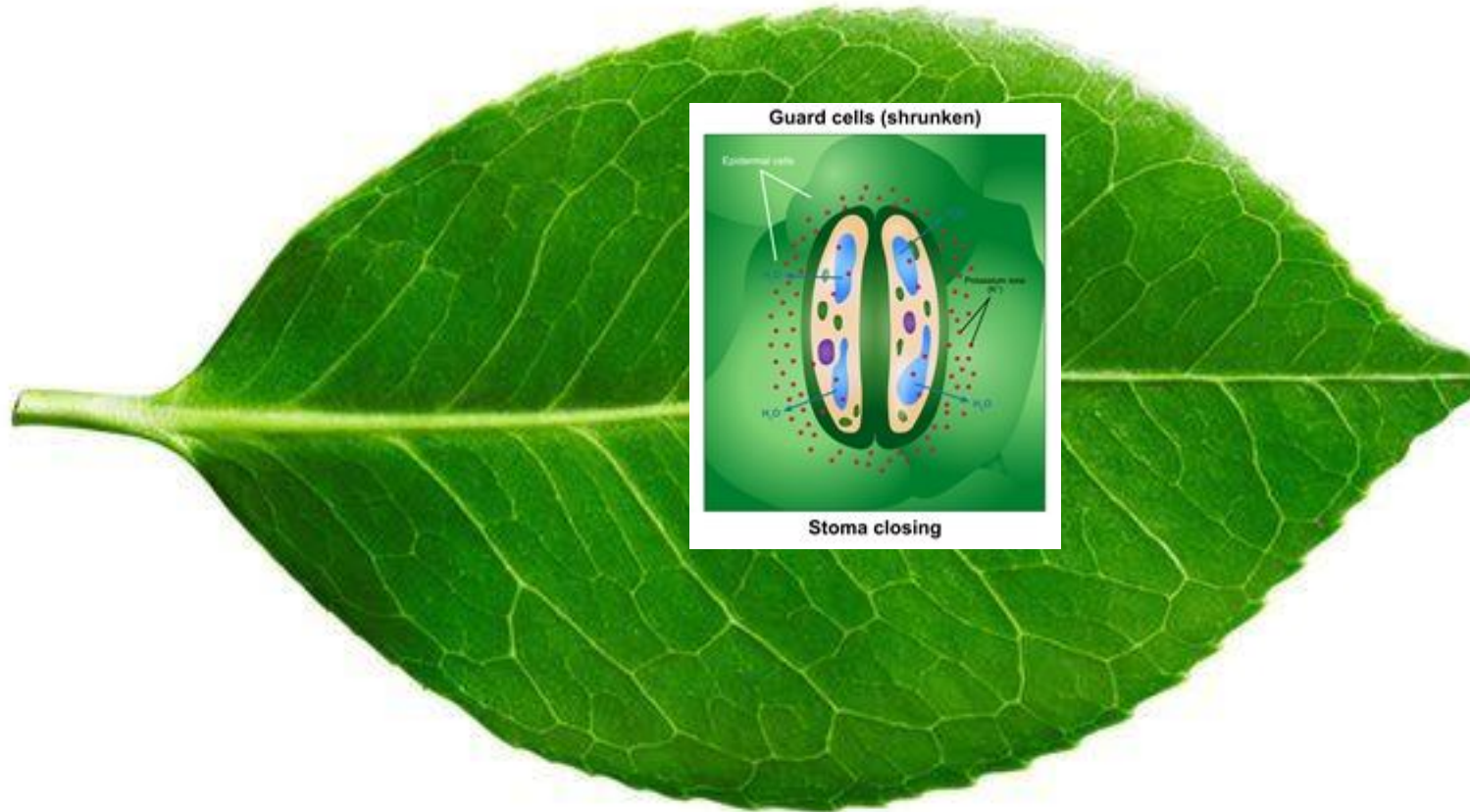
## Estomas



# Un hoja

## Estomas

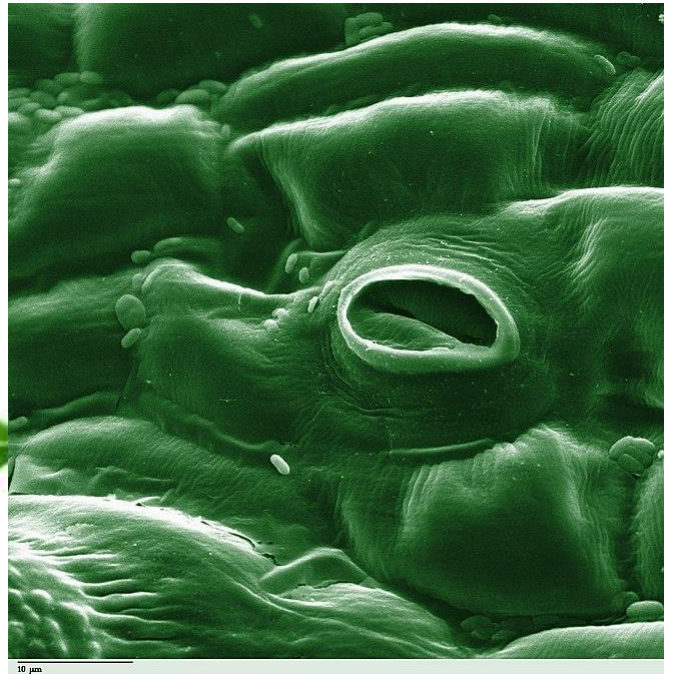
Falta de carbono: los estomas se cierran rápidamente, la transpiración y la fotosíntesis se detienen



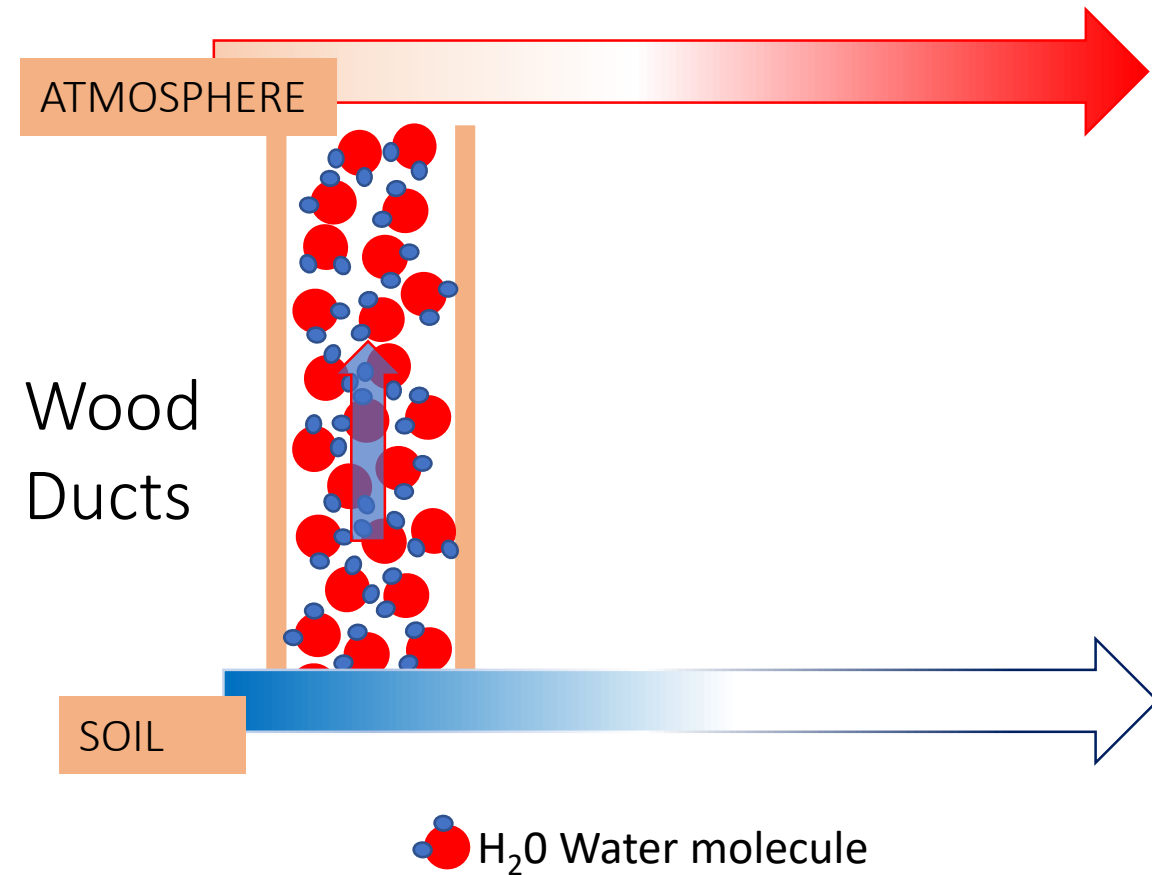
# Un hoja

Estomas

Fallo hidráulico: los estomas permanecen (al menos parcialmente) abiertos

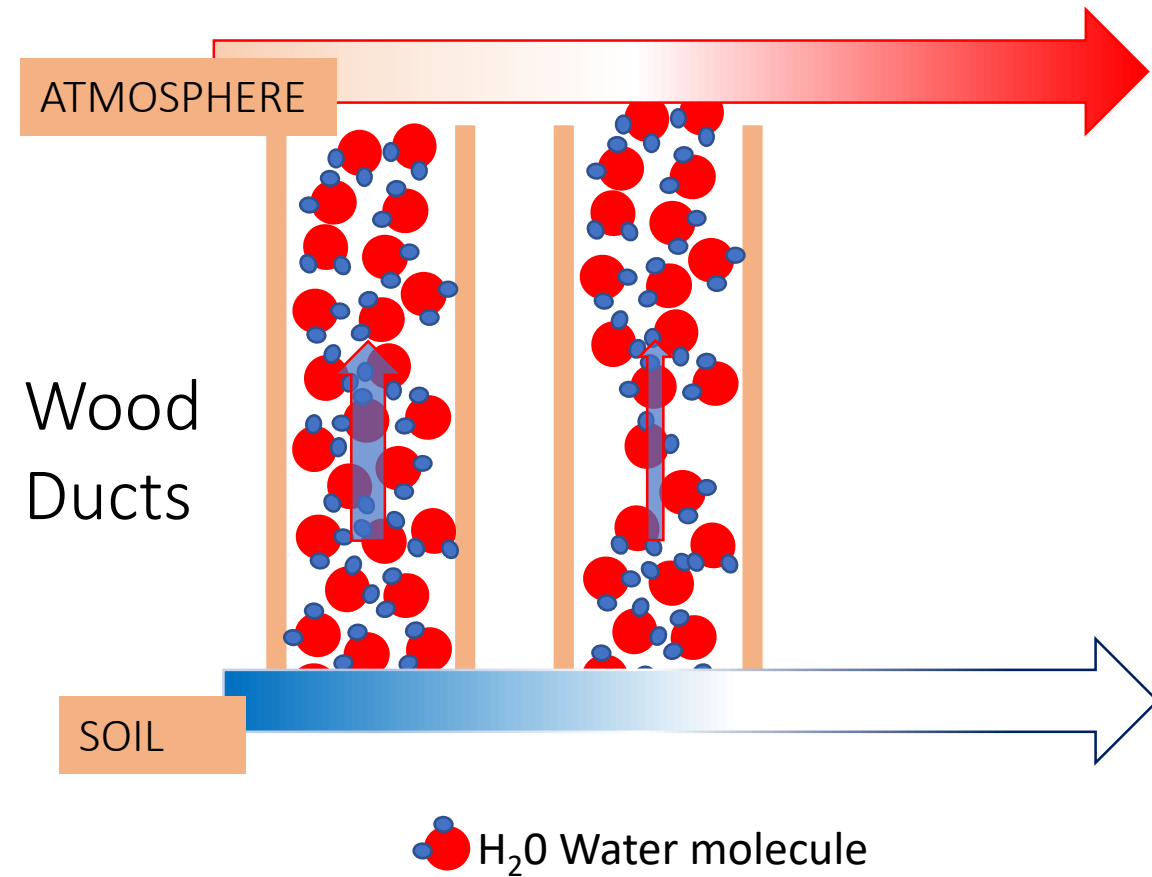


# Fallo hidráulico: el ascenso de la savia y la cavitación

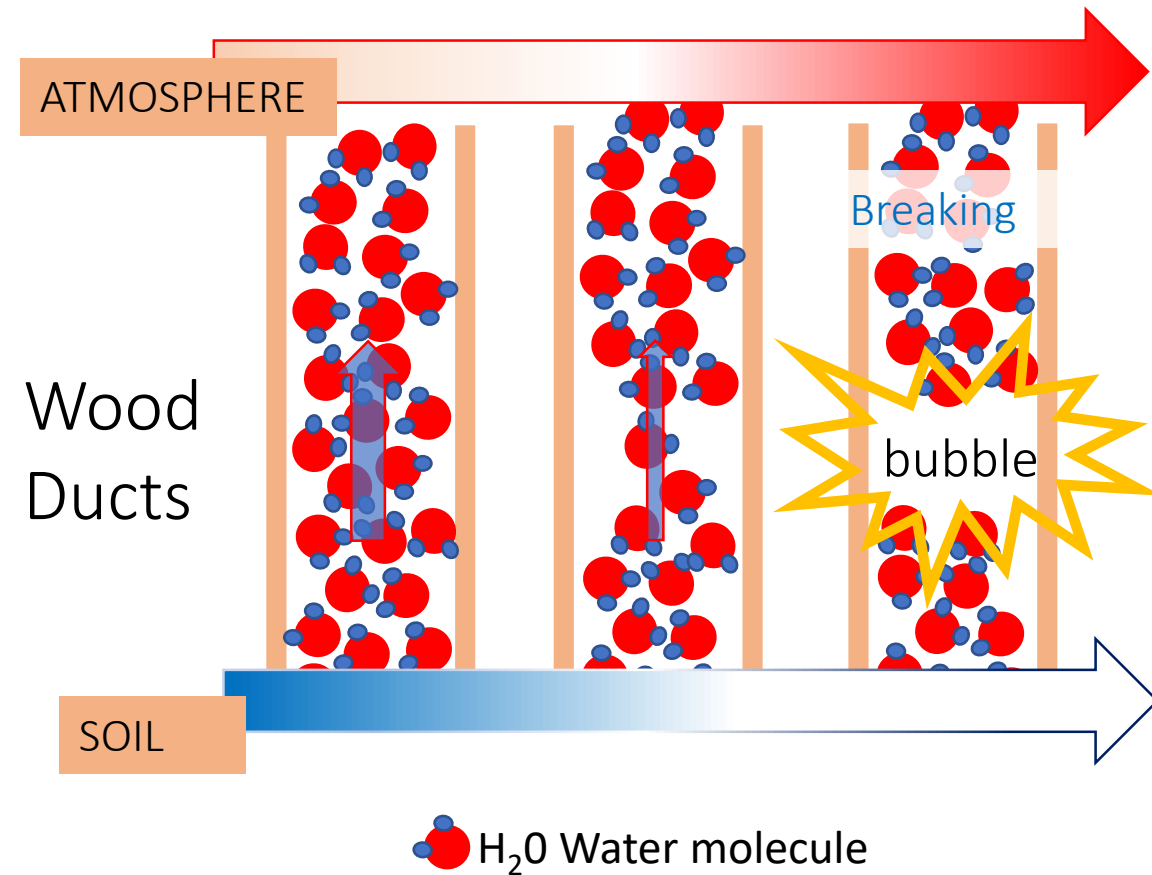




# Cavitación



# Cavitación



# La conducción de la savia es un proceso dinámico



- La ascensión de la savia es impulsada por fuerzas externas
- Only a **small part** of the stem efficiently conducts water
- The characteristics of the conducting cells change **during** and **between** the growing seasons

# La conducción de la savia es un proceso dinámico



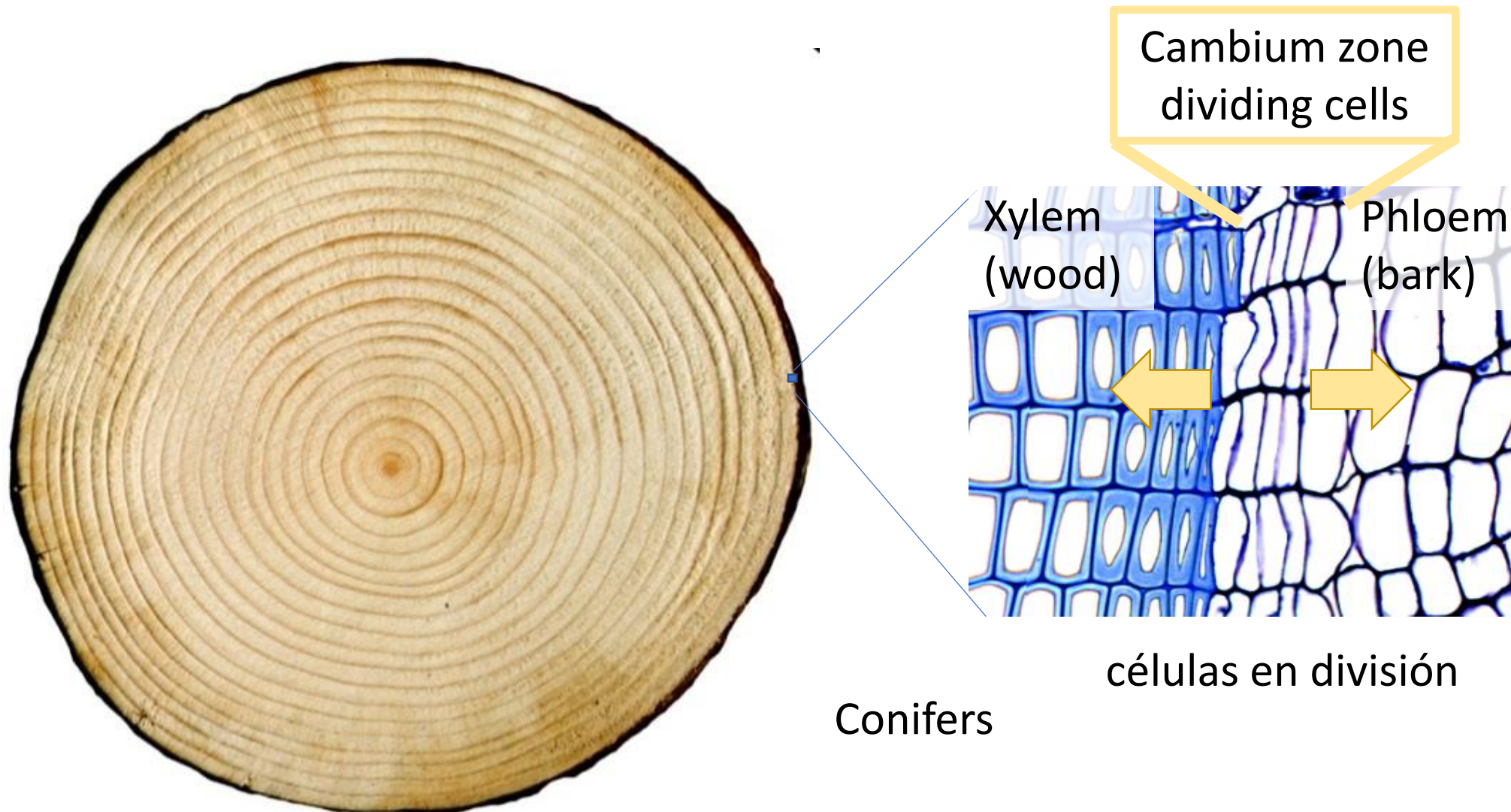
- Ascension of sap is driven by external forces (“tension-cohesion model”)
- Sólo una pequeña parte del tallo conduce eficazmente el agua
- The characteristics of the conducting cells change **during** and **between** the growing seasons

# La conducción de la savia es un proceso dinámico

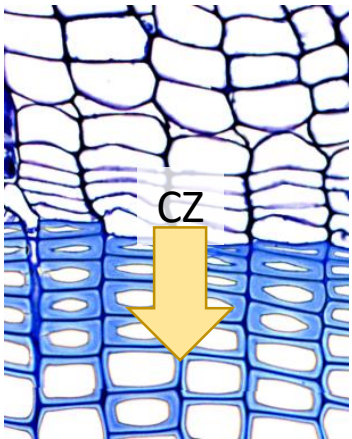


- Ascension of sap is driven by external forces (“tension-cohesion model”)
- Only a **small part** of the stem efficiently conducts water
- Las características de las células conductoras cambian dentro y entre los anillos

# Cambium dentro del anillo de crecimiento:

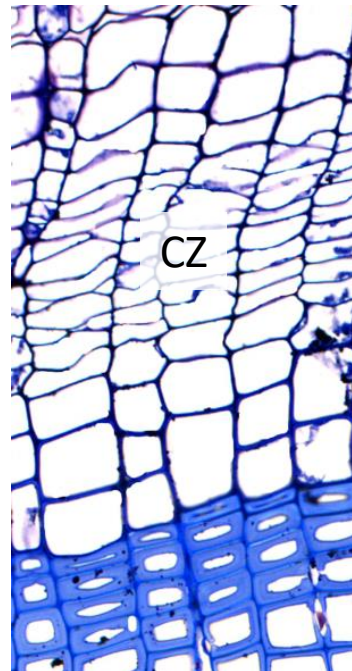
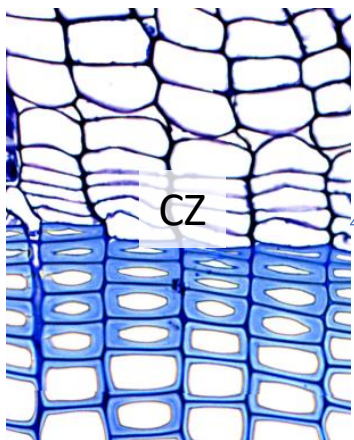


...la formación de anillos comienza en primavera cuando el clima es moderadamente cálido y húmedo



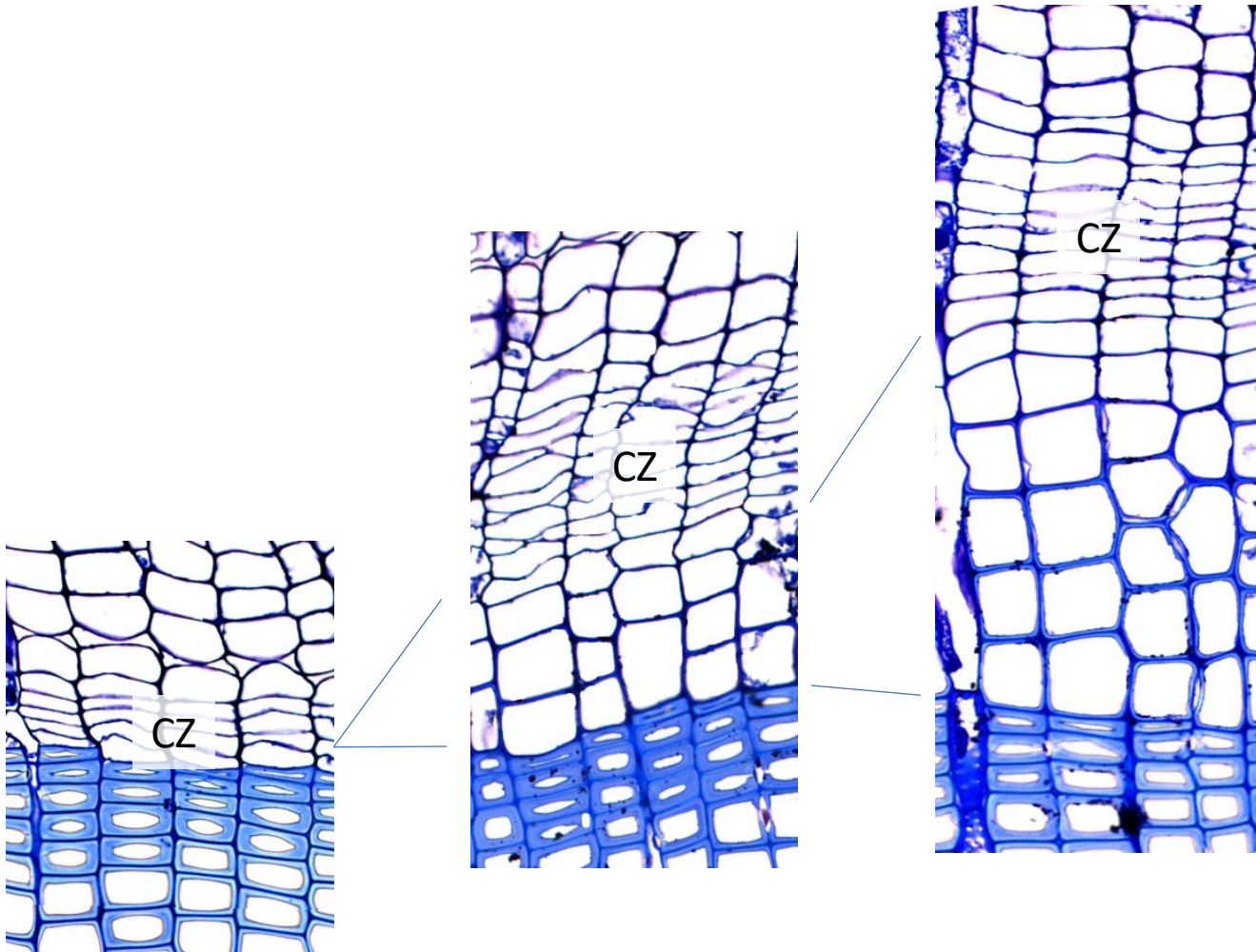
Xylem  
(wood)

...con la formación de nuevas traqueidas de lumen ancho/pared celular estrecha = **madera temprana**

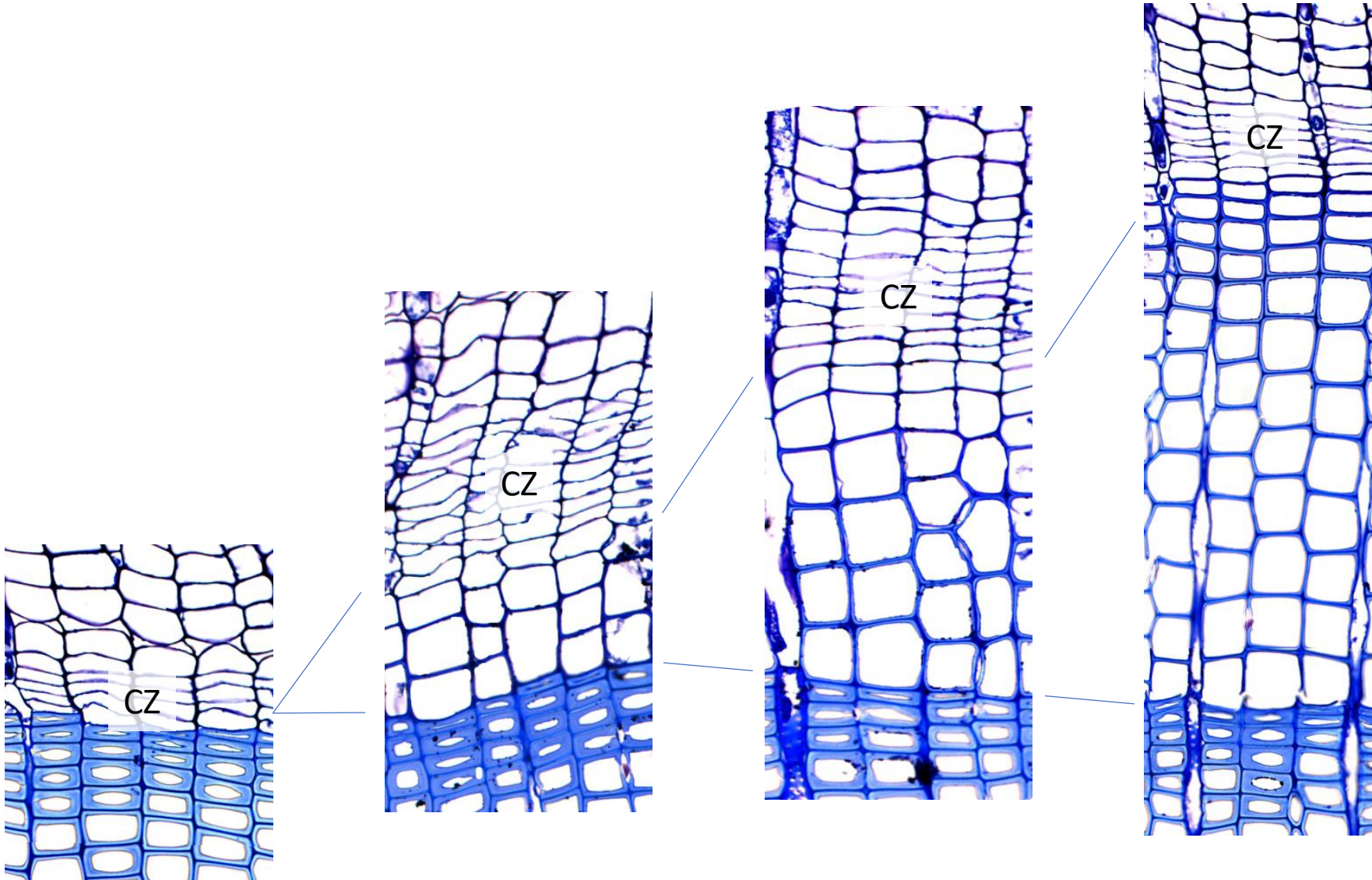




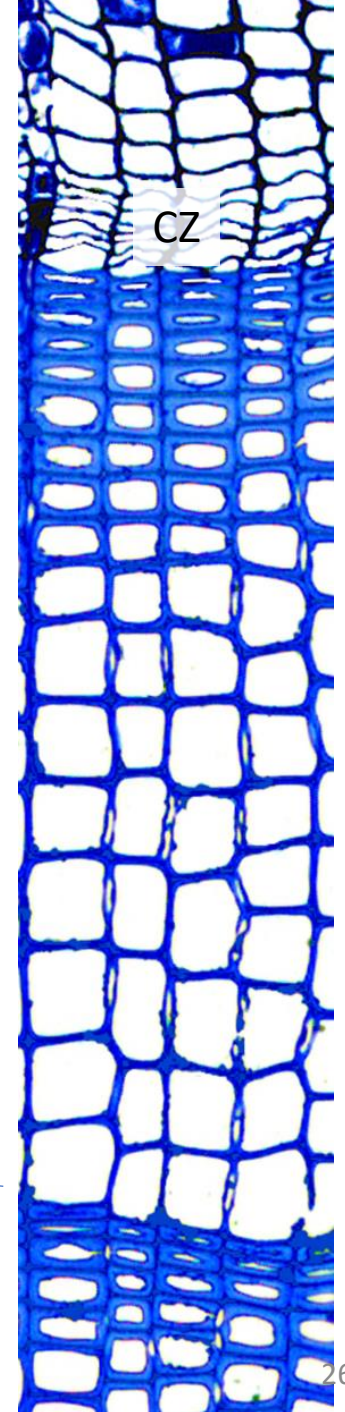
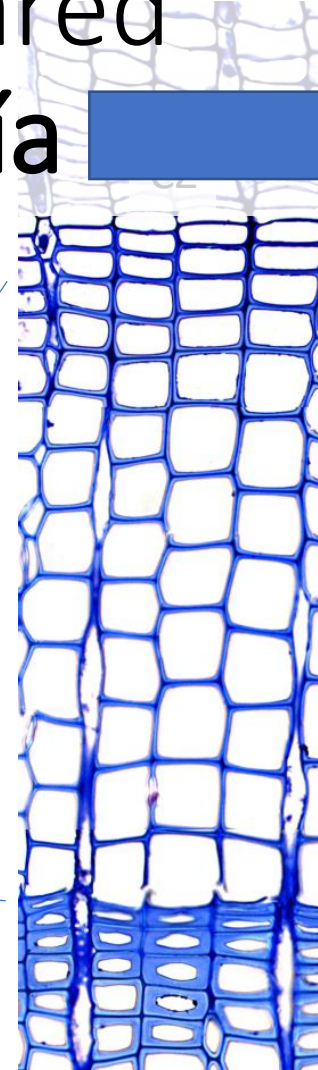
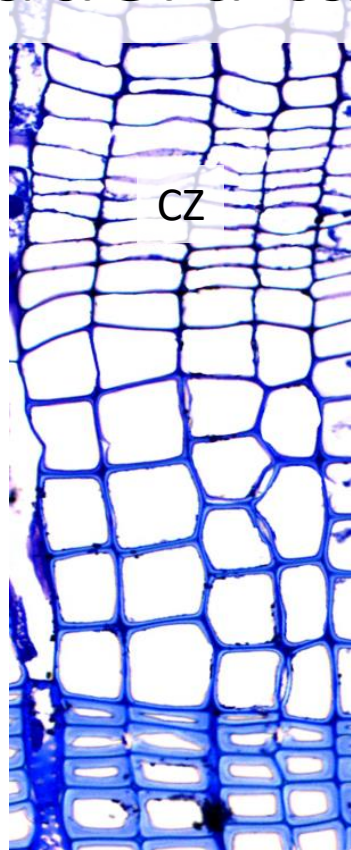
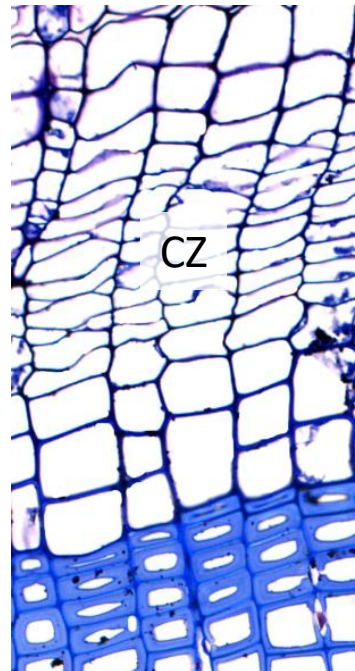
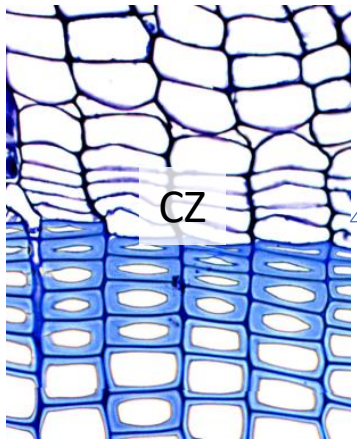
...durante la primavera



... hacia el verano caluroso y seco



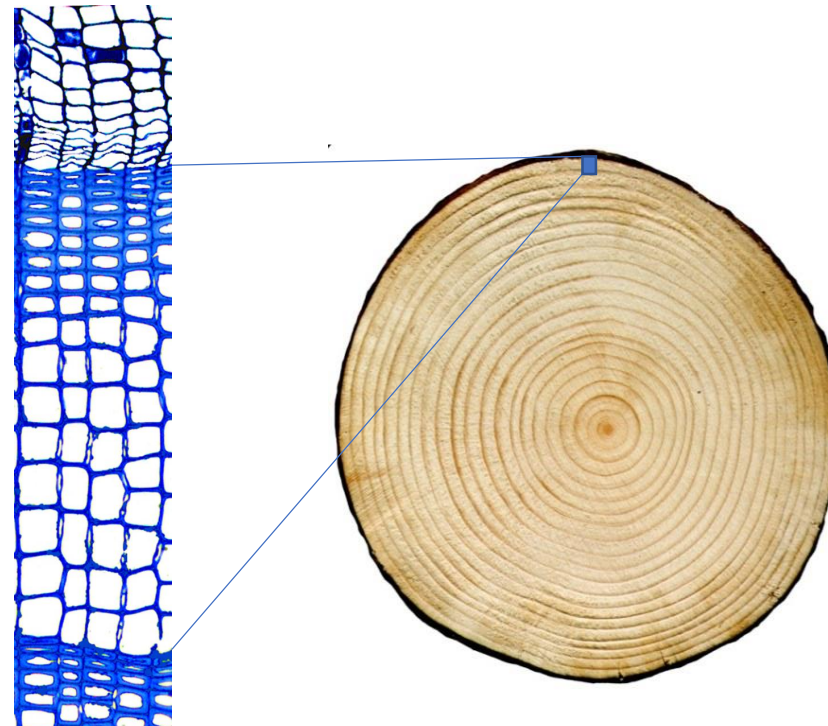
... cuando se vuelven más pequeñas con un lumen más estrecho y una pared celular más ancha= **madera tardía**



Images and inspiration by Cyrille Rathgeber et al.

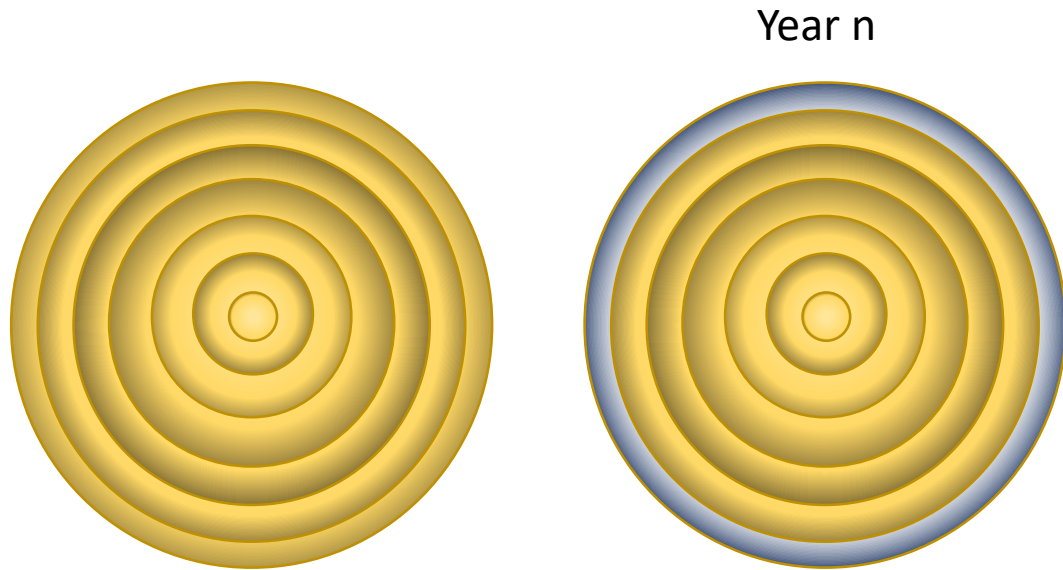
# Las células recién formadas son conductoras...

- ...con diferentes propiedades hidráulicas de la madera temprana a la tardía
  - Se supone que los conductos de la **madera tardía**, más pequeños y fuertes, son más **resistentes a la cavitación**
  - Adaptación a las **condiciones más cálidas y secas** de la segunda parte del periodo de crecimiento (verano)



# Entre años, entre anillos

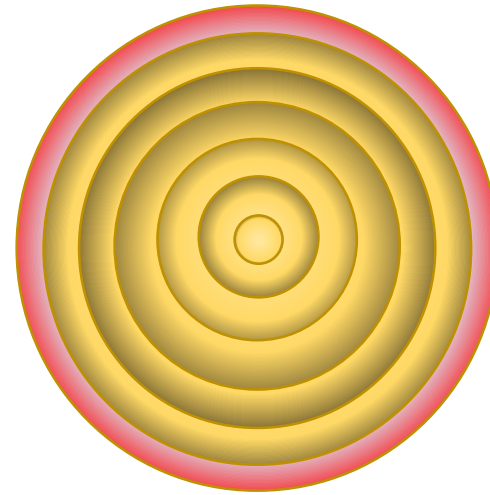
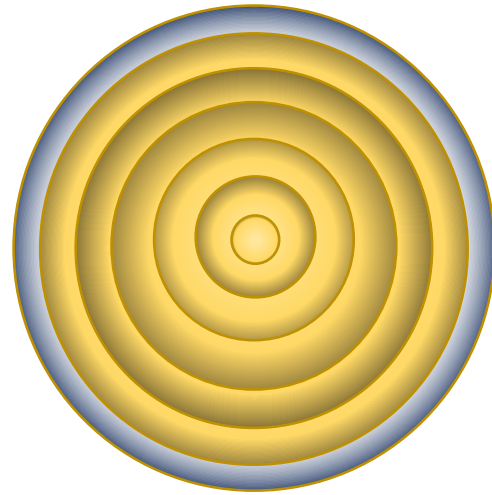
- Sólo el (los) anillo(s) más externo(s) **conduce(n) la savia**



# Entre años, entre anillos

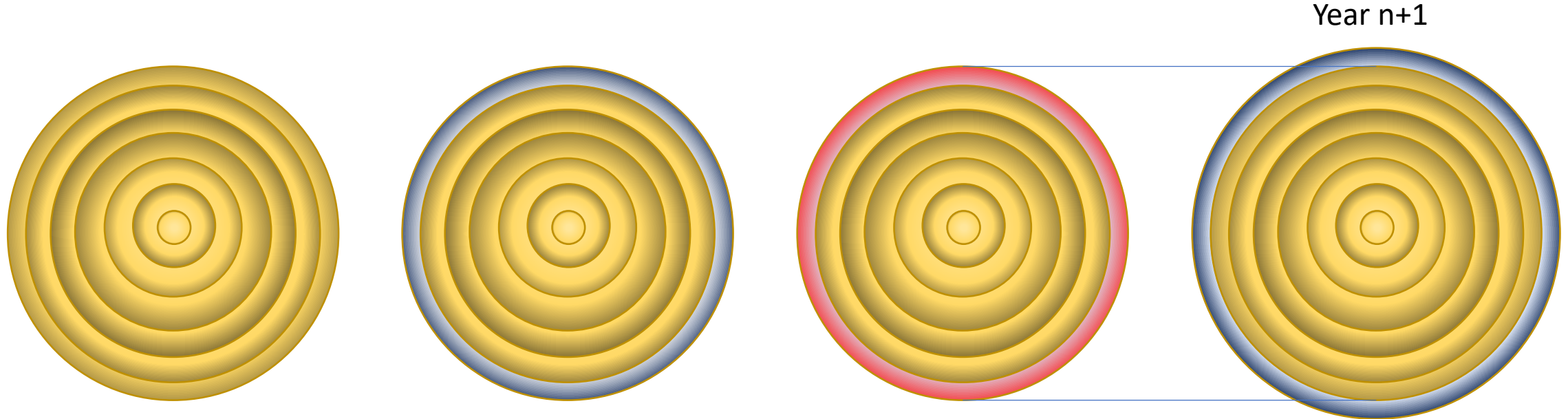
- ... en caso de sequía el anillo o anillos conductores pueden **cavitar**

Year n (later during the same year...)



# Entre años, entre anillos

- Si el árbol sobrevive, un nuevo anillo **conductor** toma el relevo durante el año siguiente



- ...¿con características celulares diferentes? ¿Más resistentes a la cavitación?

# ¿Cómo estudiar el cambio de la capacidad de conducción de los anillos con el clima?

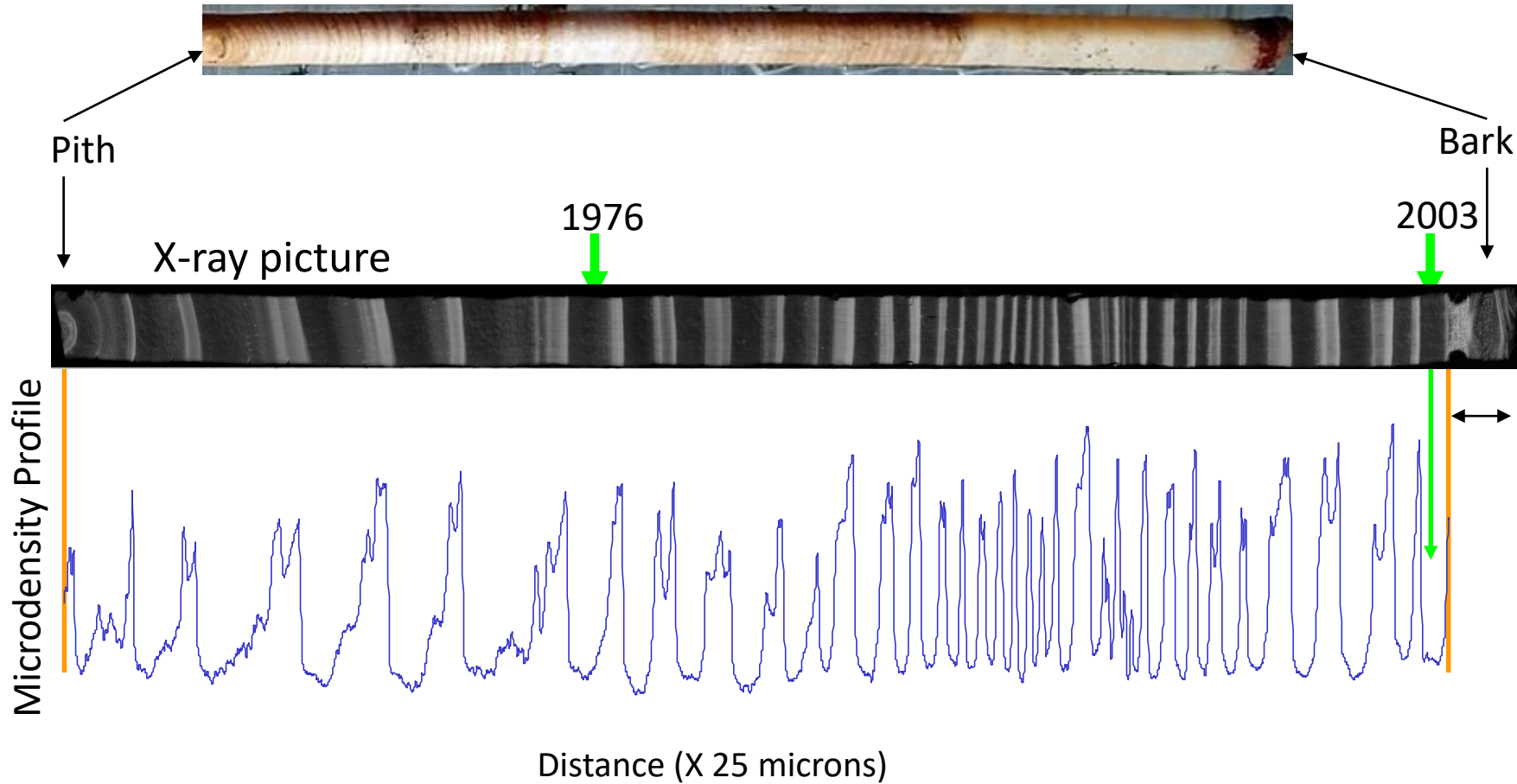


Increment cores

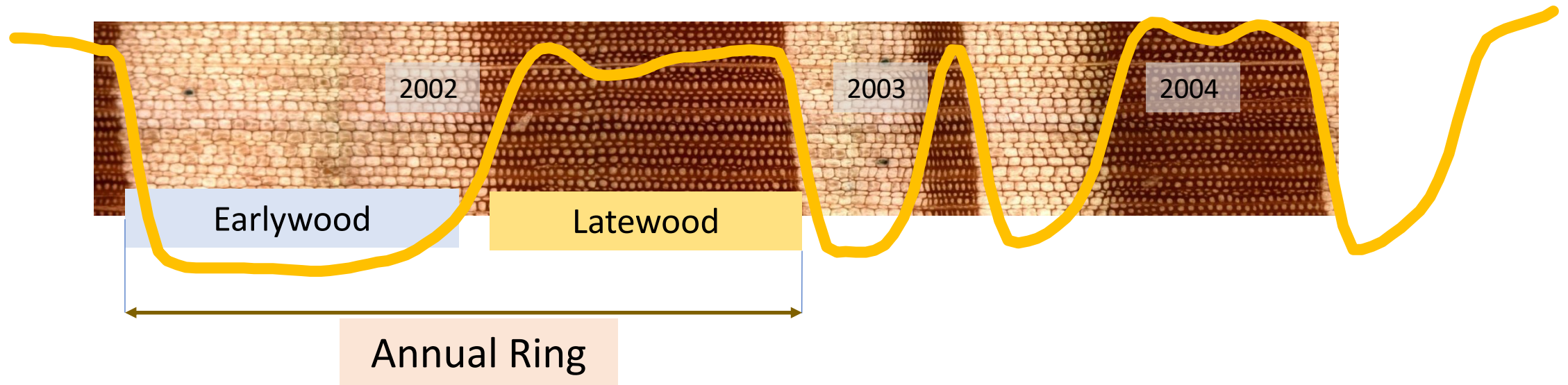




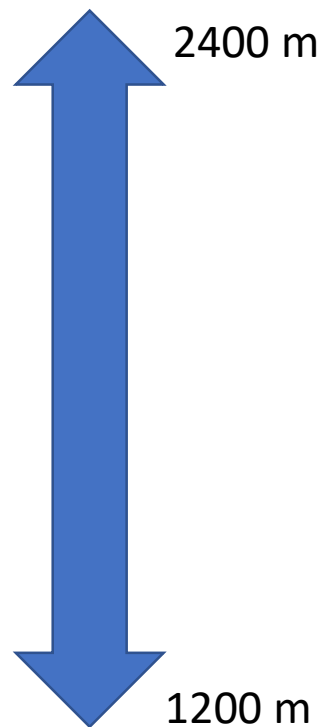
# Microdensity (microdensidad)



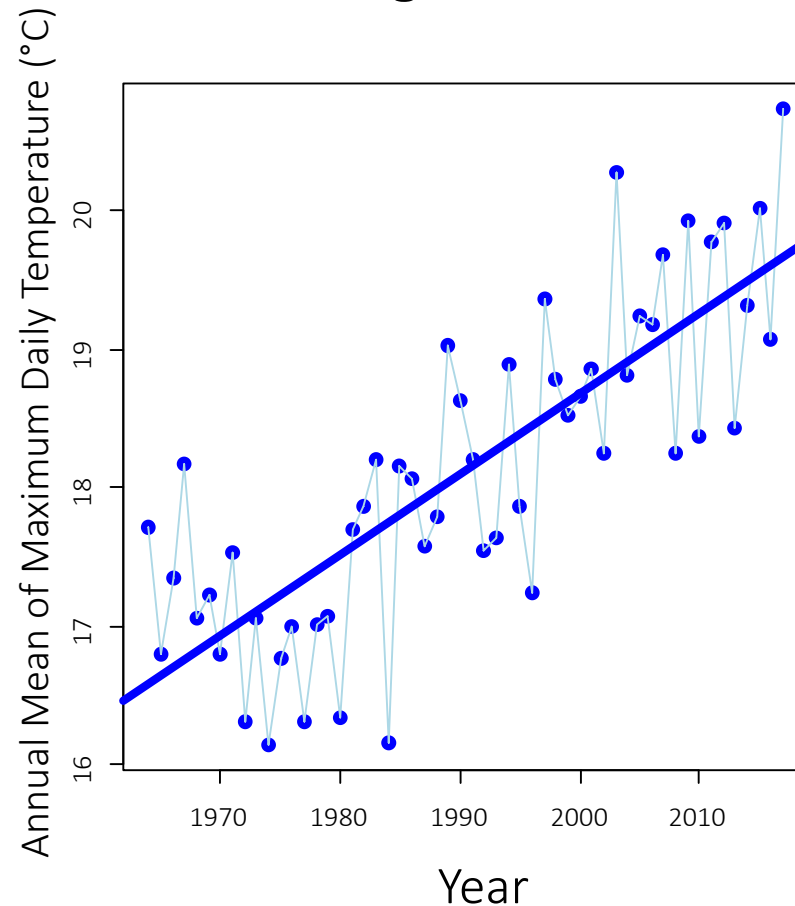
# Microdensidad y dimensiones de las células



# Alerce (*Larix decidua*, mélèze) en los Alpes



Global warming from 1966 to 2016

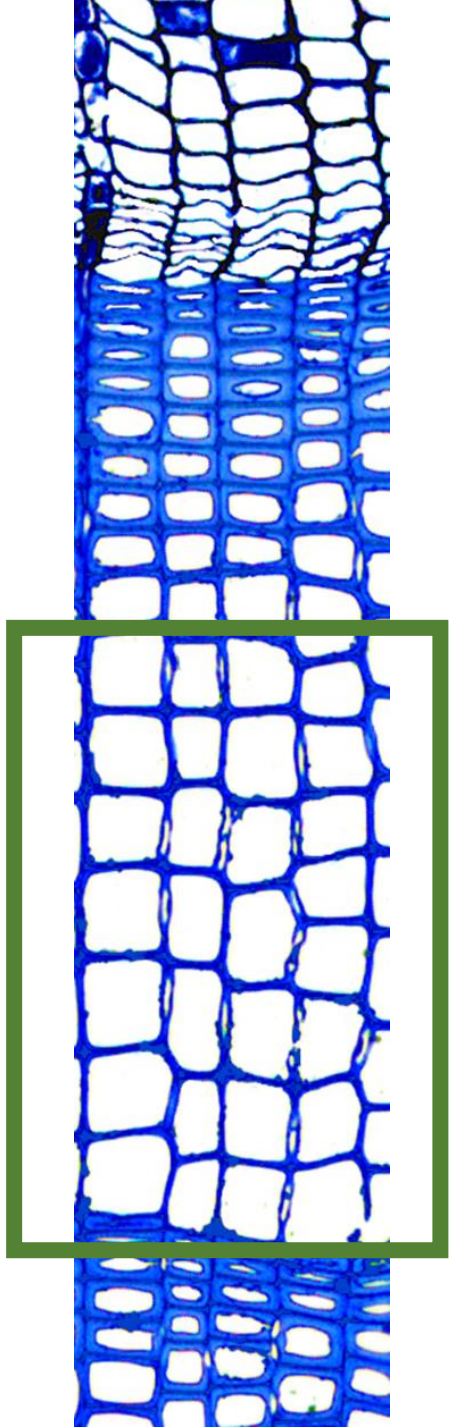


# Respuesta *media* del alerce al calentamiento a altitudes bajas y altas

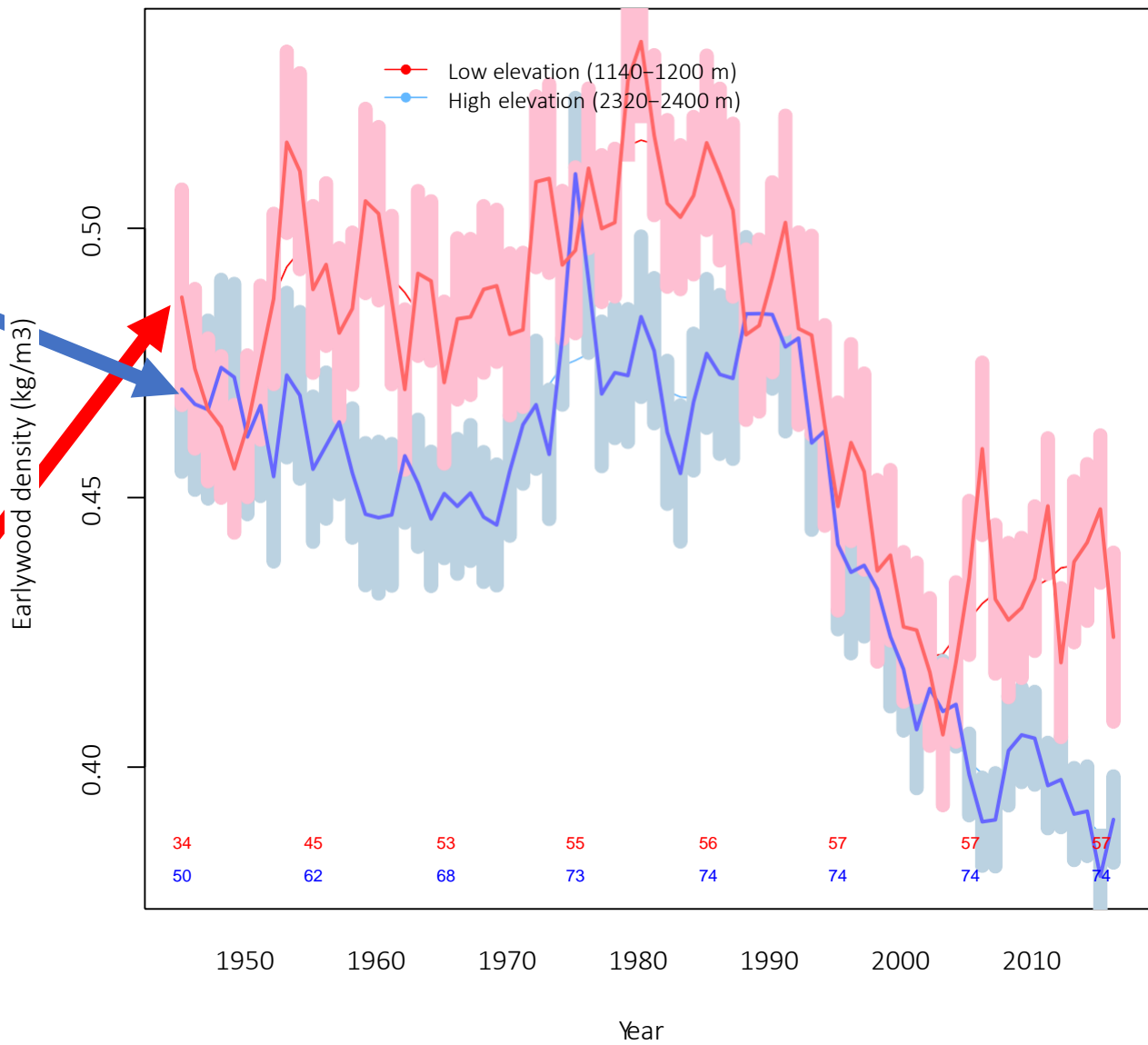


La microdensidad como indicador de las dimensiones de las células, las propiedades hidráulicas y la capacidad de conducción

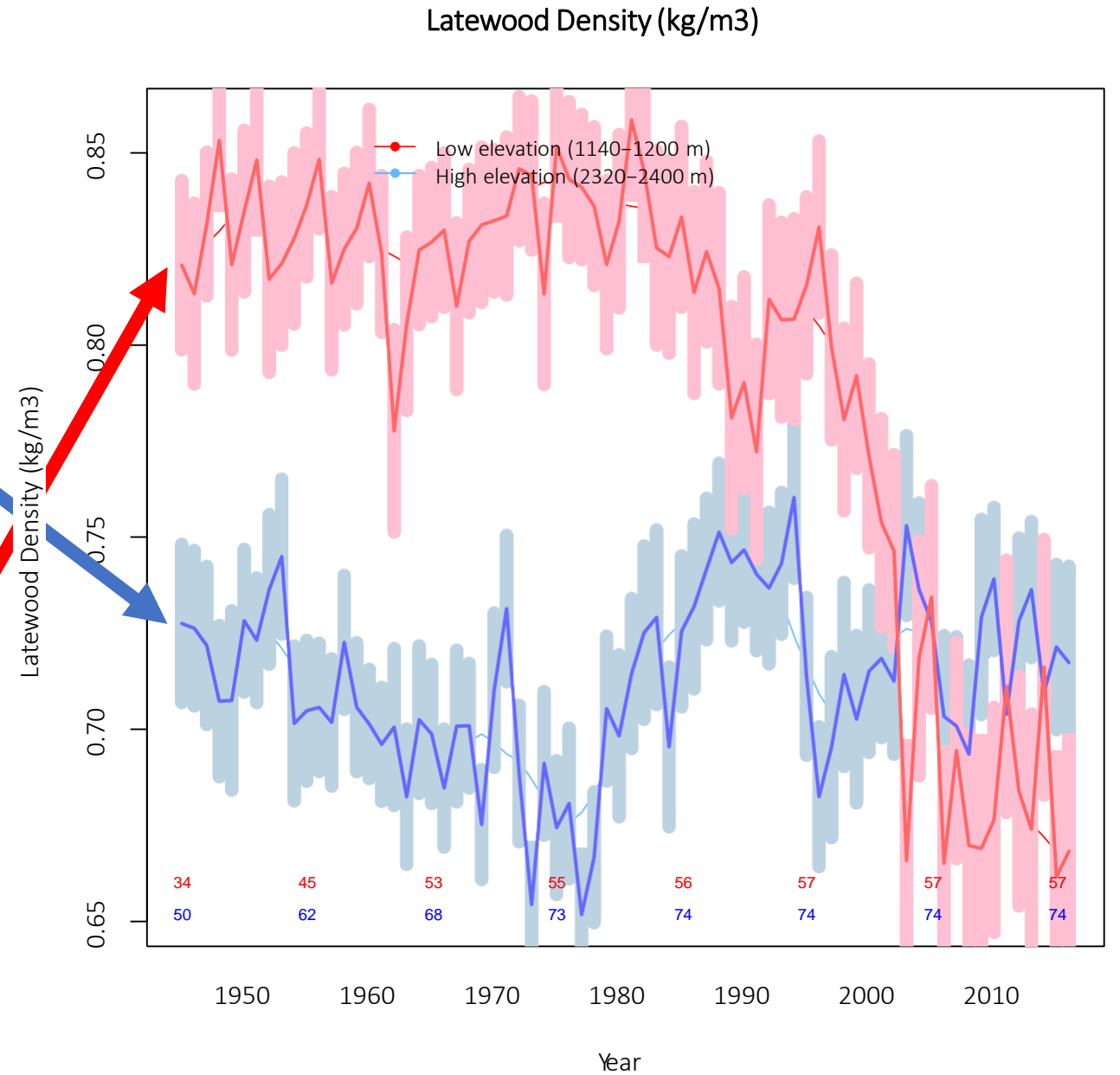
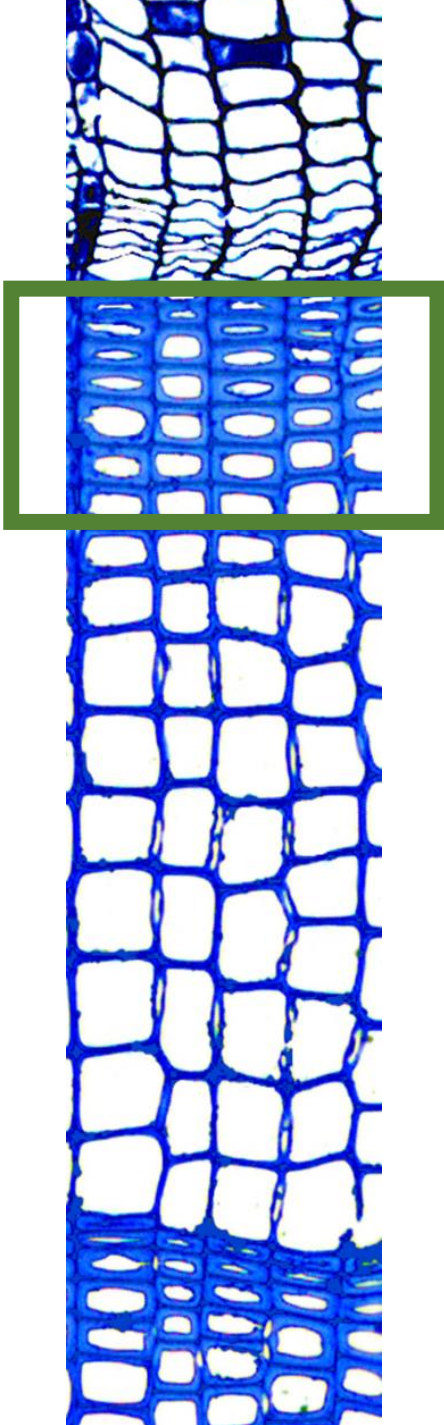
# Madera temprana



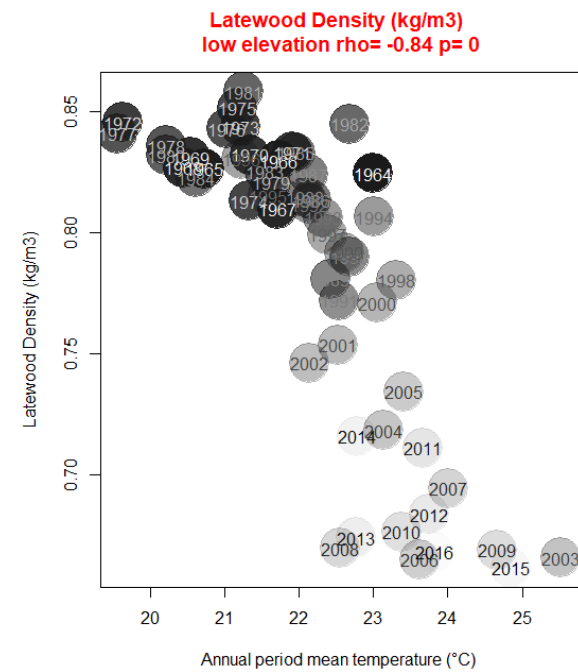
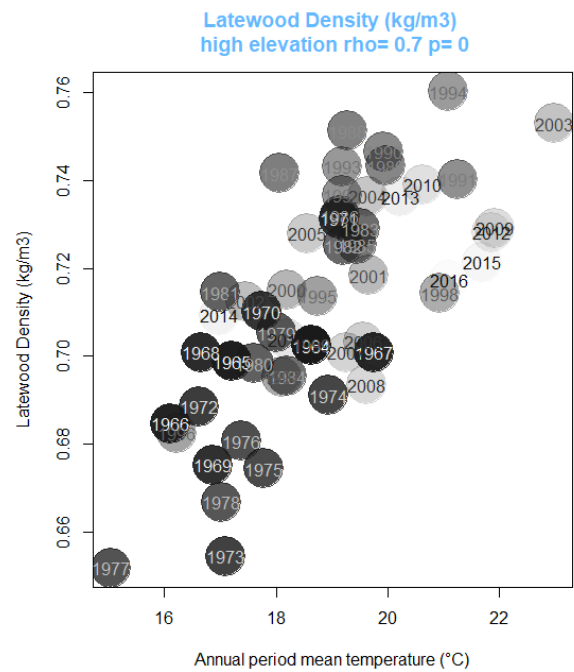
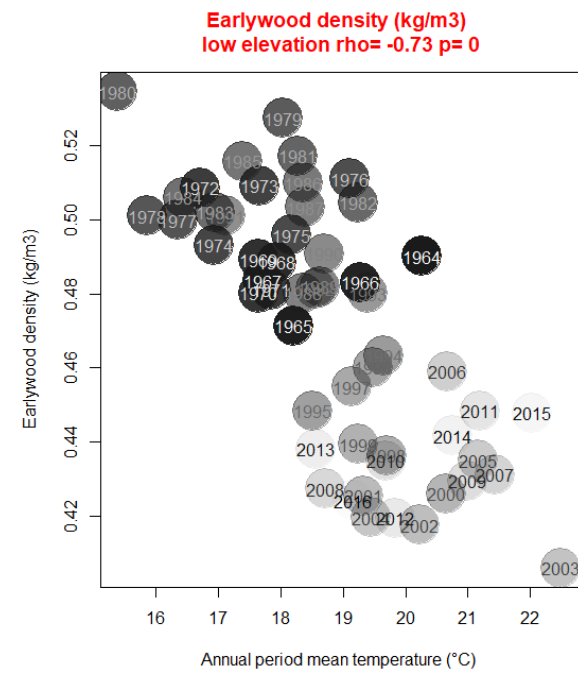
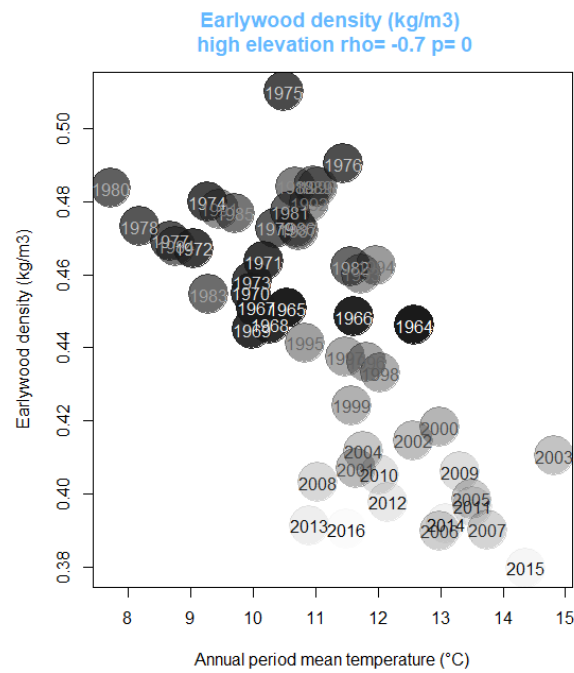
Earlywood density (kg/m<sup>3</sup>)



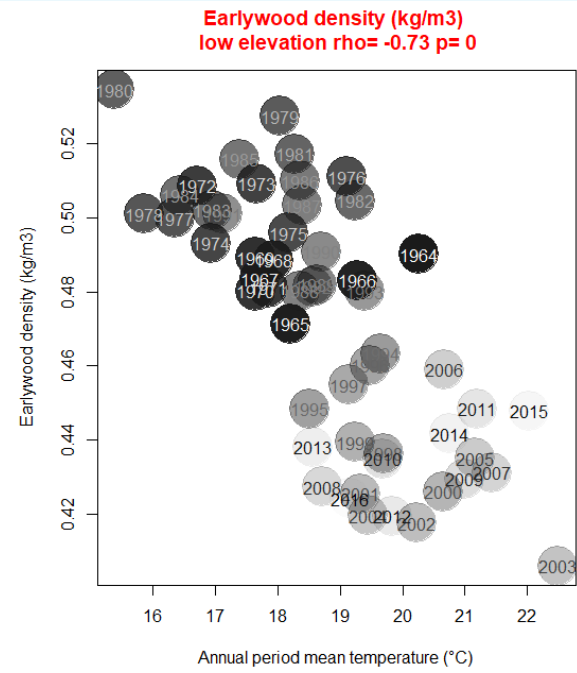
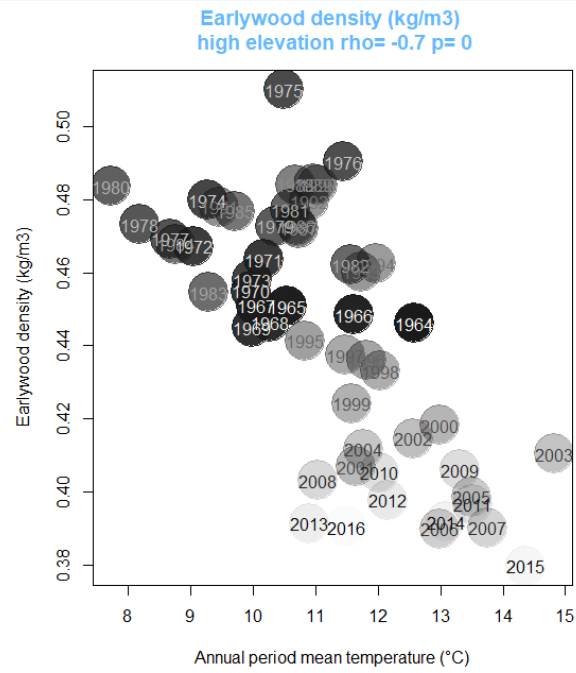
# Madera tardia



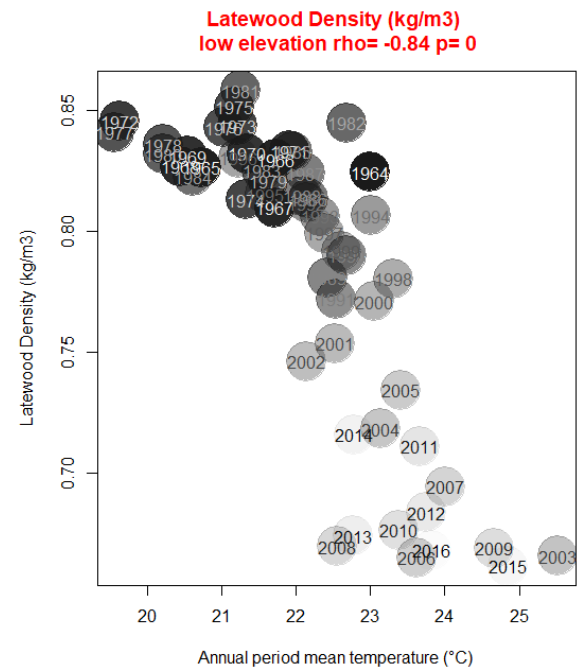
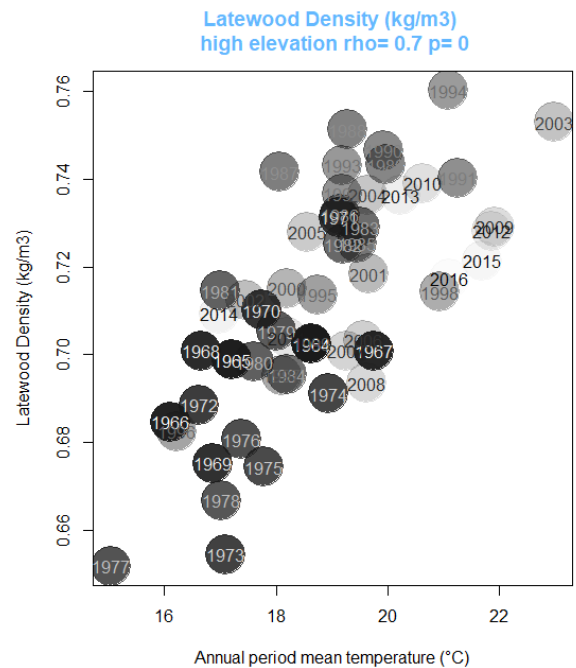
# Relaciones con la variación de la temperatura



# Relaciones con la variación de la temperatura



Madera temprana

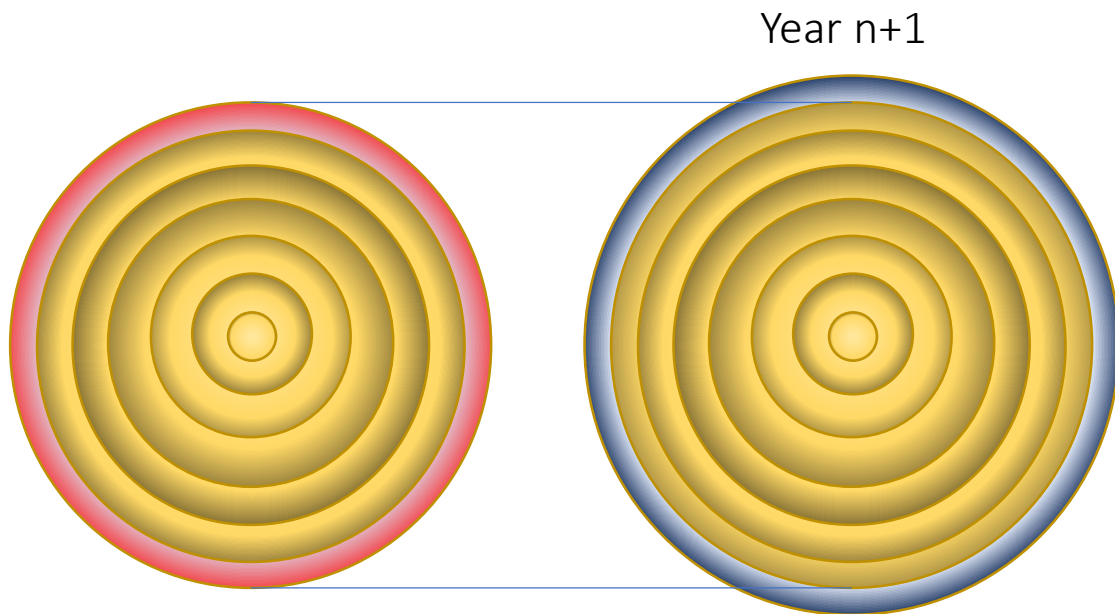


Madera tardía



# Respuesta *media* del alerce al calentamiento

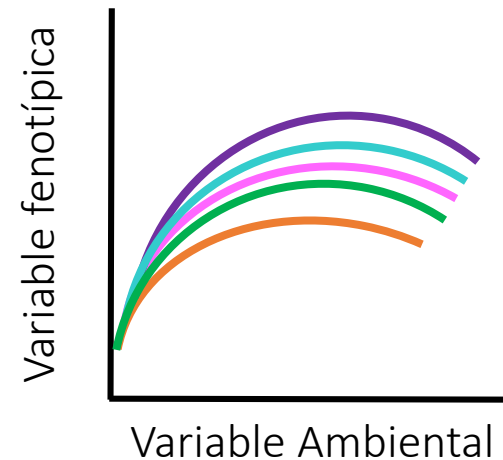
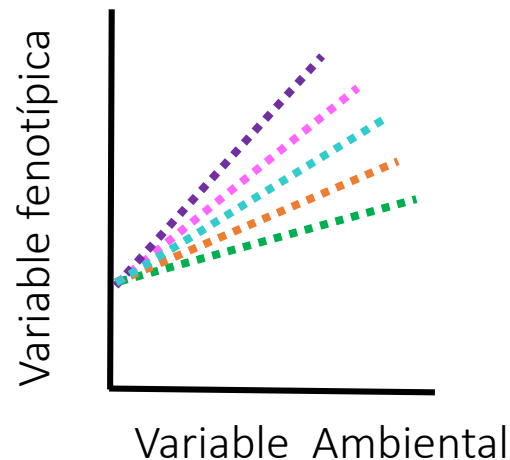
- New **conductive** ring:



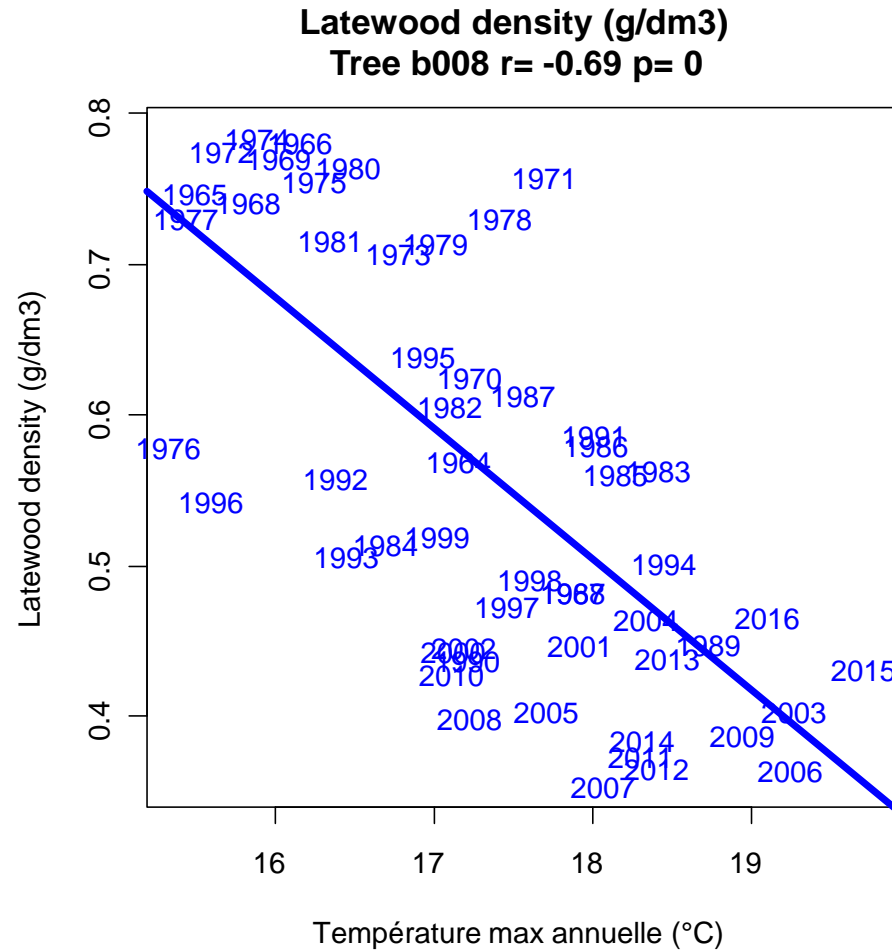
Elevation	Ring part	Reaction to warming
High	Earlywood	Decrease of the density
	Latewood	<i>Increase of the density</i>
Low	Earlywood	Decrease of the density
	Latewood	Decrease of the density

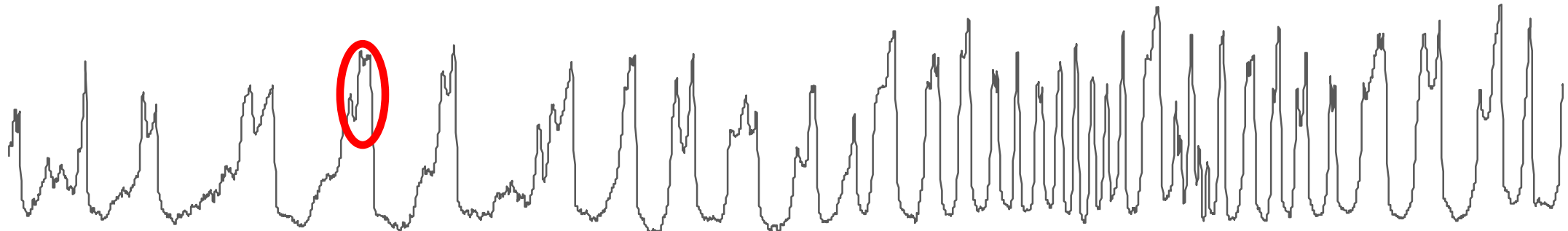
# Respuesta *individual*?

- La respuesta individual a variaciones ambientales se llama *Plasticidad Fenotípica*
- La plasticidad fenotípica se mide utilizando una *norma de reacción*
- **relación** entre una variable fenotípica y una variable ambiental



# Ejemplo de norma de reacción



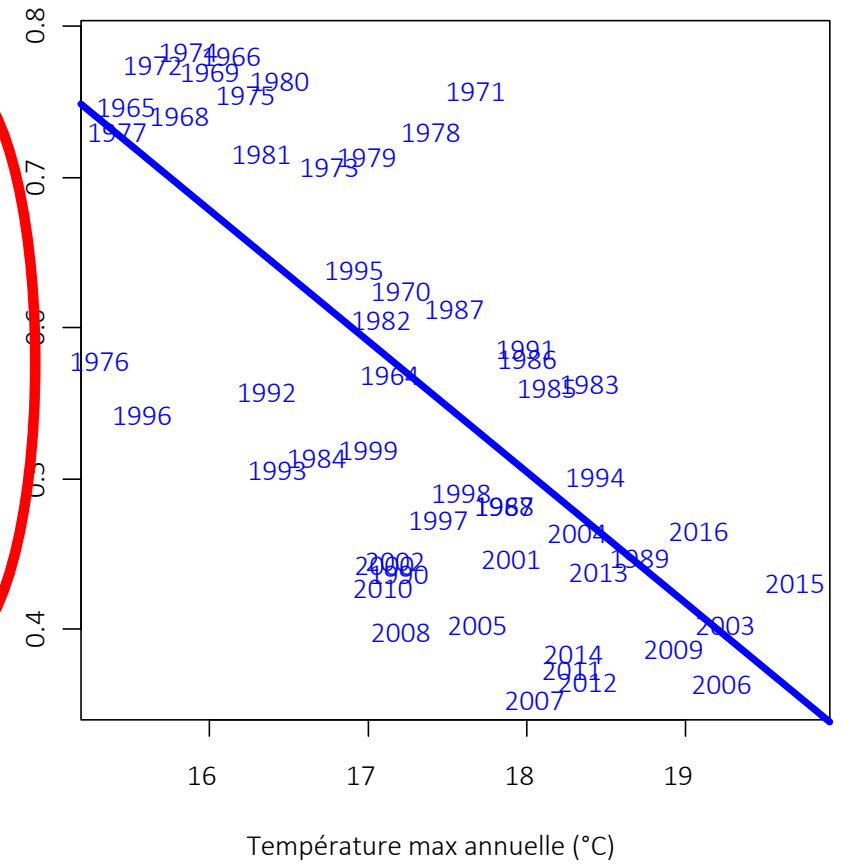


Rayon

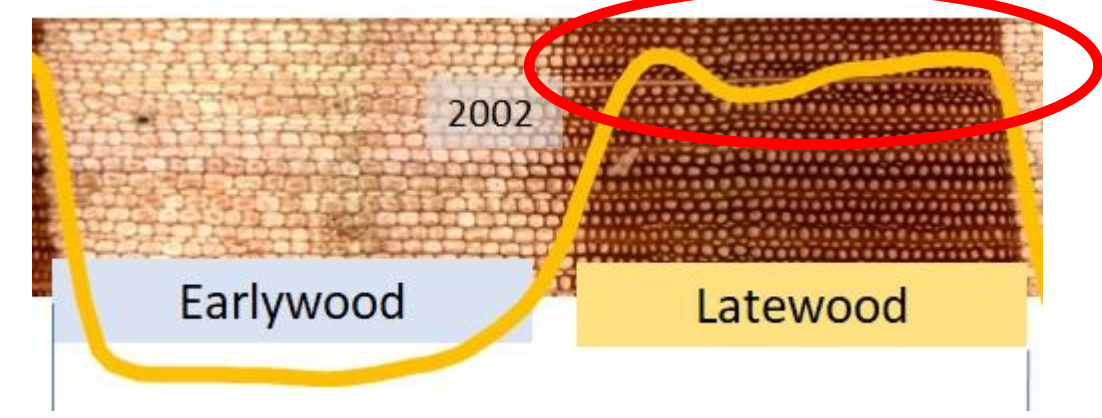
Latewood density (g/dm<sup>3</sup>)  
Tree b008 r = -0.69 p = 0

Variable fenotípica:  
*densidad de la  
madera tardía*

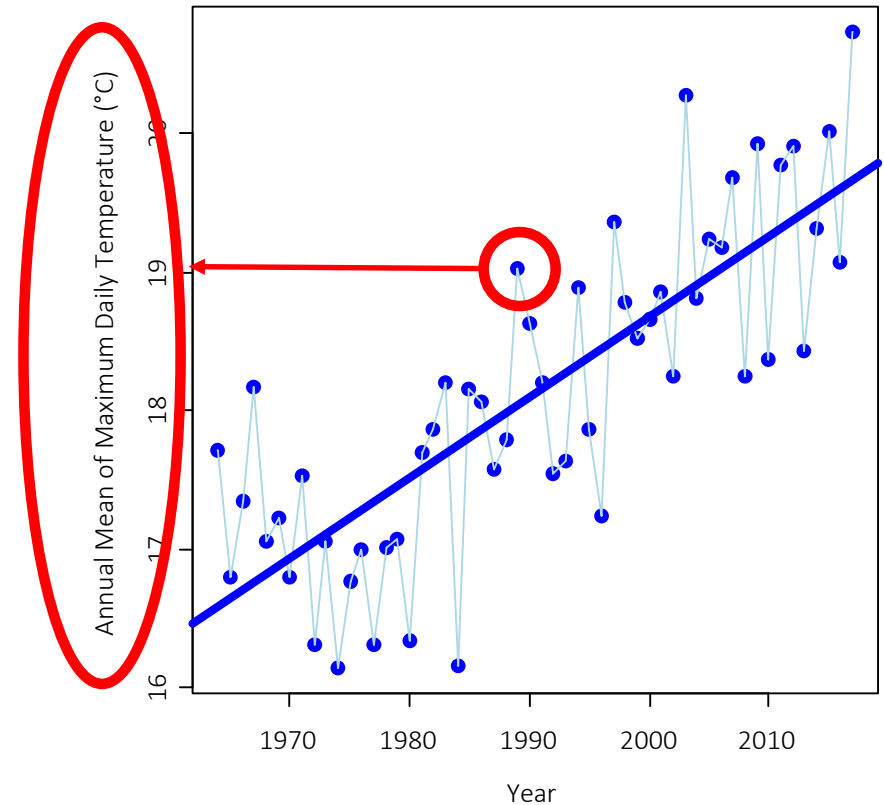
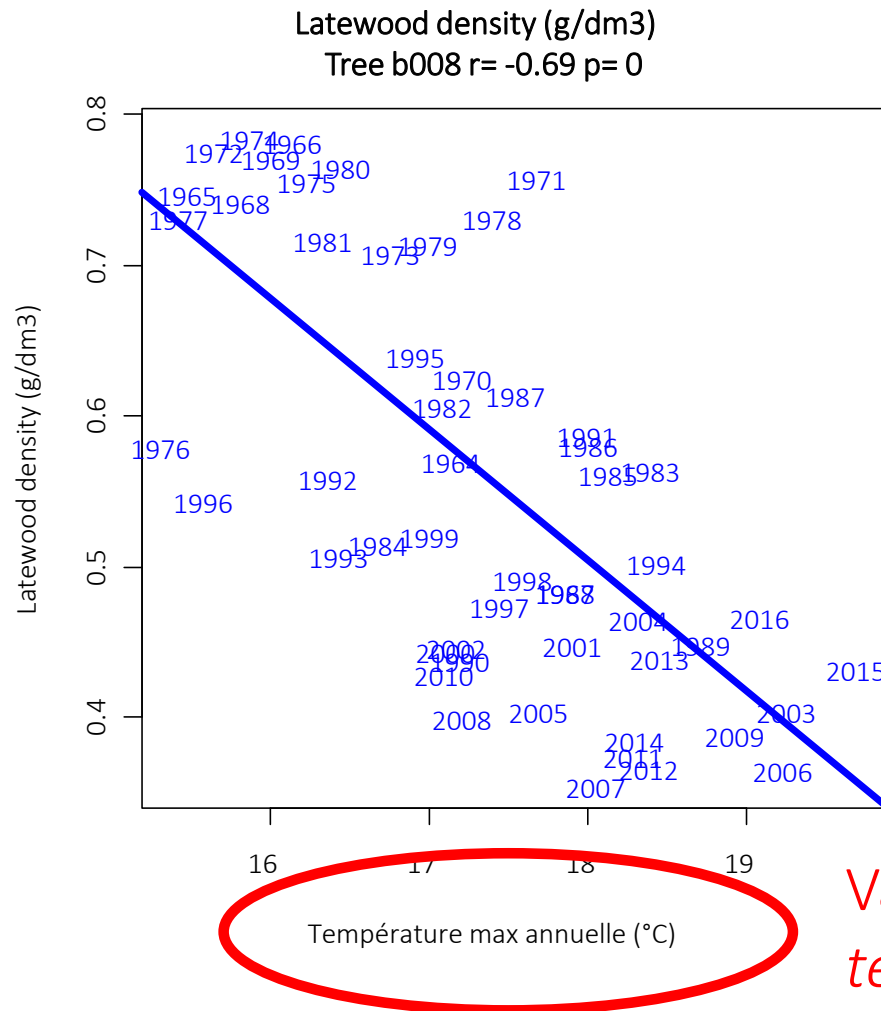
Latewood density (g/dm<sup>3</sup>)



*densidad de la  
madera tardía*

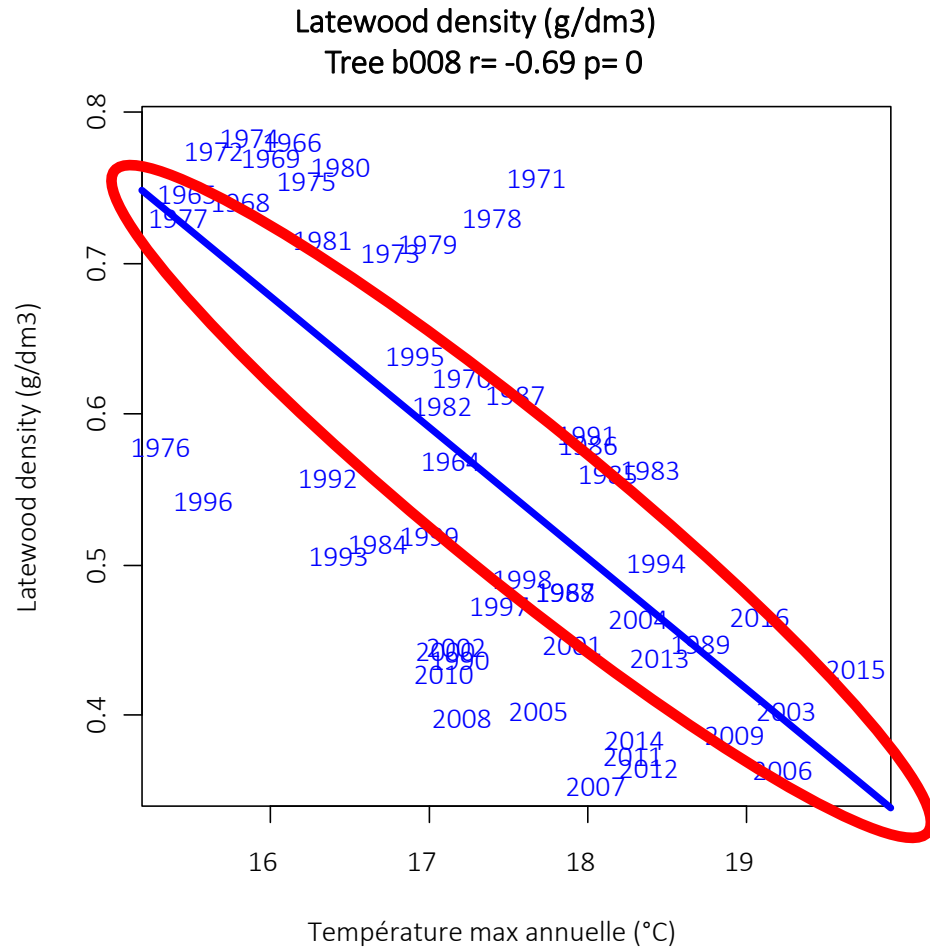


# Ejemplo de norma de reacción



Variable ambiental:  
*temperatura del año*

# Ejemplo de norma de reacción



Relación lineal, significativa, la *pendiente* mide la plasticidad fenotípica del árbol

El r (o R<sup>2</sup>) de la relación nos da la calidad de estimación de la plasticidad

# Sitio experimental ~550 arboles



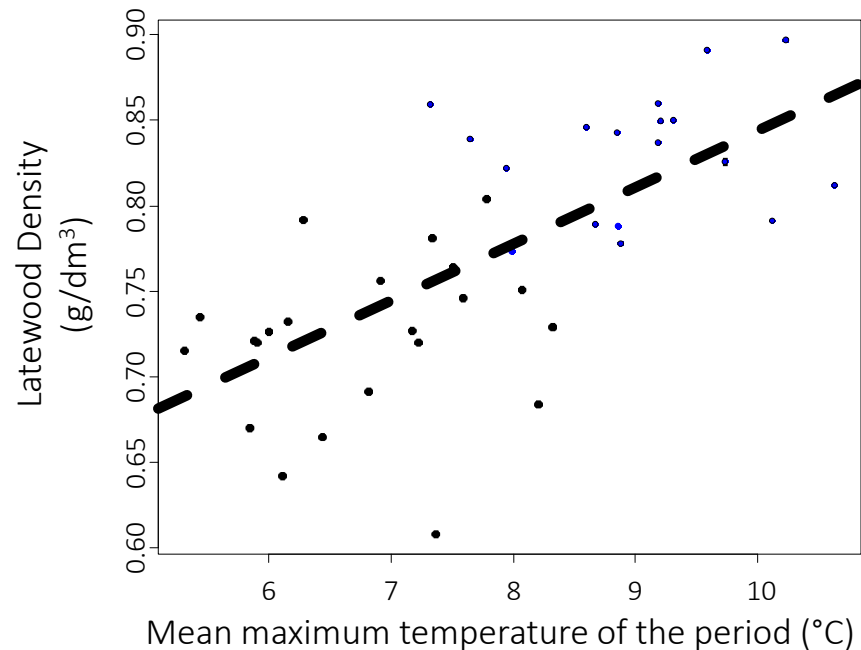
- Arboles con plasticidad significativa: 71%
- Dos tipos de plasticidad: **positiva** y **negativa**

**Latewood Density** Alt 2300 Tree 41

Period 1 - 250

$R^2 = 0.681$   $P < 0.05$

Slope = +0.033

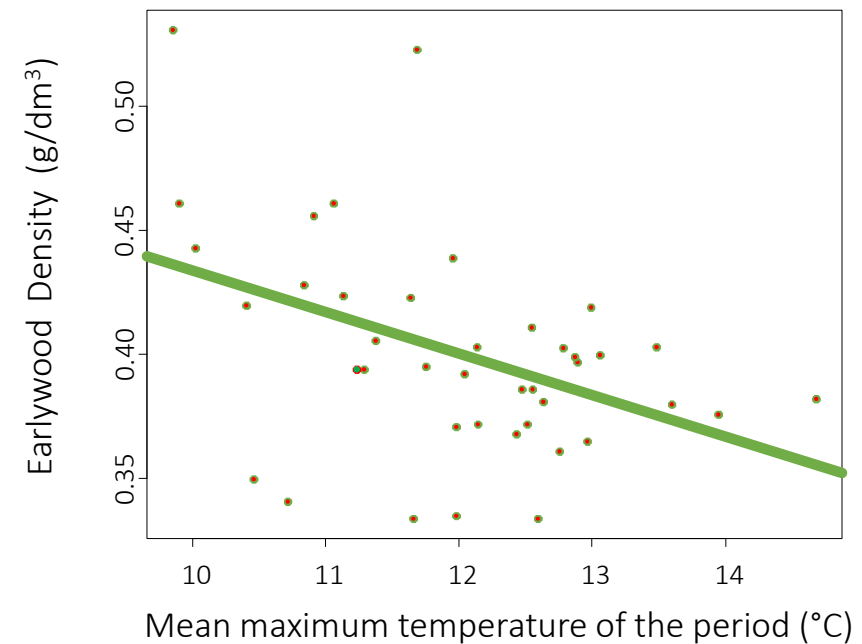


**Earlywood Density** Alt 2300 Tree 41

Period 101 - 310

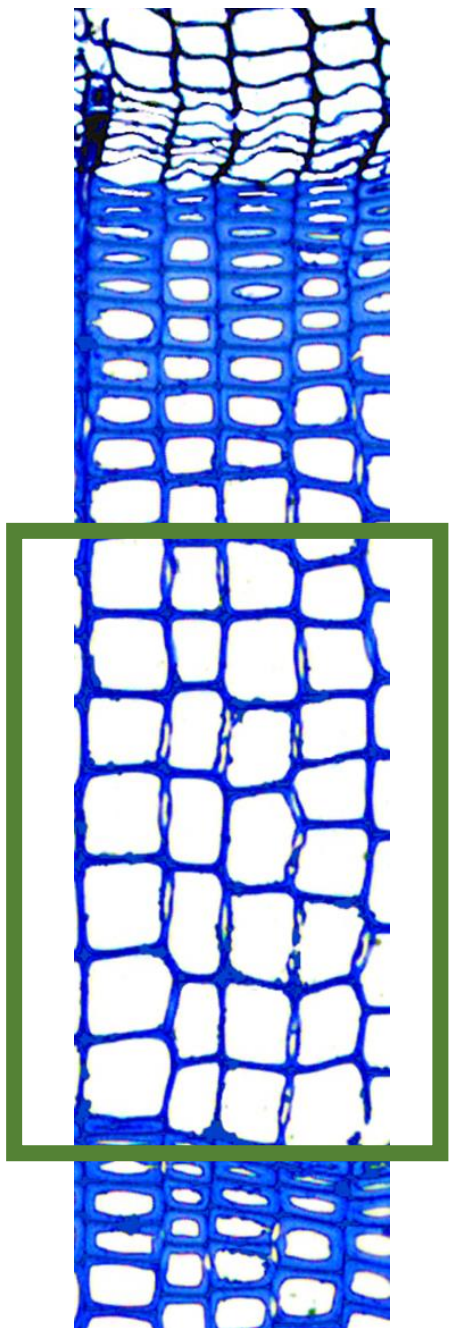
$R^2 = 0.424$   $P < 0.05$

Slope = -0.016

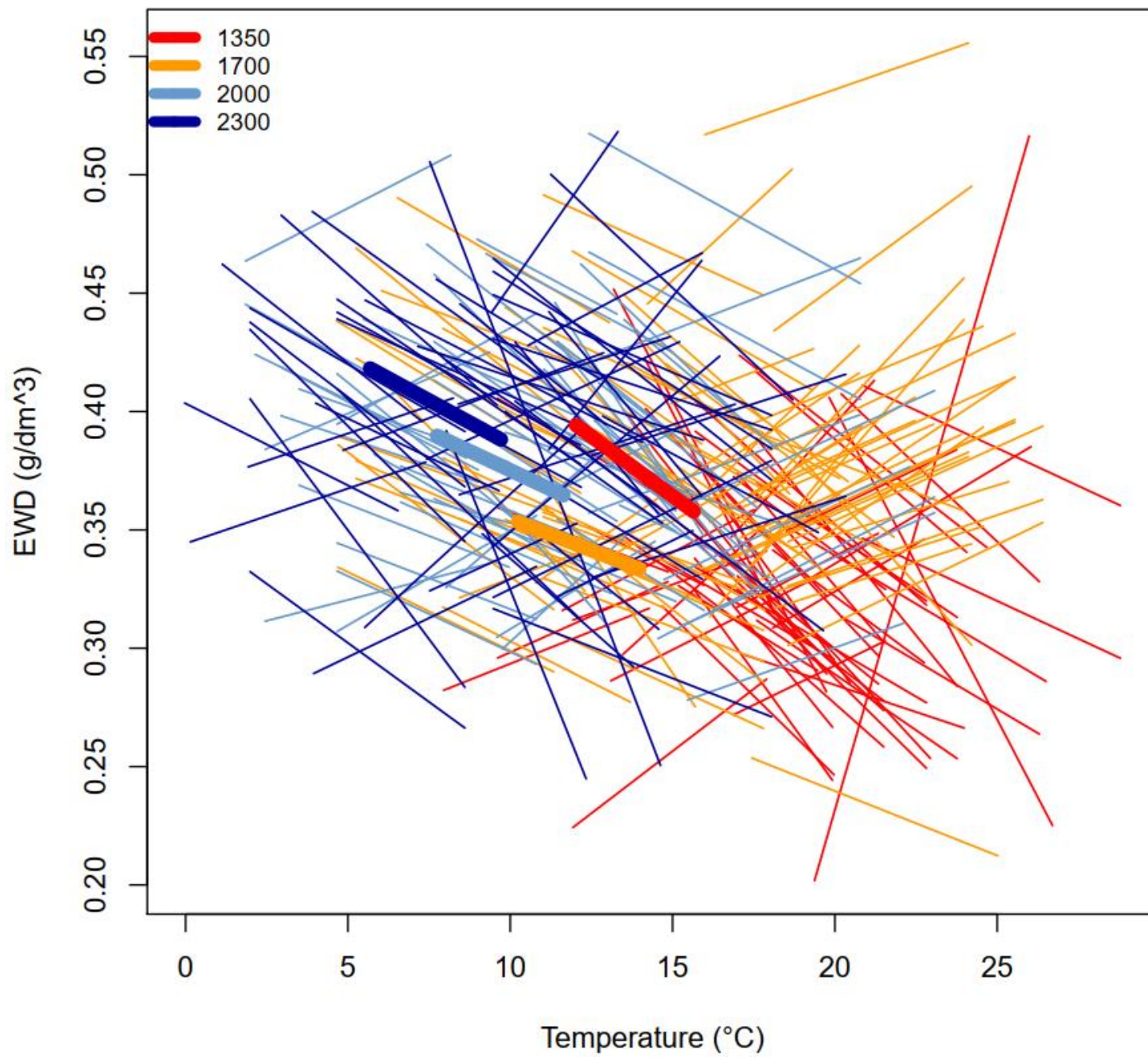




Densidad de la madera temprana

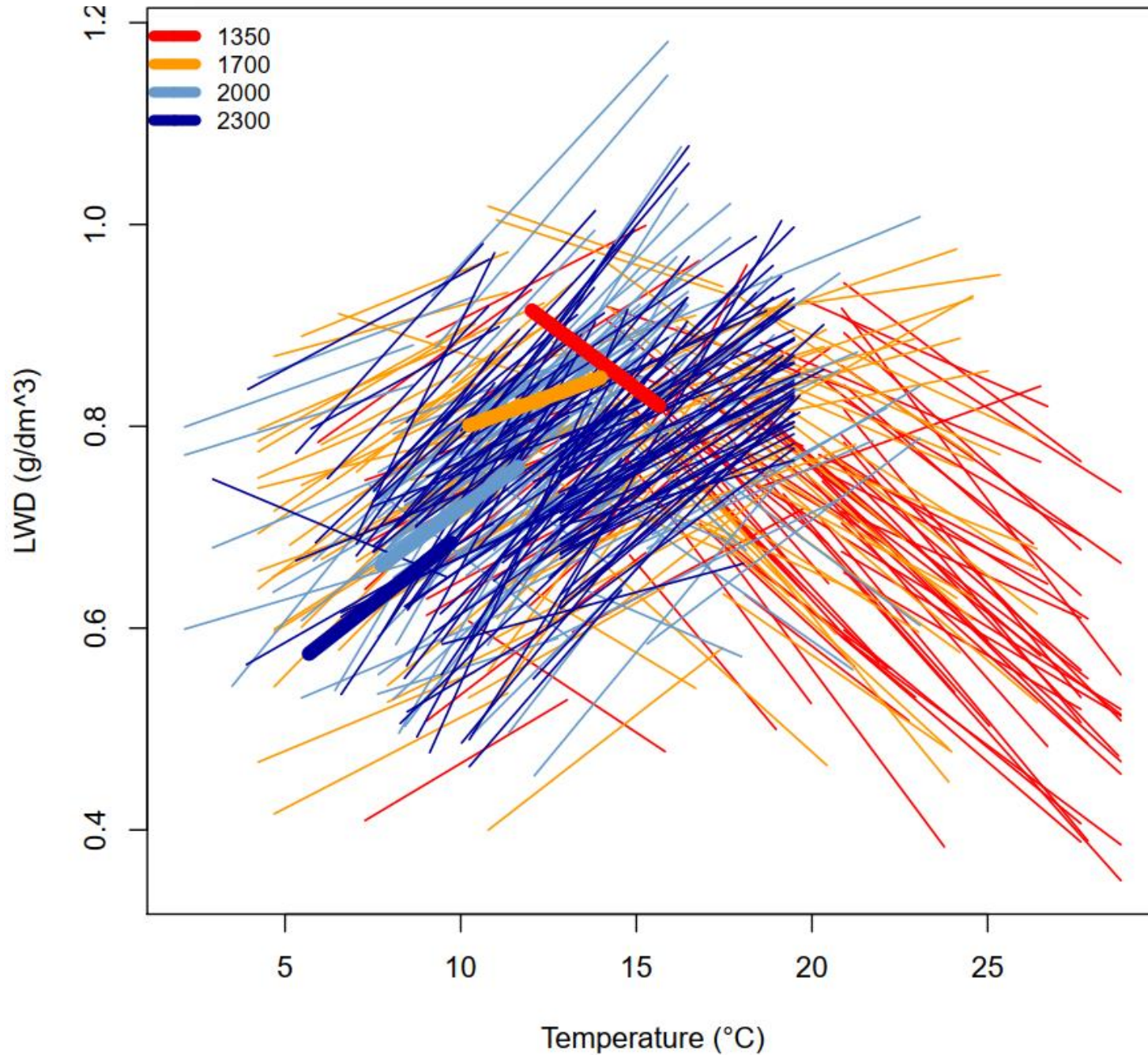
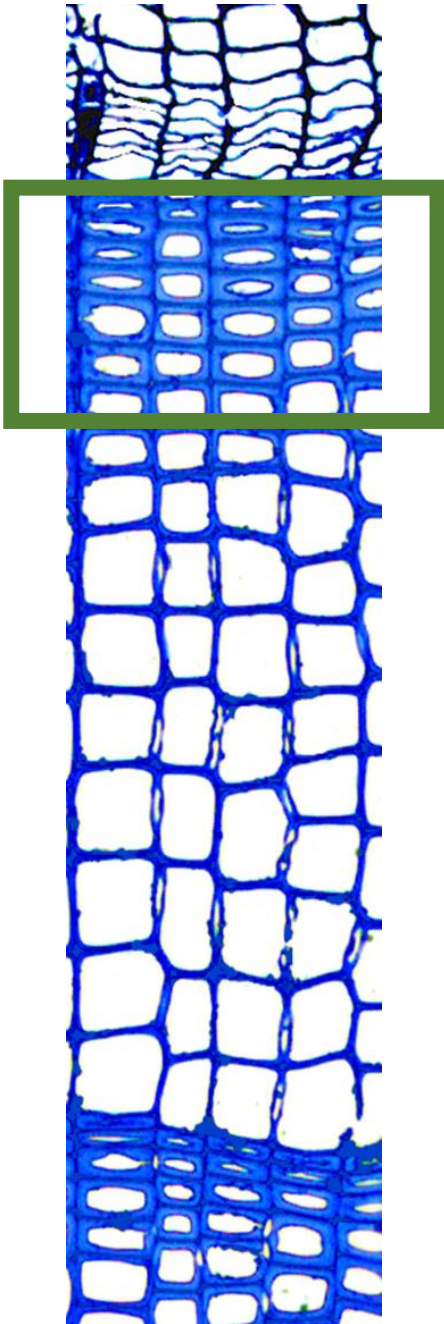


### Reaction Norms EWD

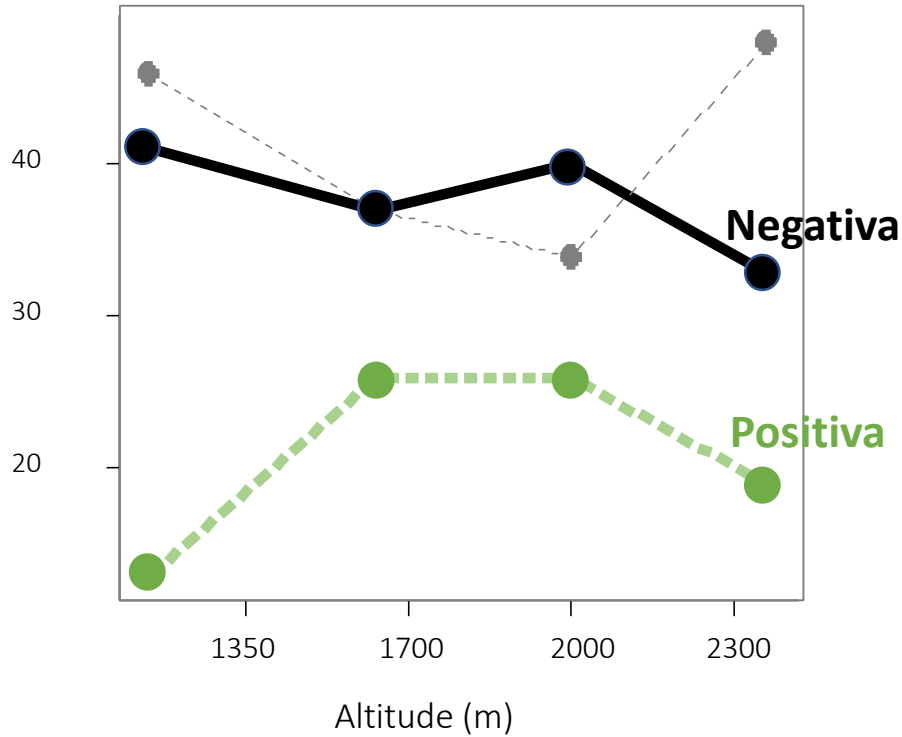


# Reaction Norms LWD

Densidad de la madera tardía



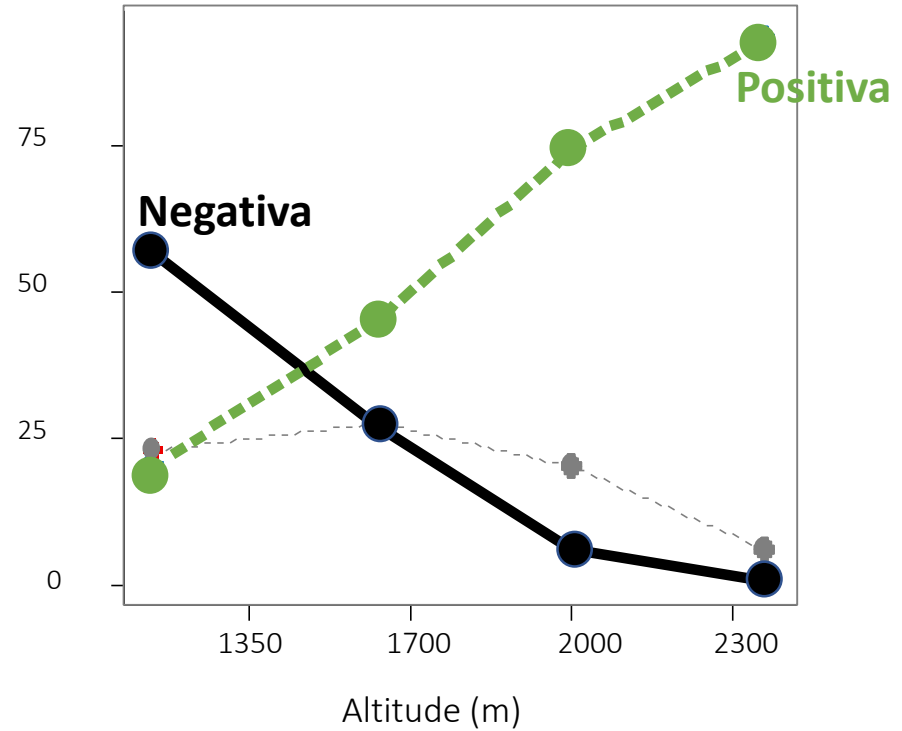
Madera temprana (g/dm<sup>3</sup>/°C)



Numero de arboles con plasticidad estimada (porcentaje %)

Plasticidad (sobre todo) **negativa**  
Mezcla  
Poca variación con la altitud

Madera tardía (g/dm<sup>3</sup>/°C)



Plasticidad muy variable con la altitud  
**Negativa** abajo  
**Positiva** arriba

# Respuesta del alerce al calentamiento

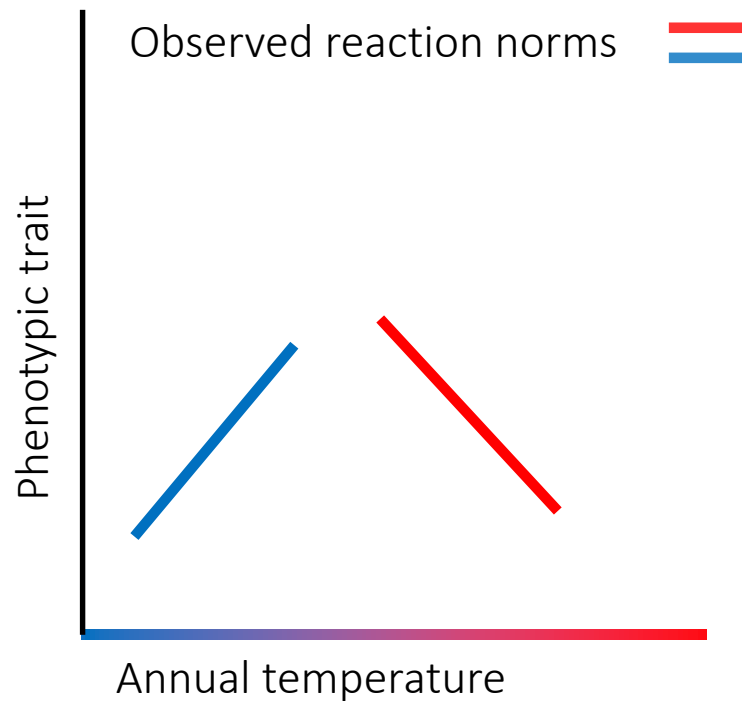
- New **conductive** ring:

Elevation	Ring part	Mean reaction to warming	Individual reaction to warming
High	Earlywood	Decrease of density	Decrease of density
	Latewood	Increase of density	Increase of density
Intermediate high	Earlywood	-	Decrease of density (mixture)
	Latewood	-	Increase of density
Intermediate low	Earlywood	-	Decrease of density (mixture)
	Latewood	-	Mixture
Low	Earlywood	Decrease of density	Decrease of density (mixture)
	Latewood	Decrease of density	Decrease of density (mixture)

# Adaptación según los niveles de altitud?

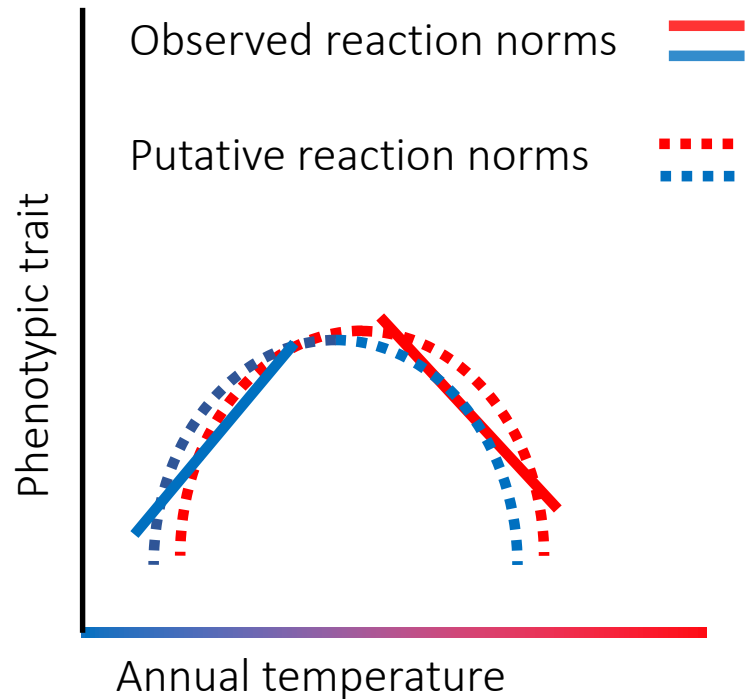
- Las células de madera temprana tienden a aumentar de tamaño con el aumento de la temperatura en todas las altitudes
- Lo mismo para las células de madera tardía a baja altitud (pero no a las altitudes mas altas)
- Contradicción con la idea general? “los conductos *mas anchos* son *menos resistentes* a la sequia”
- ¿Ajuste de las propiedades hidráulicas de la madera a las condiciones climáticas más recientes?
- ¿...O señal de decaimiento a las altitudes mas bajas?

# Normas de reacción como líneas *rectas*?



- Tener normas de reacción *rectas* es poco compatible con el funcionamiento de los seres vivos

# Normas de reacción como líneas *rectas*?



- Las normas de reacción de **abajo** y de **arriba** podrían ser segmentos de una **norma de reacción non-lineal**

- Hoy los bosques enfrentan **nuevos estreses**, que acompañan el **cambio climático**. Estos nuevos estreses producen **decaimientos masivos** en todas partes del mundo. Dentro de estos estreses, el más peligroso es la **sequía**.
- Acabamos de ver que si el flujo de savia de las raíces a las hojas disminuye o se detiene por completo, el árbol puede **morir** muy rápidamente.
- Aunque el árbol no muera, se **debilita** y se vuelve muy susceptible a otras tensiones, como los **ataques de insectos**. Son los ataques de insectos los que han seguido al debilitamiento generalizado debido a las sequías que han causado la muerte masiva de árboles en diferentes partes del mundo. Este fue, por ejemplo, el caso de **Francia** en 2019 y 2020 (2021?).



- Existen dos grandes tipos de intervenciones humanas que pueden ayudar los bosques a enfrentar las nuevas condiciones climáticas: la **silvicultura**, y el **mejoramiento genético**.
- Con el **mejoramiento genético** esperamos proponer variedades de árboles forestales más resistentes a la sequía.
- Con la **silvicultura**, esperamos diseñar y proponer técnicas de manejo de estos bosques que reduzcan los riesgos asociados al cambio climático.

- Pero los árboles son **longevos**. Los planes de gestión forestal se establecen para plazos muy variables, pero siempre largos: de 10 a 30 años para las especies de crecimiento rápido, de 50 a 200 años y más para la mayoría de las demás especies, que constituyen la mayor parte de los bosques.
- ¿Para qué **nivel de temperatura** futura debemos actuar? ¿Qué tenemos que plantar hoy para el clima futuro, dentro de 50, 100, 200 años? +2, +4, +8°C?
- Quizá el reto más importante que plantea el cambio climático sea esta gran **incertidumbre**. Tenemos que idear soluciones de adaptación al clima, ¡pero no sabemos para qué clima futuro!

Gracias para su atención

**INRAE**

