

# INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN EN LA RESPUESTA BIOCLIMÁTICA DE *QUERCUS ROBUR* L.: UN EJEMPLO DEL EMPLEO DE AÑOS CARACTERÍSTICOS COMO INDICADORES ECOLÓGICOS

I. García González\*, E. Díaz Vizcaíno\* & A. Martínez Cortizas\*\*

\* Dpto. Biología Vegetal. E.P.S. Lugo. Universidade de Santiago de Compostela.

\*\* Dpto. Edafología e Química Agrícola. Facultade de Biología. Universidade de Santiago de Compostela. A CORUÑA

## Summary

A comparison of bioclimatic responses in oak trees (*Quercus robur* L.) growing on two adjacent hillslopes of the same forest stand has been carried out in order to test the ability of pointer years as indicators in dendroecology. The results of this study show a different response occurring on each slope, characterised by the presence of specific pointer years. Trees growing on the driest area seem to have a stronger reaction to meteorological events, especially to the increase in summer water supply, which causes a more intense growth.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

A partir de los años setenta, el estudio de las relaciones clima-crecimiento en Dendrocronología se ha basado fundamentalmente en el cálculo de la regresión múltiple de los valores de crecimiento sobre los datos climáticos, previa transformación de los mismos en componentes principales, obteniéndose las conocidas *funciones de respuesta* (FRITTS & al, 1971; FRITTS, 1976).

Esto se ha mostrado como un método muy eficaz en áreas donde los factores que limitan el crecimiento son los mismos durante la mayoría de los años (SCHWEINGRUBER, 1993), como sucede habitualmente en el límite forestal alpino o boreal. Sin embargo, en las áreas templadas y oceánicas de Europa, donde los factores limitantes para el crecimiento son muy diversos y pueden variar de año a año, las funciones de respuesta arrojan con frecuencia una varianza explicada muy baja (KRAUSE, 1991) y son difícilmente interpretables desde el punto de vista ecofisiológico (LÜHRTE, 1991, Z'GRAGGEN, 1991). En estos casos con frecuencia se recurre a la interpretación de años particulares, conocidos en Dendroecología como *años característicos*.

La identificación de determinados años, especialmente aquellos para los cuales los anillos resultan anormalmente estrechos («*signature years*»), es una práctica muy antigua en Dendrocronología en América (DOUGLASS, 1939), siendo su uso principal la elaboración de «*skeleton plots*» para sincronizar las series. Posteriormente se definió estadísticamente en Europa, también como apoyo a la sincronización, el término *año*

característico («Weiserjahr») para denominar aquellos años en los cuales un cierto número de curvas mostraran una misma tendencia (ECKSTEIN & BAUCH, 1969). Sin embargo, sólo en los últimos años ha comenzado a extenderse el uso de años característicos y reducciones del crecimiento como indicadores ecológicos, mostrándose muy eficaces a la hora de caracterizar tanto distintas áreas geográficas como diferentes unidades en áreas heterogéneas de poca extensión (SCHWEINGRUBER & al. 1986, 1991; KOUKOU & SCHWEINGRUBER, 1994), así como para la identificación de numerosos acontecimientos climáticos (VON LÜHRTE, 1991, KRAUSE, 1992) o de distinta naturaleza, como erupciones volcánicas (LAMARCHE & al., 1984). También se ha empleado el cálculo de funciones de respuesta sobre el conjunto de años característicos (NOLA, 1991, KRAUSE, 1992). Una revisión de la terminología de años característicos, así como sus posibles aplicaciones ecológicas ha sido realizada recientemente por SCHWEINGRUBER & al. (1990) y SCHWEINGRUBER & KAENNEL (1995).

Los estudios referentes a la identificación e interpretación de años característicos en localidades gallegas son escasos, y se limitan a la última década. PÉREZ ANTELO (1993) y PÉREZ ANTELO & FERNÁNDEZ CANCIO (1995) identificaron e interpretaron intervalos característicos negativos en varias cronologías, comparándolos entre sí y con otras cronologías de áreas fuera de Galicia. Los únicos trabajos referentes a una localidad de las Sierras Septentrionales de Galicia (GARCÍA GONZÁLEZ & al., 1996a, 1996b) explican algunos intervalos característicos de los últimos 50 años.

## 1.2. Objetivos del trabajo

Los árboles presentes en un bosque reaccionan ante acontecimientos de muy diversa naturaleza. Cada árbol tiene una determinada respuesta, que puede estar motivada por distintas causas, ya sean genéticas, dinámicas, microtopográficas, climáticas..., de modo que todos los años algún árbol reacciona ante algún suceso. Cuando un acontecimiento ejerce una influencia notable, un

cierto número de árboles reacciona en el mismo sentido, y es entonces cuando ese año pasa a ser considerado un año característico, que puede manifestarse en algunos individuos, un grupo de árboles, una población completa, o incluso una región.

En este trabajo se estudia la aptitud del empleo de años característicos como indicadores de las diferentes condiciones ecológicas en una localidad, mediante la comparación de la respuesta de dos laderas de distinta orientación y diferente balance hídrico. Mediante la simple identificación de estos años en los cuales un número alto de árboles muestra una misma tendencia se intenta dar respuesta a las siguientes cuestiones:

- Hasta qué punto los años característicos resultan eficaces indicando diferencias entre dos laderas situadas en solana y umbría.
- Qué factores bioclimáticos causan una reacción común a la mayor parte de los árboles.
- Si existe o no una respuesta más intensa en área seca, manifestada en el número de árboles que reaccionan y la intensidad, susceptible de sufrir mayores oscilaciones hídricas.
- Si los árboles en cada una de las laderas reaccionan con más fuerza de forma positiva frente a períodos lluviosos, o bien de forma negativa a períodos secos.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Área y localidad y estudio

La localidad estudiada en el presente trabajo se sitúa en el extremo occidental de la Serra da Carba, en el municipio de Muras (provincia de Lugo). Se trata de un bosque dominado por *Quercus robur* L., de corta edad (60-100 años) y sometida a cierta influencia humana, que se extiende a ambos lados del valle de un afluente del río Eume. Desde el punto de vista fitosociológico, los bosques de esta área geográfica se incluyen dentro de la asociación *Blechno spicanti-Quercetum roboris* (IZCO & al., 1990).

Para la realización del estudio se han elegido las dos laderas de dicho bosque. La ladera de solana, de orientación Sur, muestra una vegetación más seca, dominada en el estrato arbóreo por *Quercus robur* L., acompañado por *Acer pseudoplatanus* L., *Castanea sativa* Miller y, en menor medida, *Pinus pinaster* Aiton, procedente de una repoblación en áreas limítrofes. En el sotobosque dominan *Ulex gallii* Planchon, *Pteridium aquilinum* (L.) Roth. y, *Rubus* sp.

Por el contrario, la ladera de umbría, de orientación Norte, muestra una vegetación de ambiente mucho más húmedo, dominando en el estrato arbóreo *Quercus robur* L., *Castanea sativa* Miller y *Betula alba* L., con sotobosque de *Vaccinium myrtillus* L., *Blechnum spicant* (L.) Roth. y un tapiz de musgos.

## 2.2. Obtención de datos

Para la obtención de datos se ha procedido a la extracción de dos testigos de madera o «cores» de un número representativo de árboles en cada una de las laderas (12 en el caso de la ladera seca y 13 en el caso de la húmeda), en sentido perpendicular a la línea de pendiente con el fin de evitar la presencia de madera de tensión. Se han seleccionado individuos vigorosos, aparentemente sanos y con copa dominante o codominante. El número de árboles muestreados ha estado limitado por la escasez de aquellos que reunieran todas las condiciones necesarias.

Los cores han sido secados al aire, montados sobre soportes rígidos y lijados con papel de grano progresivamente más fino para lograr una óptima visualización de los anillos de crecimiento. Posteriormente se ha realizado la lectura de los mismos, midiéndolos hasta la centésima de milímetro más próxima empleando un analizador de imágenes Olympus W-CUE v. 2.06 y anotando todas aquellas características que pudieran presentar información ecológica.

Las series obtenidas han sido sincronizadas, comparando primero las dos curvas de cada árbol entre sí, y a continuación con las demás curvas de la localidad. Asimismo, se

han comparado las curvas de una ladera con la otra. La sincronización ha sido verificada mediante el empleo del programa COFECHA (HOLMES, 1983).

## 2.3. Cálculo de los años característicos

Con el fin de establecer el conjunto de años característicos de las laderas, las dos series individuales de cada árbol han sido promediadas y a continuación se ha aplicado una combinación de dos métodos diferentes. El primer método ha consistido en un cálculo relativamente complejo, que en cierto modo emula la identificación visual de anillos característicos, y es similar a métodos empleados anteriormente por diversos autores (CROPPER, 1979; Z'GRAGGEN, 1992). En primer lugar, las series individuales de cada árbol han sido estandarizadas para eliminar las oscilaciones de baja frecuencia empleando un spline de 32 años, de modo similar al realizado por el programa COFECHA, y sobre esta serie estandarizada se ha procedido a la identificación de anillos característicos, dividiendo los mismos en tres grados diferentes, tanto positivos como negativos. Cada año ha sido situado como punto central de una ventana de 7 años, en la cual se ha calculado la media y la desviación típica. Un anillo ha sido considerado característico si este se alejaba de la media local en un porcentaje del 50%, 100% o 150% de la desviación típica local, siendo característico el año en el cual más del 50% de los árboles presentaron un anillo característico.

En segundo lugar, se ha procedido al cálculo de intervalos característicos (SCHWEINGRUBER & al. 1990), considerando como tal aquel en el que al menos un 75% de los árboles muestren una misma tendencia ascendente o descendente respecto al año anterior.

Finalmente, se han combinado ambos métodos, con el fin de reducir el número de años característicos e igualmente evitar el efecto producido por el año anterior, ya que un año de bajo crecimiento puede ejercer una influencia importante sobre el año siguiente, causando de nuevo un bajo creci-

miento, o lo mismo puede suceder con un año positivo. Del mismo modo, si sólo se tuvieran en cuenta los intervalos característicos, un año negativo vendría casi siempre seguido de uno positivo, y viceversa. El conjunto de años característicos resultante de la combinación de ambos métodos ha sido el empleado para estudiar las relaciones con el clima local.

#### 2.4. Estudio de la respuesta bioclimática

El estudio y la comparación de la respuesta bioclimática de los árboles de ambas laderas han sido realizados mediante la comparación e interpretación de los años característicos, empleando registros meteorológicos. Como referencia se ha tomado la estación de Areosa-As Pontes (A Coruña), que dispone de una serie continua diaria de precipitación y temperatura desde el año 1948.

Previamente se llevó a cabo el cálculo de correlaciones simples y funciones de respuesta, previa obtención de una cronología tanto para la ladera de solana como para la de umbría, con el fin de identificar los principales factores limitantes del crecimiento. Los resultados de este cálculo indican que son las precipitaciones de verano y, en menor medida, las de primavera, los principales factores que explican el crecimiento, sin ser muy claras las diferencias entre ambas laderas. La interpretación de las dos funciones de respuesta serán tratadas en un trabajo posterior.

Una vez establecido el conjunto de años característicos para cada una de las laderas, se ha procedido a la comparación de los mismos con los registros de precipitación de primavera y verano en la estación meteorológica. Asimismo, y con el fin de identificar con mayor claridad los periodos de disponibilidad o déficit hídrico, se han empleado también estimaciones del balance de agua del suelo, de acuerdo con el modelo no lineal de NEWHALL (1976), modificado por MARTÍNEZ CORTIZAS (1986; 1987) y MARTÍNEZ CORTIZAS & CARBALLEIRA (1988), y que ya habían sido utilizados para la interpretación una serie dendrocronológica del área en un trabajo anterior (GARCÍA GONZÁLEZ & al., 1996a).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Identificación de años característicos

Aplicando los criterios descritos anteriormente, se ha obtenido para cada una de las laderas el conjunto de años característicos, en el período 1948-1995, que es el cubierto por la estación meteorológica empleada como referencia.

De acuerdo con los resultados del primer criterio utilizado para el cálculo de años característicos, un gran número de árboles reacciona frente algún acontecimiento, de modo que en todos los años del período estudiado algún árbol presenta un anillo característico en cada una de las laderas y en gran

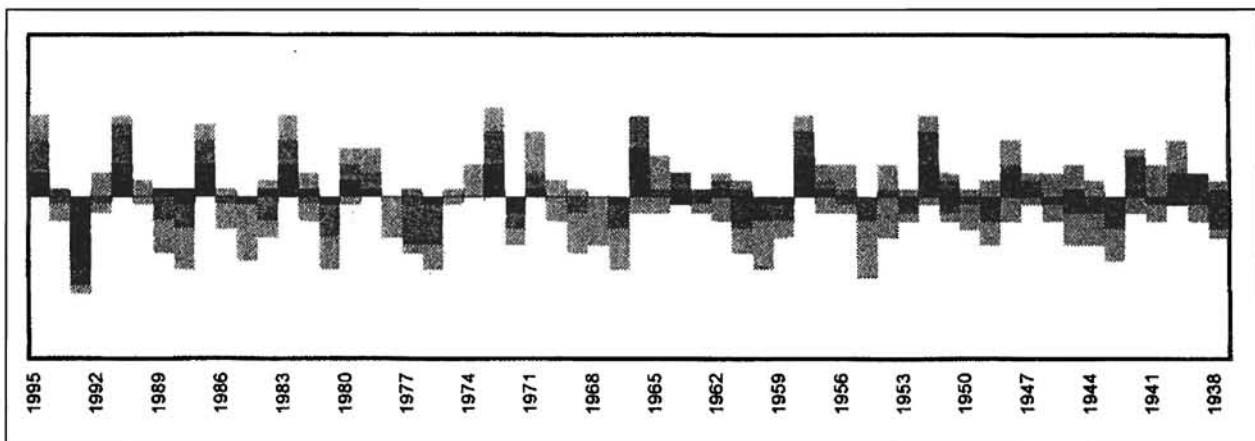


Diagrama 1.- Anillos característicos en solana. (El tono más oscuro indica respuestas más intensas).

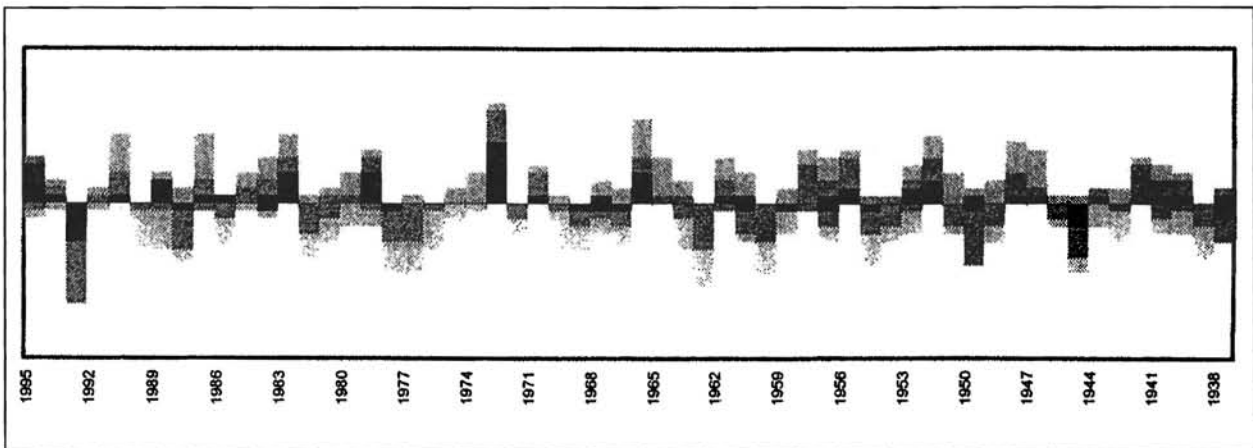


Diagrama 2.- Anillos característicos en umbría. (El tono más oscuro indica respuestas más intensas).

parte de ellos existen árboles que reaccionan en sentido positivo y árboles que reaccionan en sentido negativo. Asimismo en los años considerados «característicos» el número de árboles que muestran una respuesta en el mismo sentido resulta más elevado, además de hacerlo con mayor intensidad. La reacción es algo mayor en el caso de la ladera situada en solana. Esto puede apreciarse en los diagramas de anillos característicos (diagramas 1 y 2).

La tabla 1 muestra el total de años característicos, intervalos característicos y la combinación de ambos criterios, así como el conjunto de años que son comunes a las dos laderas.

Puede apreciarse que el empleo de años característicos resulta bastante eficaz en el establecimiento de las diferencias entre las dos laderas, ya que sólo en torno al 50 % de los años característicos es común a ambas (algo superior en el caso de emplear intervalos característicos), diferencia que debe considerarse muy importante si se tiene en cuenta que se trata de dos laderas con diferente orientación dentro de un mismo bosque, y por consiguiente en la misma localidad. Asimismo, el número de años característicos es mayor en el caso de la ladera de solana, la cual es más susceptible de sufrir déficit hídrico. La muestra obtenida en esta última ladera resulta más homogénea, al presentar casi un 66% de los años como

intervalos característicos, frente al 49% de la ladera de umbría, de modo que un mayor porcentaje de árboles responde de la misma manera ante un acontecimiento en el caso de la ladera más seca.

### 3.2. Interpretación bioclimática de los años característicos

El estudio de las relaciones bioclimáticas

**Tabla 1.-** Número de años e intervalos característicos totales, positivos y negativos en cada una de las laderas y comunes a ambas. Los apartados marcados con un asterisco indican los años característicos resultantes de combinar los dos criterios

Ladera	Solana	Umbría
Años característicos	22	21
Años característicos positivos	10	10
Años característicos negativos	12	11
Años característicos comunes	10	
Intervalos característicos	31	23
Intervalos característicos positivos	17	10
Intervalos característicos negativos	14	13
Intervalos característicos comunes	17	
Años característicos *	15	9
Años característicos positivos *	9	5
Años característicos negativos *	6	4
Años característicos comunes *	6	

empleando años característicos se basa en la comparación de estos años con diversos acontecimientos que puedan tener influencia

sobre el crecimiento. Sin embargo, mediante el empleo de esta técnica sólo algunos de los años (con frecuencia pocos) son interpreta-

**Tabla 2.- Interpretación bioclimática de los años característicos obtenidos mediante la combinación de los dos criterios**

Año	Solana	Umbria	Interpretación
1952	+	+	Julio relativamente lluvioso, si bien la interpretación de este año no es clara
1955	-		Fuerte descenso de la disponibilidad hídrica durante el mes de abril. El verano resulta bastante seco.
1956		+	Difícilmente interpretable mediante los registros hídricos
1958	+		Resulta el verano más húmedo del período estudiado. Empleando capacidades de retención por encima de los 200 mm en el suelo, la reserva no varía a lo largo de todo el año
1960		-	Descenso de precipitación en primavera y verano, aunque no muy acentuada
1963		-	Difícilmente interpretable mediante los registros hídricos
1966	+		Alta disponibilidad hídrica en verano
1967	-		Muy seco al inicio de la primavera (mes de abril) y fuerte sequía en verano.
1971	+		Verano muy húmedo. Las estimas de reserva hídrica en el suelo muestran valores muy altos.
1973	+	+	Difícilmente interpretable mediante los registros hídricos
1976	-		Sequía en primavera y verano
1977		-	La interpretación resulta difícil. Viene precedido de dos años con cierto déficit de humedad en primavera y verano.
1979		+	Difícilmente interpretable mediante los registros hídricos
1981	-		Verano seco
1983	+	+	Precipitación alta durante el mes de julio. Probablemente haya más factores favoreciendo un buen crecimiento en este año
1987	+		Alta disponibilidad hídrica en verano. Es uno de los años más húmedos del período estudiado, junto con 1958 y 1971
1988	-	-	La interpretación de este año resulta muy difícil empleando los registros de precipitación y reserva hídrica del suelo. La disponibilidad hídrica durante el verano es muy alta
1991	+	+	Difícilmente interpretable mediante los registros hídricos
1993	-	-	Difícilmente interpretable mediante los registros hídricos
1995	+		Mes de julio relativamente húmedo

bles desde el punto de vista climatológico, y muchos quedan siempre sin explicar (SCHWEINGRUBER, 1993). Además, pueden ser muchos los factores no climáticos que limiten el crecimiento, como el caso de alta fructificación o ataques de patógenos.

La comparación de los registros climáticos indicadores de disponibilidad hídrica (precipitaciones y reserva hídrica de los suelos durante la estación de crecimiento) se ha llevado a cabo tan sólo sobre el conjunto de años característicos que responden al criterio combinado, siempre que estos se mostraran en alguna de las dos laderas. La tabla 2 indica la interpretación de estos años.

El empleo de estos parámetros meteorológicos resulta muy eficaz en la interpretación de los años característicos en la ladera de solana. Los árboles situados en la parte más seca del bosque reaccionan positivamente de forma muy clara a un mayor aporte hídrico durante el verano, como sucede en los años más húmedos (1958, 1971 y 1987). Del mismo modo, los períodos de sequía en verano y en menor medida en primavera, permiten interpretar una gran parte de los años negativos en esta ladera, especialmente en lo que se refiere a las sequías de primavera y verano coincidentes el mismo año (como es el caso de los años 1955, 1967 y 1976).

Por el contrario, la mayor parte de los años en la ladera de umbría (húmeda), en la cual la insolación y evaporación son menores, resultan muy difíciles de interpretar usando estos parámetros, y por tanto debe entenderse que la disponibilidad hídrica es normalmente alta (tal y como se manifiesta por la vegetación presente) y por consiguiente mucho menos limitante para el crecimiento de los árboles, razón por la que la respuesta obtenida a este parámetro es baja.

### 3.3. Comparación de algunos años característicos

En último lugar, y con el fin de establecer la intensidad de respuesta en una y otra ladera, se ha procedido a la comparación de los árboles que reaccionan ante un aconteci-

miento en años concretos, cuyos diagramas de sectores, que representan el porcentaje de árboles que reaccionan, de manera positiva o negativa según el caso, pueden verse en el Diagrama 3.

Los años representados se han escogido atendiendo a tres criterios diferentes: aquellos que presentan un verano más húmedo, años con sequía en primavera y verano y los años comunes a las dos laderas. Estos diagramas ilustran lo indicado en el apartado anterior, siendo generalmente la respuesta más intensa en la ladera de solana, con un mayor número de individuos que presentan un anillo característico y mayor intensidad, ya que de todos los años analizados sólo en el año 1973 es más intensa la respuesta en la ladera de umbría.

## 4. CONCLUSIONES

La comparación de la respuesta climática del crecimiento de *Quercus robur* L. en dos laderas de diferente orientación en una misma localidad pone como manifiesto la aptitud del empleo de años característicos como indicadores ecológicos. El estudio del conjunto de años característicos en ambas laderas muestra que, si bien existe un cierto número de años comunes a ambas, lo cual cabría esperar para una misma localidad, un mayor número de años es propio de cada ladera, confirmando así que la presencia de años característicos es muy sensible a pequeñas diferencias ecológicas. Esto está en concordancia con trabajos realizados anteriormente en otras regiones, en los cuales los años característicos indican una distinta reacción de los árboles a lo largo de gradientes ecológicos (LINGG, 1986, SCHWEINGRUBER & al. 1991), o incluso a diferentes condiciones en zonas dentro de un mismo bosque (KOUOUI & SCHWEINGRUBER, 1994).

En el caso de esta localidad, los árboles situados en la ladera seca muestran un mayor número de años característicos, con unas relaciones bioclimáticas claras, lo cual es coherente con la hipótesis de FRITTS (1976), que considera los árboles de hábitats secos

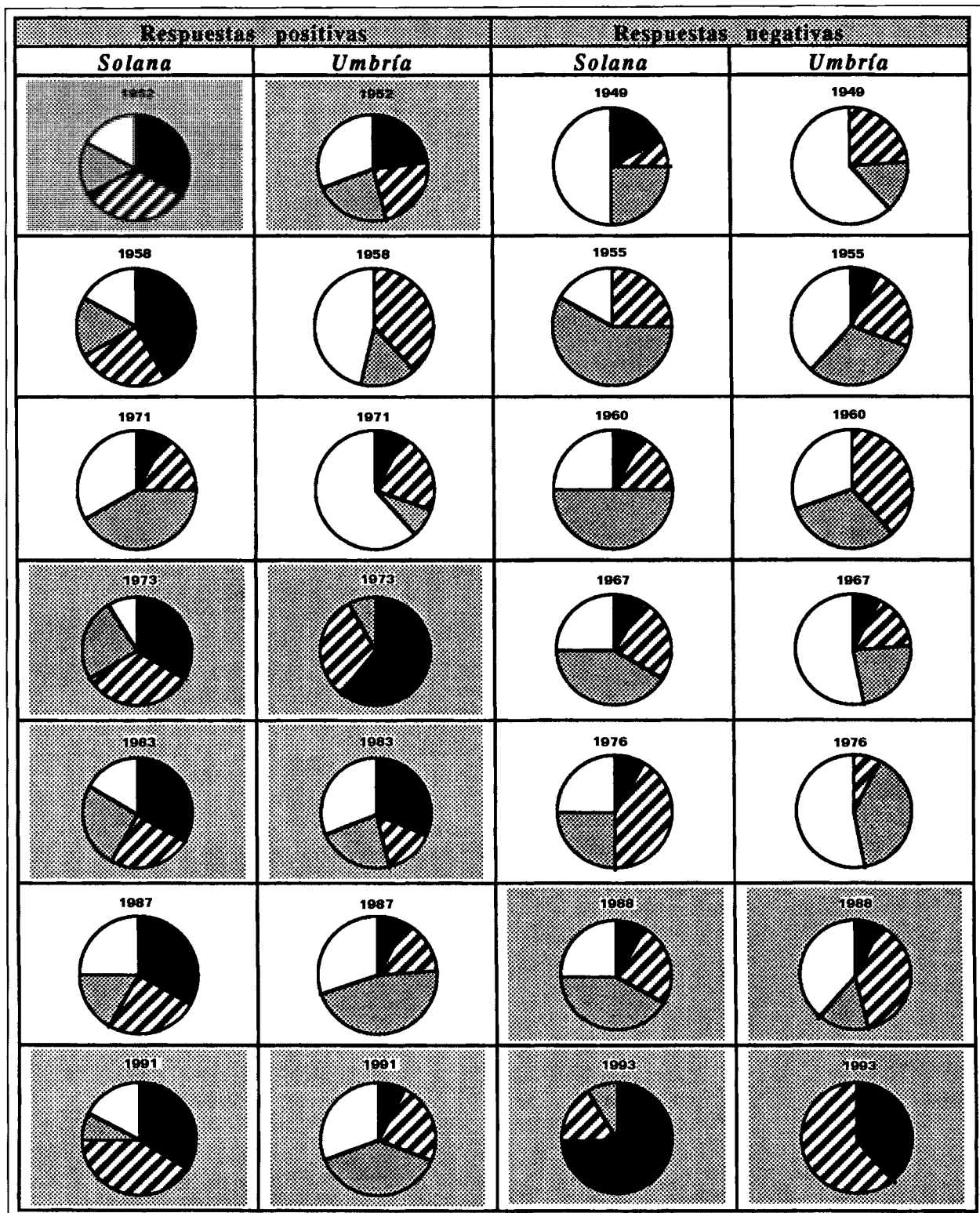


Diagrama 3.- Porcentaje de anillos característicos para algunos años (negro: >150%; gris rayado 100-150%; gris claro 50-100%; blanco: ausencia de anillo característico). El fondo gris indica los años característicos comunes a las dos laderas

mejores indicadores climáticos que los situados en hábitats húmedos. Los árboles en

ambas laderas reaccionan tanto a eventos positivos como negativos, pero la respuesta



positiva se muestra de forma mucho más clara en la ladera seca, de modo similar a lo obtenido por SCHWEINGRUBER & al. (1991) en un valle de los Prealpes Suizos.

Finalmente, la influencia de la disponibilidad hídrica durante el verano y, en menor medida, durante la primavera, puestas de manifiesto mediante la interpretación de años característicos, viene a confirmar lo obtenido en un trabajo anterior (GARCÍA GONZÁLEZ & al., 1996b) para la misma zona, así como en algunas funciones de respuesta de otras áreas de Galicia (PÉREZ ANTELO, 1993, BEORLEGUI ZOZAYA, 1994).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEORLEGUI ZOZAYA, M.; 1994. Reconstrucción de variables climáticas durante las últimas centurias en el Noroeste peninsular a partir de series dendrocronológicas. Tesis Doctoral. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Navarra.
- DOUGLASS, A. E.; 1939. Crossdating in Dendrochronology. *J. For.* : 825-831.
- ECKSTEIN, D. & BAUCH, J.; 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 88: 230-250.
- FRITTS, H. C.; 1971. Dendroclimatology and dendrochronology. *Quaternary Research* 1:419-449.
- FRITTS, H. C.; 1976. *Tree-Rings and Climate*. Academic Press. London, UK.
- GARCÍA GONZÁLEZ, I., DÍAZ VIZCAÍNO, E. & MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; 1996a. Aplicación de un modelo no lineal de reserva hídrica en el suelo a la interpretación de una serie dendrocronológica del norte de Galicia. *XII Bienal Real Sociedad Española de Historia Natural*. Madrid, 11-15 Marzo 1996.
- GARCÍA GONZÁLEZ, I., DÍAZ VIZCAÍNO, E., MARTÍNEZ CORTIZAS, A. & RAMIL REGO, P.; 1996b. Identificación de años de sequía en una serie dendrocronológica de las Sierras Septentrionales de Galicia. En: Guitián Rivera, L. & Lois González, R. (Coords.): *Actividad humana y cambios recientes en el paisaje*. 119-130. Xunta de Galicia. Consellería de Cultura e Comunicación Social.
- HOLMES, R. L.; 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 44: 69-75.
- IZCO, J., AMIGO, J. & GUITIÁN, J.; 1990. Los robledales galaico-septentrionales. *Acta Botánica Malacitana* 15: 267-276.
- KOUKOU, P. & SCHWEINGRUBER, F. H.; 1994. Flächenbezug von Ereignisjahren. *Dendrochronologia* 12: 135-144.
- KRAUSE, C.; 1992. Ganzbaumanalyse von Eiche, Buche, Kiefer und Fichte mit dendroökologischen Methoden. Diss. Univ. Hamburg.
- LaMARCHE, V. C., HIRSCHBOECK, K. K.; 1984. Frost rings in trees as record of major volcanic eruptions. *Nature* 307: 121-145.
- LINGG, W.; 1986. Dendroökologische Studien an Nadelbäumen im alpinen Trockental Wallis (Schweiz). Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Bericht 287:1-81.
- LÜHRTE, A. V.; 1991. Dendroökologische Untersuchungen an Kiefern und Eichen in den stadtnahen Berliner Forsten. *Landschaftsentwicklung und Umweltforschung*, Schriftenreihe 77, Technische Univ. Berlin.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; 1986. Estimación del balance hídrico en suelos gallegos de escasa reserva. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 45: 901-915.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A.; 1987. Balance hídrico y regímenes de humedad para suelos de elevada reserva en la provincia de Pontevedra. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 46: 247-261.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A. & CARBALLEIRA, A.; 1988. Necesidades de riego para cultivos exigentes en Galicia deducidas del modelo de Newhall. *Avances en Bioclimatología*, 9: 393-404.

- NEWHALL, F.; 1976. Calculation of moisture regimes from the climatic record. USDA Soil Conservation Service, Soil Survey Investigations Report. Washington.
- NOLA, P.; 1991. Primo approccio alla dendroclimatologia della quercia [*Quercus robur* L. e *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.] in Pianura Padana (Italia Settentrionale). *Dendrochronologia* 9: 71-94.
- PÉREZ ANTELO, A. & FERNÁNDEZ CANCIO, A.; 1995. Dendrocronologías de las Sierras Orientales Gallegas: los Ancares y el Courel (España). *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 4 (1): 5-31.
- PÉREZ ANTELO, A.; 1993. Dendrocronología de *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Quercus pyrenaica* Willd., *Quercus robur* L., sus nothotáxones y *Castanea sativa* Miller en Galicia (España). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.
- SCHWEINGRUBER, F. H. & KAENNEL, M. (eds.); 1995. *Multilingual Glossary of Dendrochronology*. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.
- SCHWEINGRUBER, F. H.; 1993. *Jahrringe und Umwelt. Dendroökologie*. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.
- SCHWEINGRUBER, F. H., ALBRECHT, H., BECK, M., HESSEL, J., JOOS, K., KELLER, D., LANGE, K., NIEDERER, M., NIPPEL, C., SPANG, S., SPINNLER, A., STEINER, B. & WINKLER-SEIFERT, A.; 1986. Abrupte Zuwachsschwankungen in Jahrringen als ökologische Indikatoren. *Dendrochronologia* 4: 125-183.
- SCHWEINGRUBER, F. H., ECKSTEIN, D., SERRE-BACHET, F. & BRÄKER, O. U.; 1990. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. *Dendrochronologia* 8: 9-38.
- SCHWEINGRUBER, F. H., WEHRLI, U. & ALLEN-RUMO, K.; 1991. Weiserjahre als Zeiger extremer Standortseinflüsse. *Schweiz Z. Forstwes.* 142: 33-52.
- Z'GRAGGEN, S.; 1991. Dendrohistometrisch-klimatologische Untersuchungen an Buchen (*Fagus sylvatica* L.). Diss. Univ. Basel.