

## MÉTODOS Y TÉCNICAS EN BIOLOGÍA VEGETAL.

### DENDROCRONOLOGÍA.

#### Introducción:

Se entiende como dendrocronología a la zonación debida al ritmo de crecimiento de los árboles. Como el crecimiento es discontinuo se observan anillos de crecimiento (depende por ejemplo de la longitud del día, de las condiciones ambientales...). Sí el crecimiento fuera continuo no se distinguirían anillos (el primer factor que produce discontinuidad son los factores ambientales).

La dendrocronología es la disciplina que estudia el fechado y la reconstrucción de eventos (tales como clima, incendios, dinámica de los rodales) a partir de los anillos de crecimiento de los árboles. Ello es posible debido a la relación entre ancho y otras características de los anillos y diversos fenómenos, como por ejemplo, en los años más secos los árboles forman anillos más angostos en su crecimiento. Además a través de la dendrocronología se pueden fechar sitios arqueológicos y obtener datos sobre tasas y patrones de crecimiento de árboles y rodales. Esto es de extrema utilidad para diseñar esquemas silviculturales y de manejo, y para evaluar es estado sanitario de los rodales, así como para aumentar la información en cuanto a aspectos fenotípicos de los árboles en programas de mejoramiento genético.

Otra aplicación de la construcción de cronologías de ancho de anillos está orientada al área de conservación de especies protegidas y al peritaje en casos de litigios por corta de árboles, pudiendo determinar de forma exacta y rápida, el año y la estación en que el árbol fue cortado.

La edad aproximada de un árbol se puede establecer contando los anillos de crecimiento en la parte baja del tronco. Por otra parte pueden compararse los modelos de anillos anchos y delgados entre los árboles para restablecer el año exacto en que se formaron los anillos.

En climas templados, los árboles crecen a razón de un anillo anual. Los árboles de la misma especie que crecen en la misma localidad tienden a tener similares patrones de crecimiento. Esto permite asociarlos en una secuencia continua y prolongada, siendo posible así establecer grandes cronologías, que en ocasiones se remontan unos 11.000 años antes del

presente. Cuando se encuentra un tronco antiguo de la misma especie puede ser datado a partir de estas "secuencias maestras". Se puede así, obtener una datación absoluta, comparando la madera conservada con la secuencia directora.

Estos ciclos de crecimientos pueden verse claramente en un corte transversal del tronco: los anillos no tienen todos el mismo grosor, se tornan más estrechos a medida que aumenta la edad del árbol y principalmente su grosor varía acorde a las fluctuaciones climáticas a las que el árbol se ve sometido.

La dendrocronología tiene dos usos para los arqueólogos: como medio de calibración y corrección de fechados radiocarbónicos y como método de datación absoluta independiente.

Esta técnica presenta dos limitaciones: solo es aplicable a árboles de regiones donde los marcados contrastes estacionales producen el crecimiento anual de los anillos bien definidos; y requieren la presencia de una serie directora que se remonte muchos años atrás.

### Estructuras anatómicas

La raíz, tallo, hojas y la zona vascular están formados por 3 tipos de tejidos:

- tejido epidérmico: protege contra daños físicos y contra la desecación
- tejido fundamental: córtex situado entre la epidermis y los haces vasculares, formado por
  - parénquima
  - colénquima
  - esclerénquima

La médula, en la parte central del tallo está formada por parénquima y dentro se encuentran los **RADIOS MEDULARES**. Algunos tallos no tienen médula porque están huecos

- tejido vascular, formado por floema y xilema.

El parénquima es el tejido vegetal fundamental. Es el que forma la mayor parte de la masa del cuerpo de las plantas. Está integrado por células poco diferenciadas, de tamaño más o menos grande, con las paredes poco engrosadas, no lignificadas. En el parénquima se realiza lo esencial de la función de nutrición.

Existen diversos tipos de parénquima según la función específica que deban llevar a cabo: Acuífero, aerífero, clorofílico y de reserva. Sus funciones son procesos metabólicos como la respiración, la digestión y la fotosíntesis, almacén y conducción, cicatrización de heridas y regeneración.

El colénquima se encuentra en la periferia (por debajo de la epidermis), es tejido vegetal con misión de sostén y de protección mecánica. Está constituido por células diferenciadas adultas, con la membrana parcialmente engrosada. Se diferencia del esclerénquima en que sus células son vivas, puesto que el engrosamiento es siempre parcial y permite las funciones de relación y de nutrición. Las células de colénquima sostienen y protegen el tallo.

El esclerénquima es tejido vegetal formado por células muertas de membranas engrosadas y lignificadas. Normalmente lo componen células alargadas, fibrosas, en las que la esclerificación de las membranas ha sido total, de modo que, paulatinamente, se ha ido reduciendo el lumen celular hasta quedar un mero canalículo, insuficiente para la vida de nutrición de la célula, con lo que ésta muere.

#### ➤ **crecimiento primario y secundario**

Hay dos formas de crecimiento:

- crecimiento primario, crecimiento longitudinal, las células se alargan y se superponen
- crecimiento secundario, crecimiento en grosor en el que las células ensanchan sus paredes
- ambos tipos de crecimiento se encuentran en determinadas partes de la planta, que son los **MERISTEMOS**

El crecimiento primario se produce en los meristemos apicales, que se encuentran en las primeras fases embrionarias, en la raíz y en el tallo embrionario. Cuando se acaba la fase embrionaria los meristemos apicales desaparecen y el crecimiento se produce por meristemos primarios

- la protodermis origina la epidermis

- el procambium forma el floema y xilema primarios
- meristema caulinar, que forma el córtex y la médula
- todas la plantas vasculares tienen crecimiento primario, pero el secundario sólo aparece en las leñosas (árboles, arbustos y algunos helechos)

La estructura secundaria del tallo se origina como resultado de la acción de dos *meristemas secundarios* laterales, uno en el cilindro vascular denominado *cambium vascular*, y otro en la corteza denominado *cambium suberoso* o *felógeno*; resultando un crecimiento en grosor del eje de la planta.

El cambium produce un aumento de los tejidos vasculares, formando xilema y floema secundarios, mientras que el felógeno produce tejidos protectores periféricos: *felodermis* y *súber*. Esta estructura se presenta en la mayor parte de las gimnospermas y angiospermas dicotiledóneas. En las monocotiledóneas el crecimiento secundario se realiza de modo diferente, originando una estructura distinta.

El cambium, debido a divisiones celulares paralelas a su superficie, produce xilema secundario hacia el interior y floema secundario hacia el exterior. Esto hace que el floema secundario empuje hacia fuera al floema primario, mientras que el xilema secundario empuja hacia el centro del tallo al xilema primario.

El cambium produce tejidos conductores año tras año en las plantas leñosas, provocando que el tallo vaya aumentando de diámetro. El crecimiento secundario suele ser continuo en aquellas zonas tropicales donde no existen apenas diferencias estacionales, mientras que en las zonas templadas, en que las estaciones sí están bien definidas, el cambium alterna periodos en que mantiene actividad y otros en que se encuentra latente.

El segundo meristemo secundario es el *felógeno*; en las plantas que lo presentan es responsable de su crecimiento en grosor. Las células del felógeno, que están situadas debajo de la epidermis, originan súber, corcho hacia el exterior, sustituyendo a la epidermis que se seca y se desprende. Por su parte, hacia el interior se forma una corteza secundaria denominada *felodermis*. Al conjunto de la felodermis, felógeno y súber, se le llama *peridermis*.

➤ **Diferencias estructurales:**

La principal diferencia estructural entre los tallos de las plantas vasculares, reside en la disposición de los haces vasculares (tejidos conductores) que constituyen el cilindro vascular.

En las dicotiledóneas se sitúan los haces de floema y xilema primarios formando cilindros concéntricos, estando los de floema siempre en posición exterior. Entre éstos se disponen proyecciones radiales del *parénquima médular*, denominadas *parénquima interfascicular*, aunque en algunos casos los cilindros son prácticamente continuos.

En los tallos de las monocotiledóneas, los haces vasculares están dispersos y sin orden, o formando círculos concéntricos, en el *tejido fundamental*, nombre éste que se aplica al parénquima cuando no existe médula y corteza diferenciados.

**Práctica 1**

Introducción a la dendrocronología.

El material utilizado para la observación de las estructuras anatómicas es:

➤ Secciones transversales de:

- *Pinus* sp.
- *Melia acederach*.
- *Quercus rotundifolia* .
- *Cupressus macrocarpa*.
- *Cupressus arizonica*.
- *Platanus orientalis*.

➤ Sectores cilíndricos de:

- *Phoenix dactilifera*.

➤ Sectores cúbicos de:

- *Pinus* sp.

En el tejido diferenciado de primer año en *Pinus*, vemos que el anillo de haces vasculares está formado hacia fuera por un paquete de floema y hacia dentro por un paquete de xilema. En medio de ambos queda una zona

indiferenciada denominada cambium vascular. Al año siguiente se produce un crecimiento en grosor, donde el cambium se divide hacia arriba (originando floema) y hacia abajo (originando xilema).

El floema es un tejido vivo, flexible, en continuo movimiento por el empuje del cambium. El xilema va quedando sepultado.

En Pinus las células son muy grandes, pero en verano sufren estrés hídrico por lo que irán disminuyendo de tamaño hasta que se detienen. Lo que observamos ahora es un anillo oscuro y mucha pared celular.

En cada anillo de crecimiento podemos ver:

- Madera temprana: más cerca del centro del árbol y de color claro.
- Madera tardía: de color más oscura y con menos grosor.

También existen elementos de cohesión transversales y de transporte, como son los radios medulares que se originan en el cambium interfascicular (se observan bien en Quercus).

Melia y Quercus, tienen un tronco de madera porosa con grandes vasos:

- Albura: últimos anillos de crecimiento, son de color claro.
- Duramen: son rígidos y sólidos, debido a las células muertas. Son de color oscuro.

En Melia la distribución de los haces vasculares es:

- Xilema - cambium - floema y tejidos corticales.

Las plantas monocotiledóneas no tienen el mismo sistema descrito anteriormente para gimnospermas y dicotiledóneas (cambium vascular abierto). En monocotiledóneas no se observa un bandeo de anillos de crecimiento porque no existe cambium vascular. Por ejemplo: maíz, bambú, yuca... crecen por el periciclo que además de originar elementos corticales, origina parénquima y haces vasculares cerrados donde no existe cambium. A medida que las células se alejan del parénquima alcanzan mayor tamaño.

➤ Madera de tensión.

En una sección transversal se pueden observar anillos de crecimiento que no son tan concéntricos. Esto se debe a que la inclinación y el movimiento de las ramas y partes vegetativas se refleja en el crecimiento.

Por lo tanto podemos encontrar ramas perfectamente verticales donde los círculos son muy concéntricos y a medida que van creciendo se vuelven más asimétricos.

Para el estudio de una muestra, hay que conocer también su habitat ya que podemos encontrarnos con muestras complacientes o sensibles. Por ejemplo en una distancia de 10 metros, una semilla puede estar en una ladera pedregosa, mientras que otra puede encontrarse cerca de un arroyo y llegar con sus raíces al manto freático.

La mayoría de plantas producen un anillo por año, pero también pueden ocurrir anomalías del crecimiento como son: anillos ausentes y anillos dobles. En maderas de tensión se pueden perder anillos muy finos. Los anillos dobles se pueden formar por efecto antrópico.

➤ Terminación del crecimiento:

Para determinar si el último anillo que vemos corresponde realmente al último año de vida del árbol tenemos varias fuentes de información:

- Si aún permanece la corteza.
- Si se ha perdido pero se ven las galerías de los insectos.
- Si el anillo más externo es continuo es muy posible que sea el último formado (cualquier erosión no habría sido simétrica, y este no sería continuo).
- Si está erosionado, podríamos estimar la edad del último anillo comparando otros árboles cortados en ese mismo momento.

Practica 2 Medidas de los anillos de crecimiento anuales.

El objetivo de la práctica es tomar medidas de los anillos de crecimiento de secciones transversales de: *Pinus sp.* y de *Melia acederach* con ayuda de una regla milimétrica de 2 cm divididos en décimas de milímetro y una lupa de x20. Una vez tomadas las medidas se construye una tabla para los datos.

Para tomar las medidas hay que tener en cuenta:

- Comenzar a medir por el primer anillo que corresponde al segundo año de vida del árbol.

- Medir cada anillo en milímetros empleando un decimal. Desplazar el índice de la regla después de cada medida hasta el comienzo de la madera temprana del siguiente anillo. Hay que incluir desde que comienza la madera temprana (clara en Pinus y algo más oscura en Melia) y termina la madera tardía (oscura en Pinus y más clara en Melia).
- No medir el último anillo y evitar los radios extremos, muy gruesos o muy delgados.

### PRÁCTICA 3 Estudio estadístico de los anillos de crecimiento.

El material del que disponemos es la tabla de datos tomados en la práctica anterior. Las lecturas se han introducido en una hoja de cálculo MS-Excel. También se han añadido los datos anuales, desde 1963, de temperatura media anual y precipitación total anual, junto con un ordinal.

A partir de las lecturas para el grosor de cada anillo anual se ha calculado la Media, creándose una nueva columna con los valores medios del anillo anual. En la figura 1 se representan las lecturas individuales para cada anillo en cada radio y su media, para su comparación.

#### Influencia de la edad de la planta:

La edad de la planta es una influencia frecuente en la respuesta del crecimiento. Los individuos jóvenes crecen más deprisa y responden con más intensidad a los factores exógenos. La respuesta del crecimiento debe tener una tendencia a largo plazo ajena a los factores externos. Calculamos la línea de tendencia y obtenemos la ecuación de la línea y su coeficiente de regresión. También vamos a representar en el gráfico la "corrección por edad".

#### Influencia de la precipitación:

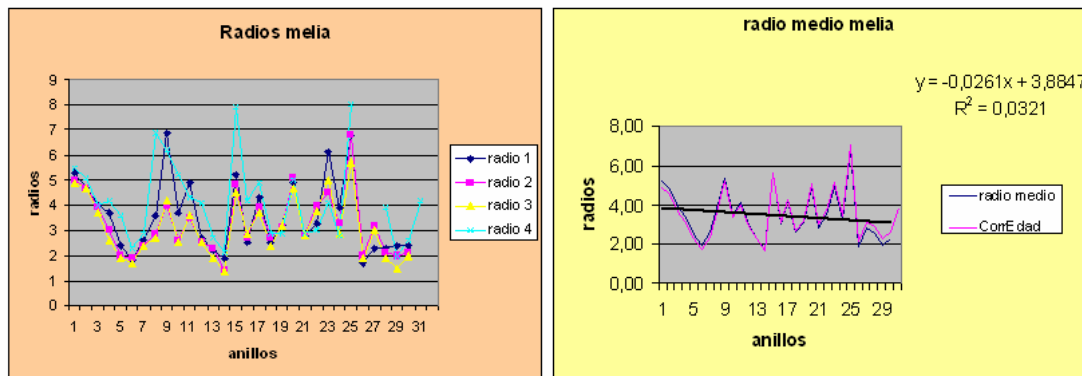
La precipitación es una de las influencias ambientales más importantes, en nuestro clima, sobre el crecimiento de los árboles. Para observar su influencia representamos en un nuevo gráfico (gráfico 3) la precipitación y el crecimiento corregido por la edad. Se calcula además el coeficiente de correlación. Se debe correlacionar el crecimiento de cada año con los factores acumulados de años anteriores (creamos una columna a la que

denominamos acumulación). En el gráfico cuatro se representa la Cortedad,  $StAcum * XCreEd$  y la  $CorrPrecip$ .

## - CONCLUSIONES:

### 1) MELIA

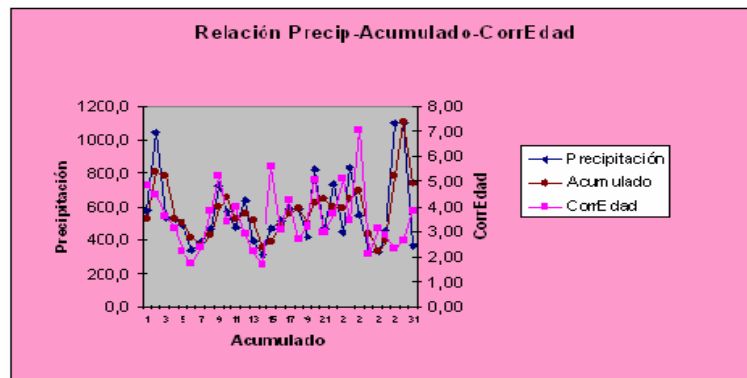
-Figuras 1 y 2: Medida individual de cada radio y su media.



Como se puede comprobar en la gráfica 1 hay periodos donde se aprecia mayor crecimiento. El crecimiento se ve influido por varios factores, tanto intrínsecos como extrínsecos. Entre los intrínsecos los más importantes son la edad, especie vegetal y ciclo biológico. Y en los extrínsecos destacan la competencia, contaminación, factores atmosféricos, orientación y sobre todo la precipitación.

En la figura 2 el coeficiente de regresión es menor que el valor de la media total de los anillos, lo que quiere decir que el crecimiento corregido es mayor. Por otro lado la línea de tendencia no es completamente horizontal, teniendo una tendencia ligeramente negativa e indicando que el árbol está dejando de crecer (ya que a más edad el crecimiento es cada vez menor).

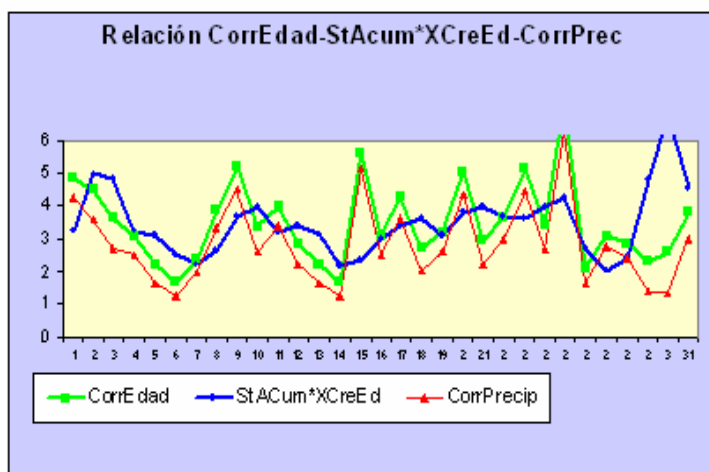
- Figura 3: Precipitación y crecimiento corregido por la edad



Como ya hemos mencionado en el caso anterior la precipitación es el principal factor limitante del crecimiento en nuestro clima. En la parte inicial de la gráfica se observa una clara relación de la precipitación con el crecimiento (los picos de precipitación coinciden con los de Cortedad). Sin embargo conforme avanzamos en la gráfica ya no ocurre esto. Suponemos que puede ser debido a que el árbol ha sido regado y por tanto es independiente de los valores de precipitación. Se observa además una respuesta de crecimiento retrasada en función de la precipitación de los años anteriores.

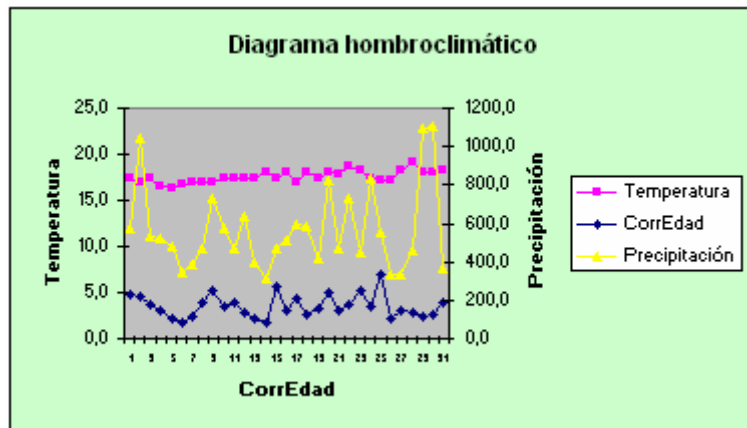
El coeficiente de correlación obtenido es de 0,174, es decir no hay correlación, las dos series son independientes.

- Figura 4: relación crecimiento de cada año con factores acumulados



En esta gráfica se observa si la precipitación es realmente importante o es la acción humana la que desempeña un papel fundamental en el crecimiento del árbol. Pensamos que en este caso la acción humana no ha sido muy importante ya que la precipitación se encuentra muy relacionada con el crecimiento.

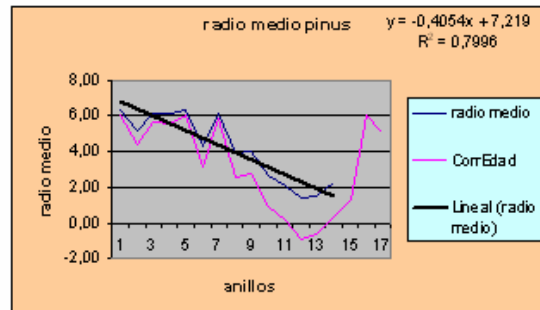
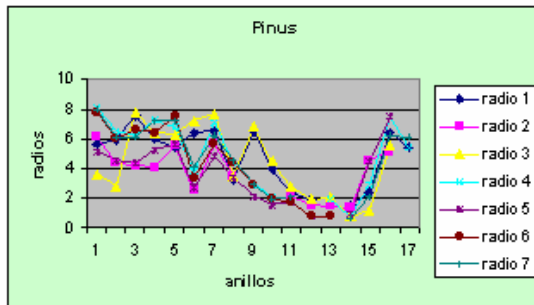
- Figura 5: diagrama hombroclimático



Con esta gráfica reafirmamos que la precipitación es el principal factor que influye en el crecimiento. Sin embargo la temperatura no ejerce una gran influencia.

## 2) PINUS

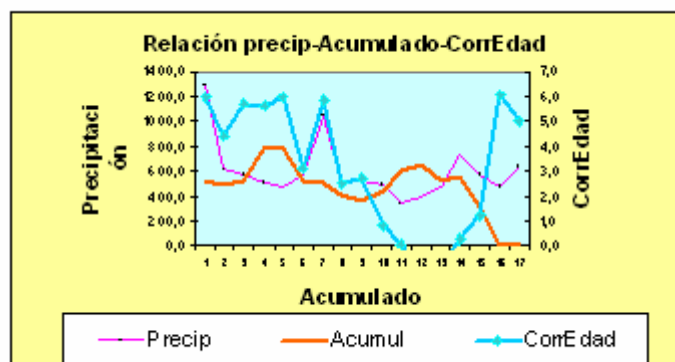
-Figuras 1 y 2: Medida individual de cada radio y su media.



En la gráfica 1 podemos comprobar como se ha producido un claro descenso del crecimiento que puede deberse a un periodo de sequía, lo que ya se observará en los siguientes apartados.

Con esta gráfica se corrobora la tendencia negativa del crecimiento, aunque posteriormente el árbol vuelve a crecer. Suponemos que se debe a factores extrínsecos.

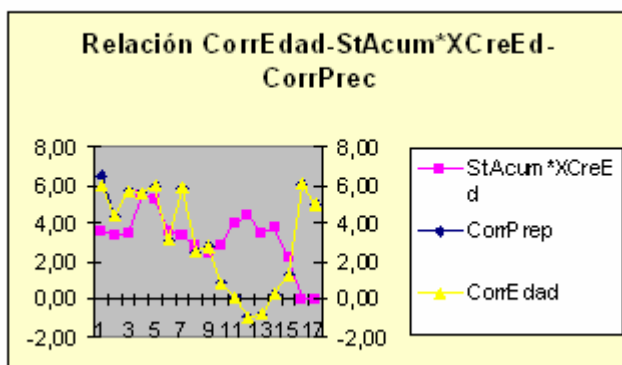
- Figura 3: Precipitación y crecimiento corregido por la edad



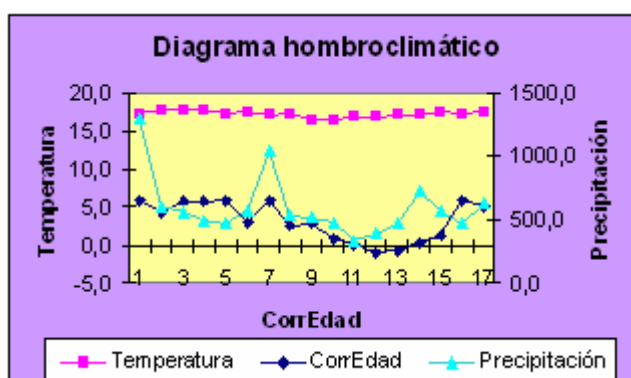
En este caso la gráfica nos indica que hay un periodo en cual el árbol no responde a la precipitación ni al agua acumulada. Pensamos que este hecho puede deberse principalmente a factores intrínsecos (como alguna enfermedad del árbol, aunque posteriormente se observa una recuperación ya que el crecimiento vuelve a aumentar) o también a factores extrínsecos diferentes a la precipitación (como puede ser la competencia).

Nuestro coeficiente de correlación tiene un valor de 0,444, lo que nos indica que hay una correlación media entre la precipitación y el grosor del anillo anual.

- Figura 4: relación crecimiento de cada año con factores acumulados



- Figura 5: diagrama hombroclimático



En este caso ocurre lo mismo que con Melia: la precipitación influye en el crecimiento mientras que la temperatura se mantiene constante durante todo el periodo estudiado.