

Dendrocronología del roble en Gipuzkoa. Análisis climático a partir de las series de crecimiento.

Autores: *Josué Susperregi Lasalde y Susana Prado Álvarez*

En las siguientes páginas se presenta el resultado del trabajo llevado a cabo en los últimos años por el laboratorio de dendrocronología de Arkeolan. El objetivo inicial del proyecto era obtener series de anillos de roble que permitieran el solapamiento con maderas de construcción, arqueológicas u otras descontextualizadas, para así llegar a establecer una cronología de referencia para el Territorio Histórico de Gipuzkoa.

Sin olvidar nunca este primer objetivo, se han aprovechado las prospecciones y muestreos en distintas localizaciones para realizar un estudio más amplio del roble en Gipuzkoa, con especial atención a las variedades *robur* y *petraea*, indistinguibles anatómicamente (SCHWEINGRUBER, 1993), y sus posibles hibridaciones, de cara a determinar extremos tales como los perfiles de edad de los bosques estudiados, la intervención humana habida en ellos y las posibles consecuencias derivadas de esta actuación en su desarrollo y crecimiento, así como la determinación de la influencia del clima sobre los árboles.

Para llevar a cabo estos objetivos se han utilizado los métodos y fundamentos de la dendrocronología, así como de uno de sus subcampos, que es la dendroclimatología, la cual utiliza anillos de árboles datados para reconstruir y estudiar el clima del presente y del pasado o, lo que es lo mismo, establecer las variables climáticas que influyen decisivamente en el crecimiento de los árboles. Esto es así porque el árbol se comporta como un filtro que recibe e integra los factores climáticos creando anillos de un determinado grosor, lo que H. Fritts ha denominado *ventana climática*.

Con el planteamiento previo de estos objetivos se ha procedido a la realización de muestreos en distintas masas de robles, diversificación que pretendía cubrir en lo posible todo el ámbito territorial de Gipuzkoa. Se ha pretendido buscar en todo momento conjuntos de árboles con una densidad suficiente como para poder obtener un número de muestras representativo a la hora de construir las cronologías. Del mismo modo, también se han seleccionado individuos longevos, de al menos cien años, para poder así cubrir un espacio temporal amplio. Se han recogido muestras en los siguientes lugares:

- Irun
 - Caserío Legia (69 muestras)
 - Caserío Tximista (9 muestras)
 - Endara (19 muestras)
- Hernani
 - Barrio Jáuregui (25 muestras)
- Zestoa
 - Presalde (18 muestras)
- Pagoeta
 - Iturraran (30 muestras)
 - Agorregi (27 muestras)
 - Cruce Manterola (15 muestras)
 - Laurgain (23 muestras)
 - Caserío Erreista (36 muestras)
- Oñati
 - San Martín (59 muestras)
 - Santa Lucía (33 muestras)

- Deba Punta Mendata (24 muestras)
- Andoain Leizaran (10 muestras)
- Oiartzun Arditurri (33 muestras)
- Lazkao Gaztainari Haundi (24 muestras)
- Parque del Duque (56 muestras)

Una vez obtenidas las muestras, el primer paso, que a la larga se ha revelado como la tarea más compleja y laboriosa, ha sido el de la medición y estandarización de las series para construir las cronologías locales correspondientes a cada lugar de muestreo. De las trece localidades prospectadas, ha sido posible sacar adelante las series maestras de nueve de ellas; todas cubren un período de más de cien años, llegando incluso a los doscientos en el caso de Santa Lucía, y tienen una densidad superior a los diez individuos, a excepción del Cruce de Manterola, que se queda en siete componentes. Con los otros cuatro lugares, Iturraran y Agorregi en Pagoeta, Punta Mendata en Deba y caserío Erreista en Aia, la construcción de sus correspondientes cronologías ha debido postergarse a causa de las grandes dificultades halladas en su sincronización; la gran intervención sobre los árboles en forma de trasmucho hace necesario un largo proceso de filtrado de cara a la localización de los anillos dobles o ausentes, algo similar ocurriría con Punta Mendata, aunque aquí las causas no habría que buscarlas tanto en factores exógenos como en la peculiar situación de los árboles, en pendiente muy pronunciada y expuestos a las inclemencias y los temporales por su extrema cercanía al mar.



Foto 1. *Árbol trasmucho en Agorregi (Pagoeta)*

Uno de los fines más importantes del presente estudio ha sido la determinación de la capacidad de los robles como archivos climáticos, registros vivientes que guardan en sus anillos anuales todas aquellas incidencias relacionadas con el clima que han

afectado a su crecimiento, como sequías, heladas extemporáneas u otros. Los árboles de las regiones templadas mantienen un ciclo anual compuesto por un período de crecimiento (primavera y verano) y un período de latencia. Por norma general, todas las reservas alimenticias de la planta que no son utilizadas en el mero hecho de sobrevivir, sirven para propiciar incrementos en el crecimiento; por tanto, puede entenderse el crecimiento de los árboles como una expresión del exceso de fotosíntesis, función que depende de las condiciones ambientales de cada año.

Esto se ha realizado a través de la determinación de los años significativos para cada cronología, es decir, aquellos años en los que más del 75% de los componentes de la serie presentan el mismo comportamiento formando un anillo estrecho o ancho según los casos. Aquí también se han podido apreciar tendencias características de cada localidad y un cierto patrón común a todas ellas.

Asimismo, han sido analizados en el presente estudio los perfiles de edad de los bosques, es decir, la antigüedad de los árboles muestreados. Para ello se ha considerado el número de anillos, o de años, de las series, teniendo en cuenta que muchas de ellas alcanzaban la médula del árbol o estaban muy cercanas a ella. La edad fisiológica del árbol se define como el número de años transcurridos desde la germinación de la semilla o desde la aparición de un brote de cepa o de raíz a partir de yemas adventicias; sin embargo, en el primer caso la edad puede ser determinada datando el primer anillo, pero en la segunda circunstancia la edad sólo puede ser establecida de forma aproximada.

Este texto, que recoge los resultados de esta fase del proyecto se divide en varios apartados, a través de los cuales se hace un completo recorrido por todas las fases desarrolladas en el estudio de los robles; en primer lugar, se describe la metodología seguida tanto en el muestreo como en la preparación de las muestras, su medida y la construcción de las cronologías; en el capítulo de los muestreos se describen los entornos de los lugares prospectados, así como el número de muestras extraídas y las características de las mismas; a continuación, dentro de los perfiles de edad de los bosques se realiza un acercamiento a la determinación de la edad de los bosques, así como su evolución y la influencia de la intervención humana; dentro del apartado de las cronologías se habla de la construcción de las mismas, así como de las dificultades encontradas y una posible explicación para las mismas; para finalizar, en la relación de años característicos, se realiza un primer acercamiento a la influencia del clima en el crecimiento de los árboles, el cual tendrá un mayor desarrollo en las conclusiones.

Quisiéramos también aprovechar estas páginas para mostrar nuestro agradecimiento a las personas e instituciones que han hecho posible la realización de este proyecto. En primer lugar, Mertxe Urteaga, sin cuya decisión y tenacidad nunca hubiera existido un laboratorio de dendrocronología en Irun; de igual manera todos y cada uno de los componentes del equipo de Arkeolan, quienes, a lo largo de estos años, han venido ofreciéndonos el soporte técnico y humano necesario para nuestro trabajo. También debe destacarse aquí el apoyo económico otorgado por la Diputación Foral de Gipuzkoa, a través de sus departamentos de Cultura y Agricultura y Medio Ambiente. En último lugar, aunque no por ello menos importante, queremos señalar la gran ayuda que ha supuesto siempre la tutoría científica de la doctora Emilia Gutiérrez Merino, profesora titular del Departamento de Ecología de la Facultad de Biología (Universidad de Barcelona).

METODOLOGÍA.

La elección de los lugares de muestreo se ha realizado, en primera instancia, a partir de la revisión de los mapas de vegetación, además se contactó con la guardería forestal siempre que fue posible, se realizaron prospecciones *in situ*, y, por supuesto, las conversaciones con los habitantes de la zona que siempre aportan datos de interés en cuanto a la existencia de ejemplares longevos y las intervenciones realizadas sobre éstos.

La extracción de las muestras, también denominadas testigos o *cores* (KAENNEL *et al.*, 1996) se ha llevado a efecto con dos barrenas de tipo *Pressler*, de longitudes de 30 y 40 cm respectivamente, que han sido utilizadas indistintamente en función del grosor y estado de conservación de los troncos. Las muestras han sido tomadas siempre a la altura de 1.30 m, que, según todas las fuentes (STOKES y SMILEY, 1996), es la recomendada para este tipo de estudios. Siempre que ha sido posible se han extraído dos muestras de cada árbol, e incluso tres en los casos en que alguna de las dos primeras fuera muy corta o la madera se encontrara en mal estado. Una vez en el laboratorio, los testigos se han secado al aire y luego han sido fijados mediante colas a soportes de madera individuales para facilitar su preparación y manejo.

La preparación ha consistido en un proceso de lijado y pulido con un número variable de lijas de distinto grosor de grano, hasta conseguir una visión suficientemente nítida como para realizar una medición exacta del grosor de los anillos bajo la lupa.



Foto 2. Trabajo en la mesa de medida

Posteriormente se ha procedido a la identificación de los anillos de crecimiento y la medida de los mismos. Para ello se ha utilizado una estación de medida LINTAB (RINN, 1989-1996), compuesta por una mesa de medida semiautomática y una lupa binocular, conectada a un ordenador en el que las mediciones quedan registradas gracias al programa TSAP (RINN, 1989-1996), diseñado específicamente para el trabajo con las especies propias de climas templados y, por tanto, el más adecuado para los estudios de esta índole en Europa. Esta utilidad informática permite, no sólo el almacenamiento de los datos de las medidas, sino también su posterior tratamiento de cara a la *estandarización y sincronización*.

Una vez obtenidas las series de cada árbol, se ha realizado una primera *estandarización* de las medidas, es decir, el paso de las mismas por un filtro estadístico con el fin de eliminar las tendencias individuales de crecimiento. Asimismo, en los casos en que ha sido posible, se ha obtenido un promedio de la dos o tres muestras que se habían tomado de cada árbol para eliminar las diferencias en las variaciones producidas por los crecimientos asimétricos del tronco.

A continuación se ha llevado a cabo una primera sincronización, también denominada *crossdatación* o *datación cruzada* de las series de cada localidad, para, posteriormente, repetir el proceso con el resto de series procedentes de otras zonas. Mediante este proceso se realiza una comparación de las series por parejas, tanto en su totalidad como anillo por anillo, estableciéndose los índices de correlación óptimos a través de todo un conjunto de tests estadísticos. De esta manera se eliminan aquellas series cuyas tendencias en el crecimiento no presentan rasgos comunes con el resto.

Esta primera sincronización realizada con el TSAP ha sido posteriormente comprobada y corregida mediante el programa COFECHA (HOLMES, 1997). Este segundo proceso ha permitido aislar con más claridad las posibles perturbaciones en el proceso de medida, así como la existencia de anillos ausentes, aquéllos que sólo aparecen en alguna porción de la superficie de crecimiento, y los anillos falsos (crecimientos tardíos o tempranos de tal envergadura que pueden, sin embargo, ser medidos como anillos verdaderos). Para la detección de este tipo de anomalías se ha utilizado también el programa ITRVIEW (VAREM-SANDERS, 1996), que permite la comparación visual de las gráficas de los índices de crecimiento con los ajustes más convenientes para la correcta sincronización de las series. Finalmente, en los casos en que ha sido necesario modificar las series de crecimiento mediante la supresión o introducción del dato correspondiente a algún anillo en particular, se ha utilizado el programa ITRDB CORING (BOSCH, 1997).

MUESTREOS

AGORREGI (PAGOETA)

Dentro del parque de Pagoeta, en las inmediaciones de la ferrería de Agorregi, se encuentra un bosque de robles trasmochos, que, tras ser examinado, se decidió muestrear por su posible longevidad. Se trata de algunos ejemplares dispuestos en las cercanías de la regata de la ferrería, en una zona umbría sin pendiente.

Su deterioro ha dificultado enormemente la extracción de testigos, pero finalmente se han obtenido muestras de quince de estos árboles, con una media de 115,67 anillos.

En este caso, y a pesar de la longevidad de los árboles, ya que algunos superarían los 200 años si se tienen en cuenta aquellos anillos que faltan hasta alcanzar la médula, la práctica del trasmocheo ha tenido tal influencia sobre las tendencias de crecimiento de estos ejemplares que la pauta común atribuible a los factores climáticos queda enmascarada por las distorsiones provocadas por la acción humana, con lo que las correlaciones de las series entre sí no son significativas.

El proceso de sincronización de estas muestras entre sí sigue realizándose con el fin de poder ser utilizadas en un futuro.

ARDITURRI (OIARTZUN)

En las estribaciones del macizo Aiako Harria, e incluido en el parque natural del mismo nombre, se localiza el coto minero de Arditurri, dentro del término municipal de Oiartzun. En un entorno de suaves laderas a ambos márgenes del río y como consecuencia de sucesivas repoblaciones se pueden encontrar pequeños bosquetes mixtos, con fuerte presencia de robles autóctonos. Si bien no se trata de ejemplares longevos, se han incluido en la campaña de muestreos por su relativa abundancia y sobre todo por el entorno privilegiado en el que se encuentran, ya que al no verse apenas afectados por la actividad humana sus patrones de crecimiento deben estar libres de perturbaciones antrópicas y, por tanto, ser de gran utilidad para la extracción de conclusiones acerca de la influencia del clima en su desarrollo.

Finalmente, se muestrearon dieciséis árboles y se obtuvieron treinta y tres testigos. La media de anillos totales es de 41,46 y la de anillos de albura de 14,96. La juventud de estos árboles y las bajas sincronizaciones entre ellos ha hecho imposible la construcción de una cronología para esta localidad e, incluso, el establecimiento de promedios entre las dos series de un mismo árbol.

BARRIO JAUREGI (HERNANI)

En los alrededores de la Finca Zabalaga de Hernani, en dos laderas de suave pendiente, se pueden encontrar una treintena de ejemplares de una longevidad destacable de *Quercus robur* y *petraea*. Estos árboles, de porte impresionante en algunos casos, no presentan heridas o infecciones aparentes, pero sí una morfología claramente asociada a la práctica del trasmocleo, con grandes cicatrices provocadas por la poda selectiva de ramas principales y grandes huecos en el interior de sus troncos. La intervención humana en estos casos ha tenido una tremenda influencia en el crecimiento y desarrollo de los individuos, pues al examinar las muestras bajo la lupa se podían observar grandes compresiones de anillos, es decir, grupos de años en los que el crecimiento del árbol ha sido mínimo debido a la disminución de su área foliar por la poda de ramas principales.

A pesar de estos rasgos de fuerte intervención, dada su patente longevidad se han muestreado todos aquellos ejemplares en que ha sido posible la extracción de testigos, superándose la veintena de árboles con una media de 125,21 anillos.

Se ha logrado establecer una cronología para este lugar, mediante la sincronización de aquellas series de este grupo que presentan buenas correlaciones entre sí.

CASERÍO ERREISTA (PAGOETA)

A poca distancia de Aia, en dirección a Laurgain, dentro de los terrenos del caserío Erreista se sitúa un pequeño rodal, compuesto por una veintena de robles. Su antigüedad se hace notoria por el estado de los troncos y la situación de las ramas. En cualquier caso, era evidente que habían sido intervenidos por el hombre de forma reiterada, con profusión de huecos en su interior y copas desprotegidas.

A pesar del aspecto externo de los ejemplares se decidió muestrearlos, consiguiéndose un total de 36 testigos, con una media de anillos totales de 126,33 y 23,33 de albura. Todos los intentos para sincronizar las muestras y obtener medias o una cronología con muestras individuales han sido infructuosos. Las alteraciones de origen antrópico antes mencionadas provocan reducciones bruscas de las series de crecimientos y compresiones de anillos lo que hace extremadamente complicado determinar el principio y final de cada anillo.



Foto 3. Muestreo en Olaberria (Irun)

CRUCE DE MANTEROLA (PAGOETA)

En la carretera que comunica Aia con Zarautz, a la altura del cruce que lleva al caserío Manterola y a la ferrería de Agorregi, se sitúa un área recreativa en la que se conservan una docena escasa de robles de buen porte. En el mismo lugar conviven hayas, posiblemente de nueva plantación, ya que no se encuentran a la altitud propia de esta especie.

Los individuos no presentaban rasgos de intervención humana, como pueden ser los trasmoches, los cuales acaban por desproteger la copa del árbol. Se han seleccionado un total de once árboles, aunque finalmente sólo se han aprovechado las muestras de diez de ellos, las cuales presentan una media de 80,66 anillos totales y 17,06 de albura.

Se han podido obtener series medias de cinco árboles, con las cuales se ha construido una cronología de la que se tratará más adelante.

GAZTAINARI HAUNDI (LAZKAO)

En los alrededores del caserío Gaztainari Haundi, dentro del término municipal de Lazkao, se sitúa un robledal de importantes características, tanto por el número de individuos como por la longevidad de los mismos. En apariencia, su porte no es espectacular ni los diámetros de sus troncos excesivos, pero a la larga se ha revelado como una de las mejores localizaciones.

Se muestrearon quince árboles, aunque las muestras de tres de ellos no pudieron ser utilizadas. De los árboles válidos, se obtuvieron un total de 24 muestras, con una media de anillos totales de 126,58 y 23,45 de albura. A continuación se realizaron las medias de ocho series y se construyó una cronología local.

IRUN

Las primeras localizaciones de robles y los primeros muestreos se realizaron en el entorno de Irun. Entre 1998 y 2003 se han prospectado más de setenta árboles y se han obtenido unas cien series de anillos. Los ejemplares más longevos se localizaron en la zona de Ibarla, alrededor del caserío Legia; se trataba, en gran medida, de árboles muy alterados, tanto por los sucesivos trasmocheos que se les habían practicado, como por el propio decaimiento de la vejez.

De los árboles citados más arriba, una veintena pertenece al caserío Tximista, en cuyo acceso, a los lados del camino, se conservan casi treinta robles. Todos ellos presentaban un porte interesante, pero las alteraciones sufridas por ellos no han permitido obtener buenas cronologías de estos lugares.

ITURRARAN (PARQUE DE PAGOETA)

Dentro del parque natural de Pagoeta, en las inmediaciones del caserío Iturrarán, se encuentran entre veinticinco y treinta robles que, por su porte y aspecto deteriorado, parecen de edad considerable. Los grandes huecos que presentan la mayoría en sus troncos, así como su morfología, son indicativos de una fuerte intervención humana.

El muestreo de estos ejemplares ha sido bastante problemático, sobre todo por el mal estado de conservación de la madera y los huecos en los troncos, lo que ha hecho muy difícil obtener testigos de unas mínimas dimensiones. Finalmente se han extraído muestras de trece individuos con una media de 127,29 anillos.

Algunas de estas series superan los 200 años, y, teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos no se pudo alcanzar la médula del árbol, se podría afirmar que en este bosque existen árboles de más de 250 años de edad, lo cual los hace extremadamente valiosos para la dendrocronología.

Sin embargo, la intensa y continuada intervención humana sobre estos árboles (podas y trasmocheos) ha tenido como consecuencia una grave distorsión de las pautas de crecimiento, lo que da lugar a la aparición de grandes diferencias en cuanto a la anchura de los anillos, con grupos de ellos que muestran un desarrollo mínimo, el cual, sin embargo, no parece, en principio, achacable a eventos climáticos, sino más bien a los efectos de la acción antrópica.

Debido a todo ello, las correlaciones que presentan las series entre sí no son significativas; es decir, sus series de crecimiento no se ajustan a una pauta común, por lo que por el momento se continúa en el trabajo de sincronización de estas muestras para poder utilizarlas más adelante.

LAURGAIN (PAGOETA)

En el casco urbano del barrio de Laurgain, junto al palacio del mismo nombre se sitúan una quincena de robles; ubicados en hilera, delimitan terrenos de pasto y el camino que lleva al casco urbano de Laurgain. Aparentemente, la importancia de sus copas y la presencia de ramas bajas no hace pensar en trasmocheos, al menos recientes. Cuentan, además, con troncos muy altos y rectos.

Se han muestreado doce árboles, aunque hubieron de despreciarse las muestras obtenidas de uno de ellos. Las series de Laurgain presentan una longitud media de 104,47 anillos totales y 19,82 de albura. Además se han conseguido series medias de ocho de ellos, con las que se ha podido construir la correspondiente cronología

PARQUE DEL DUQUE (LAZKAO)

En la trasera del palacio de los duques del Infantado, al otro lado del río, se sitúa el conocido como *Parque del Duque*. En origen formaba parte del parque del palacio, pero actualmente es una zona recreativa de uso público. Se conservan en este entorno más de treinta robles, muchos de ellos centenarios, aunque también debe señalarse cómo muchos de ellos están afectados por enfermedades, huecos en su interior y afectaciones por parásitos muy similares a las observadas en algunos individuos de robledal de San Martín de Oñati.

En esta localización se han recogido muestras de veintiséis árboles, con una media de anillos totales de 98,16 y 18,26 de albura. Se han promediado las series de diecinueve individuos, con los que se ha construido una cronología.

PRESALDE (ZESTOA)

En el barrio de Presalde, de la localidad de Zestoa, dentro de los terrenos del caserío Zizurrola, se han localizado un grupo de robles que por su porte parecían adecuados de cara al muestreo. Tras conseguir el pertinente permiso de los propietarios, se llevó a cabo la extracción de testigos de diez de estos ejemplares.

Exteriormente no presentaban señales de alteraciones graves ni de intervención humana. A pesar de no tratarse de árboles demasiado longevos, con una media de 75,27 anillos, y desarrollarse en un entorno favorable (terreno sin pendiente y buenas condiciones edáficas), sus series de crecimiento presentan muy buenas correlaciones entre sí.

Por otra parte, este muestreo se ha revelado a la larga de gran importancia, ya que constituye la pieza de encaje entre aquellas cronologías más cercanas a la costa, Hernani e Irun, y las del interior, Santa Lucía y San Martín.

PUNTA MENDATA (DEBA)

En el término municipal de Deba, se han localizado un grupo de unos quince robles en el entorno denominado Punta Mendata. Se trata de un lugar muy próximo al mar y los árboles se sitúan en una zona de abrupta pendiente, muy afectada por los fuertes vientos y los temporales del invierno. Los ejemplares, por su porte, no parecían en un principio demasiado longevos, pero la peculiaridad de su situación geográfica los hacía muy interesantes por las condiciones ambientales bajo las que se encuentran.

Finalmente se han muestreado catorce de estos árboles, revelándose como individuos de una longevidad considerable, con una media de 144,47.

Sin duda, es la peculiaridad de su situación lo que provoca unas pautas de crecimiento distintas a las observadas hasta el momento en otros lugares. Ésta ha sido la causa de que hasta el momento no se hayan conseguido sincronizar estas muestras entre sí. Asimismo, de su comparación con el resto de series de otros lugares se deducen buenas correlaciones con otras zonas próximas a la costa, pero sin presentar los niveles de significación adecuados.

SAN MARTIN (OÑATI)

En los alrededores de la ermita de San Martín, dentro del casco urbano de Oñate, se encuentra una campa con más de cien árboles, la mayoría de los cuales son robles de una longevidad considerable.

En este caso, se realizó un primer muestreo sobre individuos de distinto porte, para, después de su preparación, poder determinar, al menos de forma orientativa, la edad en relación con el tamaño y forma del árbol. De esta manera, el muestreo se continuó teniendo en cuenta las relaciones observadas entre porte y edad, con el fin de seleccionar aquellos ejemplares potencialmente más longevos. Así, se llegaron a muestrear más de 30 árboles, extrayéndose siempre que fue posible dos muestras por árbol. La media de anillos de estos árboles es de 134,97 anillos.

Los ejemplares, que sobrepasaban en su mayoría los 100 años, no presentan signos de intervención humana aparentes, aunque en algunos individuos de entre los más longevos (aquéllos situados en la trasera de la ermita), se aprecian rasgos indicativos de infecciones por hongos que actúan destruyendo la madera por debajo de la corteza y provocando grandes agujeros.

Al tratarse de árboles que han crecido sin apenas influencia antrópica, al menos en cuanto a los ya referidos trasmocheos, y al encontrarse en un lugar de características homogéneas (sin diferencias de pendiente, insolación, etc.), la comparación entre individuos resultaba muy interesante pues, en principio, debían presentar unas

características comunes de crecimiento. Esta premisa se pudo confirmar más adelante, y además de la sincronización de estas series entre sí, ha resultado la elaboración de una cronología con unos índices de correlación y significación muy importantes.

SANTA LUCÍA DE BEREZAO (OÑATI)

Apenas a un kilómetro de la ermita de San Martín, aunque en un entorno rural, rodeado de caseríos y con tránsito de ganado, se encuentra la ermita de Santa Lucía, en cuyas inmediaciones se localiza una campa con unos cuarenta robles de gran porte y aparente longevidad.

El proceso de extracción de testigos se vio entorpecido en muchos casos por el mal estado de conservación de los individuos, con grandes huecos en sus troncos. A pesar de ello se consiguió muestrear un total de 18 ejemplares con una media de 121,9 anillos.

Si bien el lugar reúne características para un idóneo crecimiento de los árboles, otra vez nos encontramos ante una caso en el que la fuerte intervención del hombre sobre estos ejemplares ha tenido graves consecuencias sobre su crecimiento. Aparecen grandes compresiones en las series de anillos, con lo que la sincronización entre muestras se convierte en un proceso de enorme dificultad. A pesar de ello se ha conseguido elaborar una cronología a partir de las series de este lugar, muchas de las cuales rozan los doscientos años de antigüedad.

CRONOLOGÍAS OBTENIDAS –LOCALES Y REGIONAL-

Se han conseguido construir un total de diez cronologías, nueve de ellas locales, correspondientes a las distintas zonas de muestreo (Irún, Hernani, San Martín, Santa Lucía, Presalde, Cruce de Manterola, Laurgain, Gaztainari Haundi y Parque del Duque) y una regional, formada a partir de componentes de las anteriores.

Las series obtenidas con muestras de las restantes zonas de muestreo continúan siendo analizadas para su sincronización, y se espera poder elaborar a partir de ellas cronologías para estos lugares que aporten nuevos resultados en un futuro cercano.

CRONOLOGÍA DEL CRUCE DE MANTEROLA

En la confección de esta cronología se han incluidos siete series, cinco de ellas son promedio de las dos muestras de un mismo árbol, las otras dos son series individuales que no pudieron ser promediadas con su pareja por anomalías de la muestra. Su densidad no es muy alta, pero las buenas correlaciones entre sus componentes y las series de otras localidades le otorgan suficientes garantías. Esta cronología abarca el período que va del año 1894 a 2002, y la media de anillos de las series incluidas es de 87,42.

CRONOLOGÍA DE GAZTAINARI HAUNDI

Esta cronología es la más larga, después de Santa Lucía, de las construidas en esta campaña, ya que abarca buena parte del siglo XIX, a pesar de que el intervalo 1827-1851 esté cubierto por una sola serie. La densidad de la cronología es de once series, cinco de ellas son promedios y seis son series individuales. La media de las series que la componen es de 123,54 anillos.

CRONOLOGÍA DE HERNANI

Se ha obtenido una cronología compuesta por siete series que abarcan el intervalo comprendido entre los años 1880 y 2000. A pesar de que las muestras recogidas contaban, por término medio, con un mayor número de anillos, en varios casos se ha hecho necesario eliminar intervalos de aquellos más antiguos debido a graves problemas de sincronización. Las fuertes compresiones presentes en parte de las series, ocasionadas con seguridad por los trasmoches y podas dificultaban la datación cruzada de las muestras y ofrecían resultados que podían inducir a error, por lo que se ha preferido eliminar aquellas partes problemáticas en lugar de despreciar toda la serie. Debido a estos ajustes, la media final es de 80,42 anillos.

CRONOLOGÍA DE IRUN

La cronología de Irun cuenta con la peculiaridad de estar compuesta por series procedentes de dos entornos distintos. De las catorce muestras, doce pertenecen a los alrededores del caserío Legia de Ibarla, mientras que las dos últimas se extrajeron de los robles del caserío Tximista en Olaberria. En esta ocasión se ha preferido reunir series distintas a causa de las buenas correlaciones que permitían aumentar la densidad del período 1860-1999. La media de anillos obtenida es de 70,92, debido a que han tenido que despreciarse partes de las series por su mal estado.

CRONOLOGÍA DE LAURGAIN

La cronología de Laurgain está compuesta por once series, de las que siete son promedios de series de un mismo árbol. Las sincronizaciones, también en este caso, han sido muy altas; se ha desechado la posibilidad de incluir alguna serie más para evitar que bajaran los índices de correlación. Su intervalo va de 1875 a 2002, siendo la media de anillos superior a los cien, en concreto 114,54.

CRONOLOGÍA DE PARQUE DEL DUQUE

La cronología de esta localidad es, junto a la de San Martín, una de las de mayor densidad, algo lógico ya que estamos también ante el muestreo en que se recogieron mayor número de testigos. Su intervalo va de 1862 a 2002 y la inmensa mayoría son promedios de series, siendo sólo dos de ellas series individuales. En este caso, la media de anillos supera también los cien, siendo de 107,80.

CRONOLOGÍA DE PRESALDE (ZESTOA)

La cronología de esta localidad está compuesta por doce muestras y abarca el período comprendido entre 1893 y 2000. La sincronización en este caso no ofreció excesivas complicaciones gracias a la homogeneidad de las muestras. Su situación en un entorno sin pendiente y la ausencia de evidencias de intervención ha permitido un crecimiento sin alteraciones externas al árbol. La media de anillos es de 79,16.

CRONOLOGÍA DE SAN MARTIN (OÑATI)

Se ha elaborado una curva maestra a partir de veinticinco muestras que abarcan el período comprendido entre 1844 y el año 2000. La densidad de esta cronología es una de las más altas. Además, los índices de correlación entre las series son de gran calidad y la media de anillos que presentan las series ronda los cien años, en concreto 97.

CRONOLOGÍA DE SANTA LUCÍA (OÑATI)

Esta serie maestra, compuesta por doce series que abarcan el intervalo 1798-2000. Se trata de robles de gran antigüedad de los que, a pesar de los huecos internos han podido extraerse muestras de calidad. La importancia de esta cronología radica, por tanto, en el largo intervalo temporal conseguido. La media de anillos de las muestras se sitúa en 112,41.

CRONOLOGÍA REGIONAL

La cronología regional o general está formada por una selección de series de todas las localidades en las que se han realizado muestreos. Se han incluido series promedio siempre que ha sido posible, cuando esto no ha sido así se ha recurrido a las series individuales. La proporción de su presencia guarda relación con la densidad de las propias cronologías. Se ha recurrido exclusivamente a localidades en las que se había construido una cronología previa; la prueba con series no incluidas en ninguna cronología resultó afortunada en ocasiones, pero no han querido incluirse por su falta de representatividad.

| COMPONENTES | Nº DE ANILLOS | INTERVALO | LOCALIDAD |
|---------------------|----------------------|------------------|------------------|
| LDI 145 | 78 | 1920-1997 | Irun |
| LDI 146 | 56 | 1942-1997 | Irun |
| LDI 159 | 54 | 1944-1997 | Irun |
| LDI 187 | 60 | 1938-1997 | Irun |
| LDI 249 | 47 | 1952-1998 | Irun |
| LDI 251 | 74 | 1925-1998 | Irun |
| LDI 266 | 59 | 1940-1998 | Irun |
| LDI 267 | 67 | 1932-1998 | Irun |
| LDI 280 | 124 | 1875-1998 | Irun |
| LDI 281 | 138 | 1861-1998 | Irun |
| LDI 429 | 63 | 1937-1999 | Irun |
| LDI 430 | 66 | 1934-1999 | Irun |
| LDI 686 | 61 | 1940-2000 | Hernani |
| LDI 702 | 120 | 1881-2000 | Hernani |
| LDI 783 | 81 | 1910-1990 | Oñati |
| LDI 784 | 44 | 1957-2000 | Oñati |
| LDI 786 | 86 | 1915-2000 | Oñati |
| LDI 809 | 91 | 1910-2000 | Oñati |
| LDI 810 | 144 | 1857-2000 | Oñati |
| LDI 813 | 113 | 1887-1999 | Oñati |
| LDI 814 | 116 | 1874-1989 | Oñati |
| LDI 829 | 166 | 1835-2000 | Oñati |
| LDI 832 | 92 | 1909-2000 | Oñati |
| LDI 842 | 101 | 1900-2000 | Oñati |
| LDI 843 | 112 | 1889-2000 | Oñati |
| LDI 851 | 142 | 1859-2000 | Oñati |
| LDI 852 | 95 | 1906-2000 | Oñati |
| LDI 853 | 70 | 1908-1977 | Oñati |
| LDI 854 | 136 | 1865-2000 | Oñati |
| LDI 855 | 126 | 1875-2000 | Oñati |
| LDI 856 | 114 | 1887-2000 | Oñati |
| LDI 857 | 113 | 1888-2000 | Oñati |
| LDI 866 | 84 | 1917-2000 | Oñati |
| LDI 867 | 98 | 1903-2000 | Oñati |
| LDI 879 | 60 | 1941-2000 | Oñati |
| LDI 882 | 133 | 1868-2000 | Oñati |
| LDI 894 | 107 | 1894-2000 | Oñati |
| LDI 923-924 | 87 | 1914-2000 | Presalde |
| LDI 925-926 | 68 | 1933-2000 | Presalde |
| LDI 927-928 | 100 | 1901-2000 | Presalde |
| LDI 931-932 | 87 | 1914-2000 | Presalde |
| LDI 935-936 | 107 | 1894-2000 | Presalde |
| LDI 937-938 | 81 | 1920-2000 | Presalde |
| LDI 1292-293 | 105 | 1897-2002 | Cruce Manterola |
| LDI 1294-295 | 108 | 1894-2002 | Cruce Manterola |
| LDI 1296-297 | 75 | 1927-2002 | Cruce Manterola |
| LDI 1298-299 | 48 | 1954-2002 | Cruce Manterola |
| LDI 1300-301 | 106 | 1896-2002 | Cruce Manterola |

| | | | |
|----------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
| LDI 1307-308 | 102 | 1900-2002 | Laurgain |
| LDI 1309-310 | 106 | 1896-2002 | Laurgain |
| LDI 1312-313 | 123 | 1879-2002 | Laurgain |
| LDI 1314-315 | 115 | 1887-2002 | Laurgain |
| LDI 1316-317 | 115 | 1887-2002 | Laurgain |
| LDI 1318-319 | 127 | 1875-2002 | Laurgain |
| LDI 1320-321 | 114 | 1888-2002 | Laurgain |
| LDI 1332-333 | 133 | 1869-2002 | Gaztainari Haundi |
| LDI 1334-335 | 115 | 1887-2002 | Gaztainari Haundi |
| LDI 1342-343 | 82 | 1920-2002 | Gaztainari Haundi |
| LDI 1358-359 | 125 | 1877-2002 | Parque del Duque |
| LDI 1364-365 | 90 | 1912-2002 | Parque del Duque |
| LDI 1370-371 | 59 | 1943-2002 | Parque del Duque |
| LDI 1376-377 | 69 | 1933-2002 | Parque del Duque |
| LDI 1378-379 | 115 | 1887-2002 | Parque del Duque |
| LDI 1385-386 | 131 | 1871-2002 | Parque del Duque |
| LDI 1391-392 | 131 | 1871-2002 | Parque del Duque |
| LDI 1393-394 | 135 | 1867-2002 | Parque del Duque |
| LDI 1395-396 | 130 | 1872-2002 | Parque del Duque |
| LDI 1397-398 | 140 | 1862-2002 | Parque del Duque |
| LDI 1401-402 | 71 | 1931-2002 | Parque del Duque |
| LDI 1405-406 | 130 | 1872-2002 | Parque del Duque |
| LDI 1407-408 | 125 | 1877-2002 | Parque del Duque |
| Densidad = 71 | Media = 99,23 anillos | Intervalo = 1835-2002 | |

Al construir una cronología maestra con series procedentes de las distintas localidades se pretendía determinar la existencia de un patrón común de crecimiento para todo el territorio. En un principio se compararon las cronologías locales pero las coincidencias encontradas y los bajos índices de correlación no ofrecían las suficientes garantías, ya que por un lado quedaban agrupadas las cronologías de Oñati y, por otro, las de Irun y Hernani, mientras que la de Presalde servía a modo de bisagra para realizar el encaje de este primer grupo; en cuanto al segundo grupo, el que comprende los muestreos realizados en 2002, los índices de crossdatación eran buenos entre ellas. Finalmente se decidió la comparación de todas las series individuales y, en función de las correlaciones, realizar una selección. Este filtrado ha permitido la construcción de una serie maestra formada por un máximo de setenta y dos series, de las que treinta y cuatro son promedios de las medidas de un mismo árbol, y que abarca el período comprendido entre 1835 y 2002, siendo la media de unos 100 anillos.

RELACIÓN DE AÑOS CARACTERÍSTICOS

Se denominan años característicos a aquellos anillos anuales que difieren visiblemente del anterior y del posterior en algún aspecto, como puede ser su anchura total, la mayor o menor proporción de madera de verano, tamaño y número de los vasos, presencia de tejidos traumáticos, heridas, variaciones en la densidad, etc., y que aparecen frecuentemente en árboles de una región o lugar de muestreo en particular. Estos anillos son indicadores ecológicos de factores locales o regionales y eventos que tienen influencia en el crecimiento del árbol. Al reflejar las influencias ecológicas, son de gran utilidad para establecer patrones de crecimiento geográficos y temporales. La proporción de árboles que presentan un cambio abrupto en su crecimiento es una medida de la intensidad del evento ecológico-climático.

Sin embargo, tanto las características individuales del árbol como las propias de la especie y los factores antropogénicos afectan a la distribución espacial y temporal de los cambios en el crecimiento, por lo que es necesario investigar un gran número de árboles para identificar los patrones de distribución.



Foto 4. Robles en Barrio Jauregi (Hernani)

A partir del análisis de los índices de crecimiento recogidos en las distintas cronologías elaboradas, se puede construir un registro con aquellos años en los que el

crecimiento de los árboles tiene un carácter excepcional, tanto si se trata de incrementos positivos como negativos. Estos años, también llamados *firmas* o *signaturas*, son marcados como *significativos* si la mayoría de los ejemplares estudiados presentan el mismo comportamiento. Su importancia radica en su capacidad para identificar aquellos años en que se han dado condiciones climáticas extremas, así como su frecuencia y la alternancia entre años de crecimiento alto y bajo. Para aceptar un año como significativo, al menos cuatro individuos dentro de la cronología deben presentar el mismo comportamiento en ese año. Además, se suelen dividir en tres categorías, según el porcentaje de individuos que los reflejan; así, su nivel de significación dependerá de si la misma tendencia es observada en el 75, 90 o 100% de los árboles con los que se ha compuesto la cronología.

En un primer acercamiento, mediante la determinación de índices relativos para el conjunto de las cinco cronologías locales, agrupados en intervalos de diez años desde 1870 hasta 1999, se puede afirmar que el período con mayor número de años significativos es 1970-1979, seguido de 1980-1989 y 1960-1969. Otro pico destacable sería el de 1900-1909, mientras que el resto de los grupos se mantiene más o menos constante, a excepción del grupo 1890-1899, que destaca por la baja presencia de signaturas.

En términos generales, el período común para todas las cronologías construidas en el que pueden observarse aquellos años significativos que afectan a todo el territorio va desde 1937 hasta 1999. Este intervalo viene marcado por la cronología de Hernani, que, a pesar de comenzar en 1880, sólo empieza a contar con cuatro componentes desde 1937. A partir de esa fecha los años que pueden considerarse con igual significación para todas las series son 1971, 1972, 1982, 1983 y 1986. Tanto 1971 como 1983 son años de crecimiento positivo, mientras que 1972, 1982 y 1986 presentan un incremento negativo. La sucesión de dos años con índices de crecimiento contradictorios, como son 1971-1972 y 1982-1983, marcan de forma definitiva la existencia de *signaturas* para esos períodos, ya que en las especies leñosas de clima templado, como es el caso del *Quercus*, no se busca tanto el año aislado, sino la tendencia general de una sucesión de anillos. En otro sentido, fuera de las fechas antes señaladas, las tendencias se muestran diferenciadas para cada cronología, aunque también se aprecian constantes según las localidades se encuentren más cerca de la costa o sean más interiores.

Al analizar más detalladamente las distintas cronologías se pueden apreciar tendencias de comportamiento diferenciadas y que pueden asociarse en distintos grupos. Así, las cronologías de San Martín y Santa Lucía presentan, a rasgos generales, una evolución muy similar. Dentro del período común a ambas, que va de 1867 a 1999, aparecen hasta un total de veintiocho años significativos comunes, destacando especialmente algunos intervalos en los que podríamos establecer con claridad la presencia de signaturas. Así ocurre con 1904-1905-1906, 1923-1924, 1954-1955-1956, 1971-1972, 1975-1976, 1982-1983 y 1988-1989. En el mismo sentido, podrían agruparse también las cronologías de Irun y Presalde, las cuales, con un intervalo común menor, que va de 1925 a 1998, llegan a coincidir hasta en veintidós ocasiones, siendo las más significativas, las parejas de años 1955-1956, 1963-1964, 1971-1972, 1975-1976, 1979-1980, 1982-1983 y 1986-1987, las cuales se repiten en el grupo anterior. La cronología de Hernani es la que presenta un patrón de comportamiento menos definido, coincidiendo indistintamente con uno u otro grupo según los años, aunque sí se aviene a la tendencia general en aquellos años comunes para todas.

Es destacable el alto número de años característicos registrados en la cronología de Presalde, ya que sólo en el período de 1914 a 1999 presenta un total de 20 anillos significativos en los que el 100% de los árboles muestreados presenta la misma tendencia (creciente en 10 años y decreciente en otros 10). El número de signaturas al 75% también es muy alto, un total de 33 años en el mismo período. Esta homogeneidad puede explicarse al tratarse de un bosque de árboles de edad muy similar y en cuyo crecimiento no se observan señales de intervención humana.

En cuanto a las otras cronologías, como la del Cruce de Manterola, ésta presenta un comportamiento ligeramente diferenciado, mantiene la tendencia general de crecimientos negativos o positivos, pero, quizá por estar formada sólo por siete series, el número de años significativos es mayor que en las otras cronologías, además, con mayores porcentajes.

A la hora de señalar otras coincidencias, es destacable el intervalo 1982-1986, en el que todas las cronologías, a excepción de Manterola, muestran el mismo comportamiento. Debería hablarse aquí de una signatura, ya que estamos hablando de un intervalo amplio de años en el que un buen porcentaje de los árboles representados responde de la misma manera. En este caso, puede afirmarse sin dudar que estamos ante la respuesta al fenómeno del Niño, registrado en los años 1982 y 1983 como el más importante de los últimos cien años, junto con la sequía de otoño de 1985 o las heladas de abril de 1986. Otra signatura claramente establecida, sería la que se produce en el intervalo 1878-1880, aunque aquí sólo tendríamos dos cronologías representadas: Gaztainari y Parque del Duque. También podría hablarse de signatura entre 1971 y 1973, aunque la cronología de Laurgain falle en 1971, al no alcanzar el porcentaje mínimo, su tendencia es igual al resto de cronologías. En este último caso, nos encontraríamos también ante importantes períodos de sequía.

Como ya se ha citado anteriormente, el mayor número de años significativos estaría en la cronología de Manterola, mientras que Laurgain se situaría en el polo opuesto. En cualquier caso estas variaciones numéricas no presentan gran importancia al tratarse en todos los casos de cronologías construidas con árboles de entornos muy limitados.

Queda por hacer referencia a la cronología general o regional y a su comportamiento en cuanto a años significativos: mantiene unos porcentajes y un número total de años característicos similar al resto de cronologías, a la vez que su reacción en los años determinantes para todas las cronologías se mantiene.

Otro rasgo de gran interés es el aumento que se produce en la frecuencia de años característicos desde los años 60 hasta la actualidad. En los años 1975 y 1976 se observa una tendencia inversa en los índices de crecimiento de las cronologías según éstas provengan de zonas costeras o interiores: así, el primero de ellos es característico por el bajo crecimiento en las curvas de áreas cercanas a la costa (Irun, Hernani y Zestoa), mientras que en las curvas de zonas interiores, como San Martín y Santa Lucía, lo es por su alto crecimiento. En el año 1976 el proceso es inverso, con alto crecimiento en el interior y bajo en las zonas costeras.

Por lo que respecta al número total de firmas que presenta cada cronología, éste es variable, tal y como se puede ver en la tabla adjunta. Esta variabilidad viene explicada por los distintos entornos de los que proceden las cronologías, tanto hablando en términos climáticos, como de suelo o de intervención humana.

| AÑOS CARACTERÍSTICOS | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CRONOLOGÍA | + 100% | + 90% | + 75% | - 100% | - 90% | - 75% | TOTAL |
| Irun | 4 | 0 | 11 | 7 | 0 | 7 | 29 |
| Santa Lucía | 5 | 6 | 20 | 3 | 5 | 10 | 49 |
| Hernani | 2 | 8 | 9 | 4 | 3 | 9 | 35 |
| Presalde | 10 | 0 | 17 | 10 | 0 | 16 | 53 |
| San Martín | 4 | 5 | 23 | 4 | 3 | 21 | 60 |
| C. Manterola | 21 | 0 | 13 | 20 | 0 | 12 | 66 |
| Laurgain | 9 | 7 | 13 | 11 | 10 | 6 | 56 |
| Gaztainari Haundi | 10 | 5 | 16 | 8 | 8 | 10 | 57 |
| Parque del Duque | 3 | 12 | 18 | 3 | 9 | 19 | 64 |
| Gipuzkoa | 2 | 3 | 23 | 1 | 5 | 13 | 47 |

Tabla. Número de años característicos para cada cronología y sus porcentajes.

La cronología general de Guipúzcoa, elaborada con series procedentes de las distintas zonas de muestreo, presenta una elevada frecuencia de años de crecimiento característico (3 al 100% y 36 al 75%), coincidiendo además la tendencia registrada en esta curva con la de las series locales, lo cual confirma la representatividad de esta cronología y la validez de las sincronizaciones conseguidas entre muestras de distinto origen.



Foto 5. Robles en Iturraran (Pagoeta)

Estos datos coinciden con los aportados por otros estudios de este tipo realizados en los Pirineos, que confirman el aumento en la frecuencia de años característicos así como en la alternancia entre años de crecimiento alto y bajo en la segunda mitad del siglo XX (GUTIÉRREZ *et al.*, 1998), coincidiendo con la llamada *crisis climática* de este siglo.

PERFILES DE EDAD DE LOS BOSQUES E INFLUENCIA DE LA INTERVENCIÓN HUMANA

Antes de entrar en un análisis más detallado de cada localidad muestreada habría que señalar en primer lugar, dada la dificultad para encontrar bosques de frondosas de cierta edad y bien conservados en el territorio histórico de Gipuzkoa, como un éxito la localización de los árboles muestreados en estas campañas, ya que, a pesar de no alcanzar edades espectaculares, tienen la suficiente longevidad en la mayoría de los casos para llevar a cabo la realización de estudios dendrocronológicos.

Aún sin ser el objetivo prioritario de este proyecto el establecimiento de los perfiles de edad de los bosques, éstos se describen a continuación debido al valor intrínseco de estas masas boscosas, muchas de ellas residuales, tanto como parte del patrimonio natural del territorio, como por su potencial en cuanto a la extracción de datos que nos informen de la influencia del ser humano y del clima en su desarrollo.

Es importante también tener en cuenta que las estructuras de edad aquí presentadas son el resultado del análisis del muestreo previsto, y, por tanto, al no ser la estructura de edades el objetivo prioritario del proyecto, los perfiles obtenidos deben interpretarse con ciertas reservas. La distinta forma de las distribuciones de edad según las zonas de muestreo puede explicarse en parte por las diferencias en cuanto al número de árboles estudiados. Los vacíos en las columnas correspondientes a los ejemplares más jóvenes son debidos al diseño del muestreo, en el cual el objetivo eran los ejemplares más viejos, por lo que en aquellas zonas en las que se localizaron individuos longevos, los árboles más jóvenes no fueron muestreados o su medida fue desdeñada cuando no superaba los treinta años.

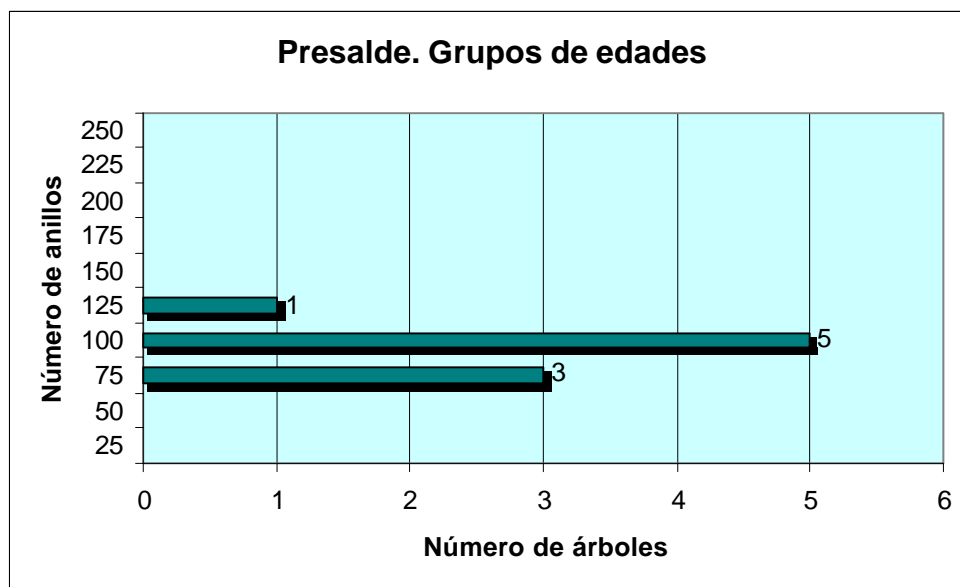


Foto 6. Bolsa de agua en el interior de un árbol

Asimismo, hay que señalar que la mayoría de las muestras obtenidas, excepto en el caso de los árboles más jóvenes, no alcanzan la médula del árbol, por lo que la edad del ejemplar sería siempre mayor que la correspondiente al número de anillos que aparecen en la muestra. Debido a los grandes huecos que se han encontrado en el interior de muchos de estos árboles, la estimación de los anillos ausentes es extremadamente difícil, de ahí que en estos perfiles se haya trabajado con la edad según los anillos de las muestras sin posteriores estimaciones.

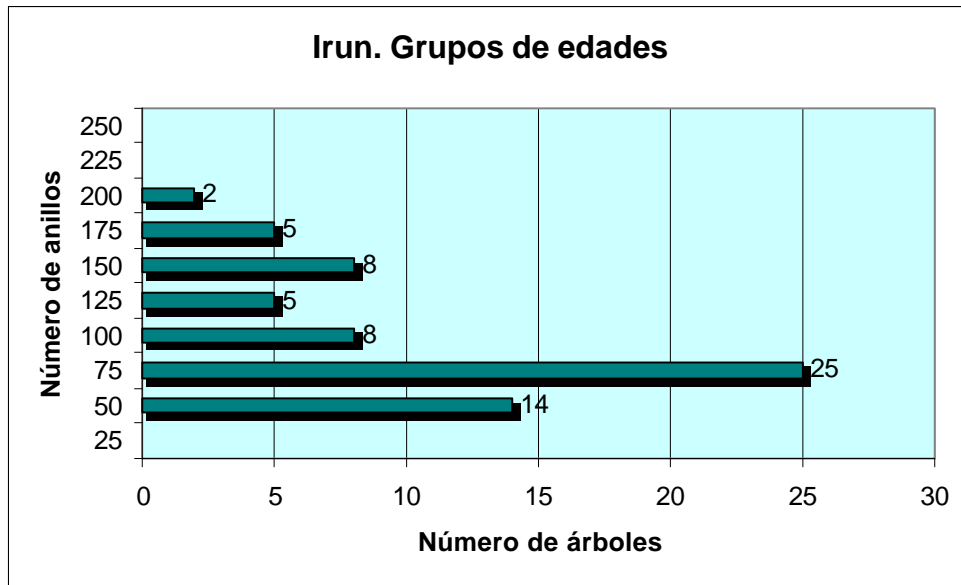
En cuanto a la interpretación de las disminuciones progresivas que se dan en algunas de estas estructuras, hay que tener en cuenta que éstas pueden ser debidas al efecto sobre la longevidad propia de la especie tanto de la presión antrópica como de la existencia de períodos de condiciones climáticas adversas. Los efectos de las actividades humanas son de distinta índole según la naturaleza de la actividad: las talas producen disminuciones en las clases correspondientes a árboles ya con una cierta edad, mientras que las actividades agrícolas o ganaderas tendrán su efecto en el período en el que tuvieron lugar, afectando a la regeneración del bosque de mayor o menor forma en función de su intensidad.

Del análisis del gráfico correspondiente a la zona de Presalde, se deduce que se trata de un grupo homogéneo de árboles plantados hace unos 125 años. Asimismo, no se localizan individuos jóvenes ya que el proceso natural de regeneración se ha visto impedido por la actividad ganadera constatada en el lugar. Es destacable el hecho de ser el único entorno muestreado con una homogeneidad de edades manifiesta.

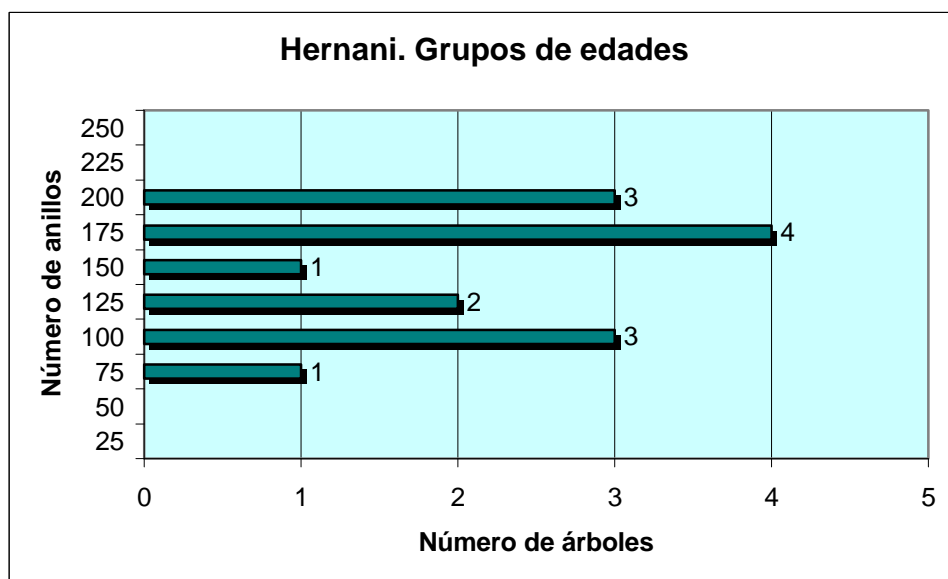


La gráfica de Irún, en la que se incluyen zonas de distintas características, es producto del muestreo tanto de grupos de árboles aislados como de bosquetes de pequeña envergadura. En ella se pueden observar dos grandes clases: una formada por ejemplares longevos y muy intervenidos que correspondería a los restos de antiguos bosques de la zona, y otra, más numerosa, formada por individuos de entre 75 y 100

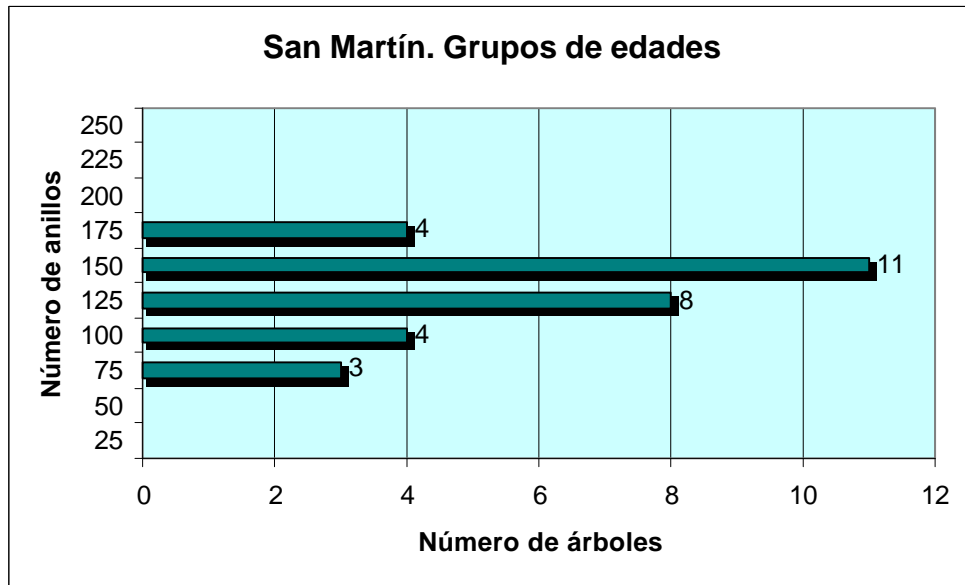
años de edad que sería el reflejo de las plantaciones realizadas en aquella época y que aún se conservan en la actualidad.



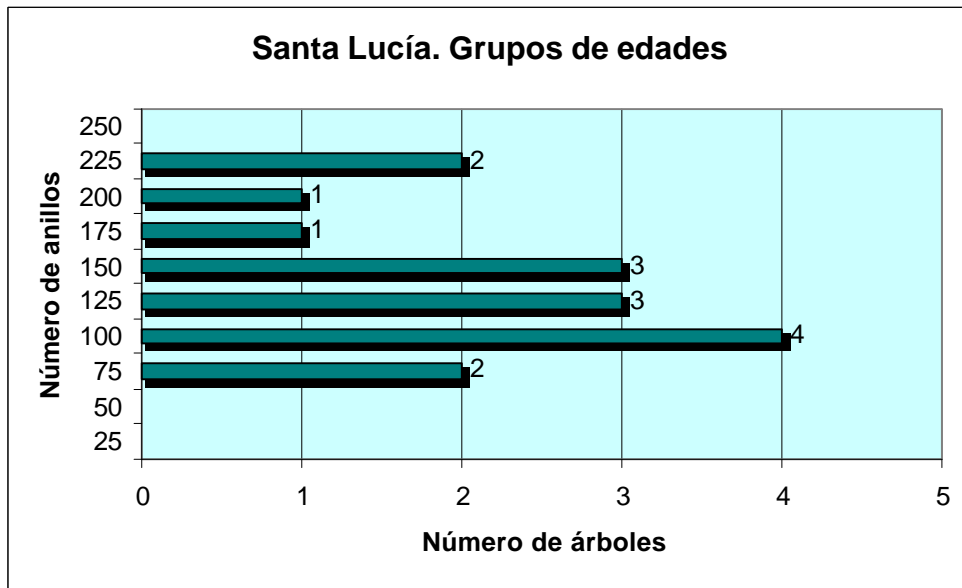
En cuanto a los árboles estudiados en la zona de Hernani, se puede ver que las clases mayoritarias son las correspondientes a los individuos más longevos, lo que situaría el origen de este bosque hace más de 200 años. Además se observa una disminución en las clases formadas por individuos de edades comprendidas entre 125 y 175 años. Esta asimetría podría explicarse por un período de fuerte intervención humana, que tuvo como consecuencia tanto una recesión en el proceso de regeneración natural del bosque, como en la aparición de las grandes compresiones de anillos observadas en las series de crecimiento de estos ejemplares, difícilmente explicables por condiciones climáticas adversas, dado el amplio período temporal que cubren.



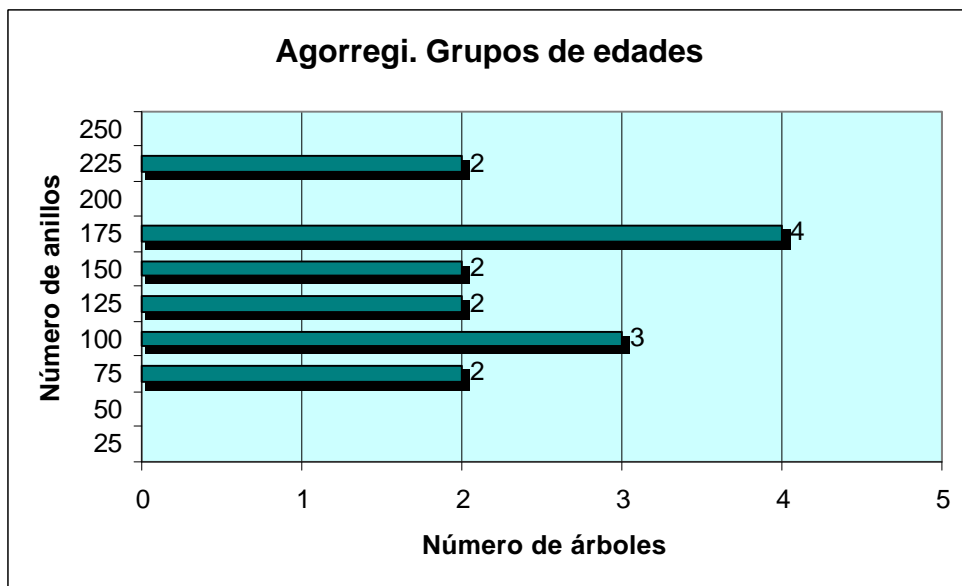
La estructura de edades de la zona de San Martín en Oñati sería la correspondiente a un bosque plantado hace unos 175 ó 200 años. Su disposición alineada y en torno a la ermita del mismo nombre, con los ejemplares más longevos localizados en la trasera de la misma, así lo confirman. La disminución en las clases formadas por individuos de mayor edad es explicable por el mal estado de conservación de los mismos, con grandes huecos en su interior y señales de infecciones por hongos, lo cual motivaría la corta longitud de las muestras obtenidas y, por tanto, su no correspondencia con la edad real del árbol.

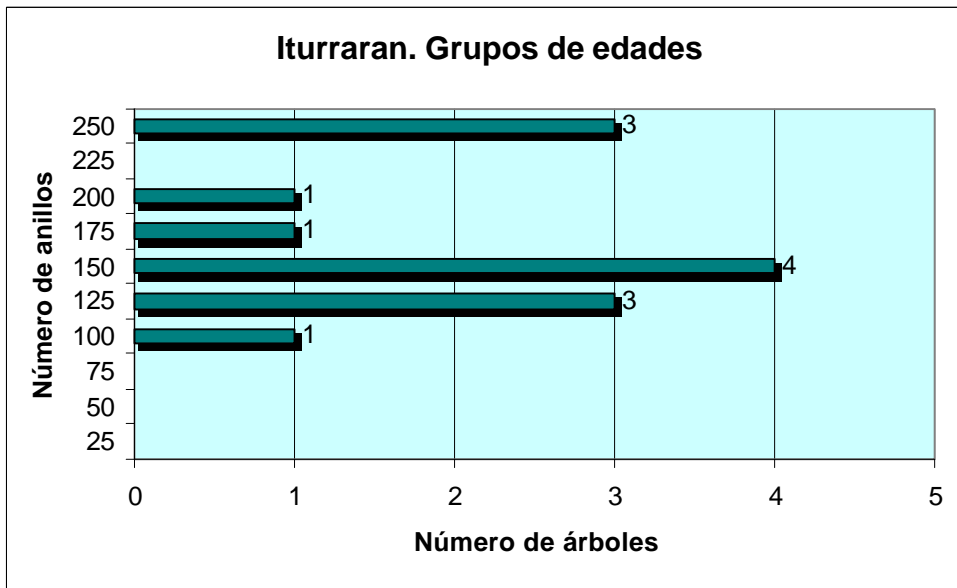


Por lo que respecta al bosque de la ermita de Santa Lucía en Oñati, su origen debe remontarse a unos 250 años atrás, al encontrarse un notable número de muestras de 225 años. En su distribución no se aprecian signos de grandes alteraciones, aunque se puede observar una disminución en las clases de edad de entre 175 y 200 años, posiblemente debida a la pobre calidad de las muestras en el caso de los ejemplares de esta edad, por su mal estado de conservación.

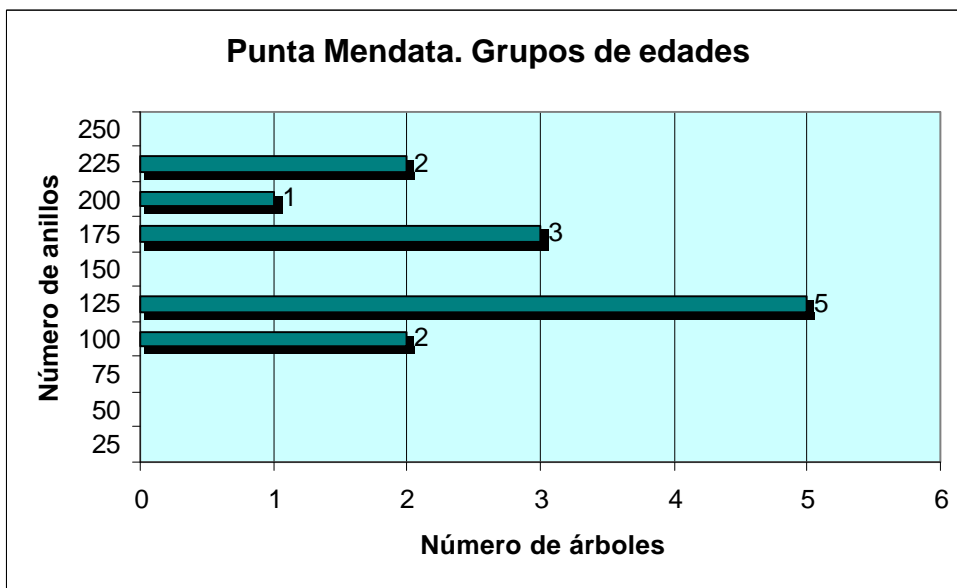


En los casos de Agorregi e Iturrarán, ambos situados en el parque de Pagoeta, presentan disminuciones en los rangos de edad correspondientes a 200 y 225 años respectivamente, apareciendo en ambos números importantes de árboles de mayor edad. La morfología de los ejemplares de Agorregi delata la práctica del trasmocheo a que fueron sometidos estos individuos y en el caso de Iturrarán, el mal estado de conservación de los árboles añadido a la intervención humana, puede explicar la disminución que también aparece en los rangos de 175 y 200 años.



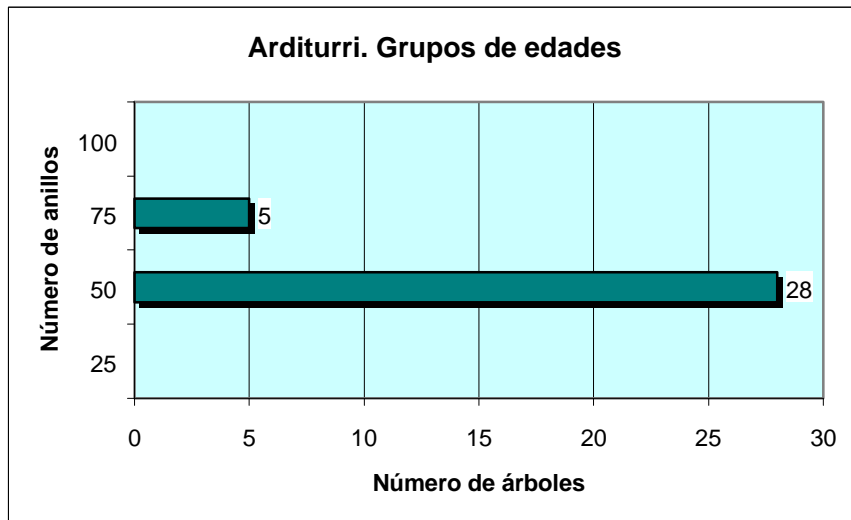


Finalmente, la distribución de edades de los ejemplares de Punta Mendata presenta una disminución en el rango de 150 años de edad y otra en el de los 200, aunque esta última es menos acusada. El primer caso puede explicarse por el reducido número de individuos muestreados y el segundo, dado su carácter puntual, a la existencia de condiciones climáticas adversas en este período.

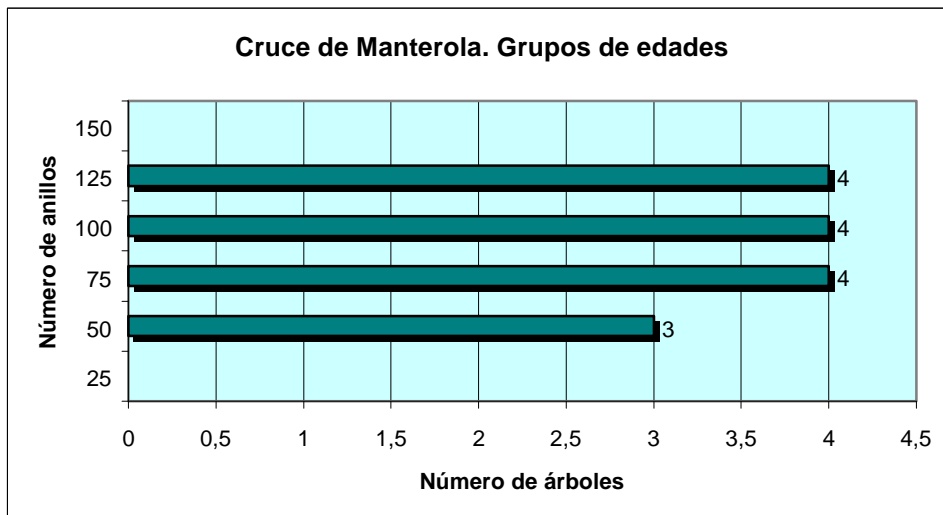


Dentro del análisis de las localidades muestreadas, cabría destacar una cierta uniformidad en los entornos prospectados. De la norma general, que podría establecerse en torno a una gran mayoría de árboles dentro del intervalo 100-150, se desviaría Arditurri, donde nos encontramos que más de un 84% de los árboles muestreados se sitúan en el intervalo 25-50. esto nos indica con gran claridad una reforestación de este lugar entre los años Veinte y Cuarenta del pasado siglo. Ni uno solo de los individuos

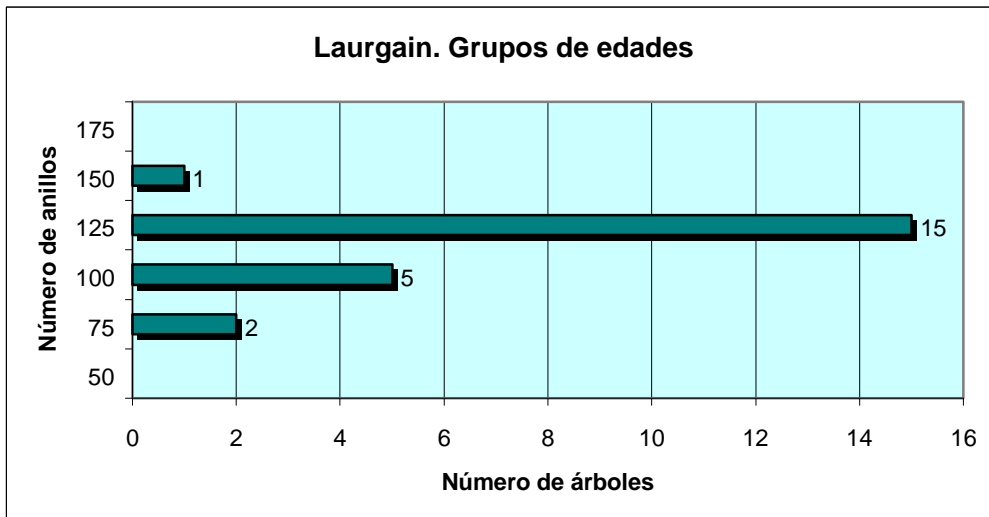
sobrepasaba la barrera de los 75 años. En cualquier caso, la zona no presentaba el aspecto de plantación moderna, ya que los árboles no se encontraban alineados.



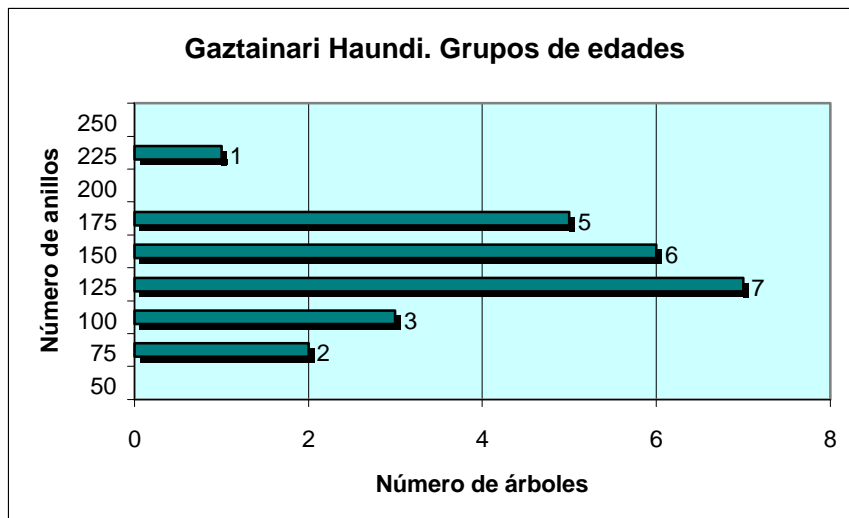
En el Cruce de Manterola, quizá debido a las pocas muestras recogidas, se aprecia gran homogeneidad en sus clases. Nos encontraríamos con un rango de edades entre los 50 y los 125 años. El reparto de individuos es casi uniforme en las cuatro clases. Estamos, por tanto, ante los restos de un bosque mixto, ya se ha señalado con anterioridad la presencia de hayas, en el que las ligeras variaciones de edad responden a la evolución natural del mismo.



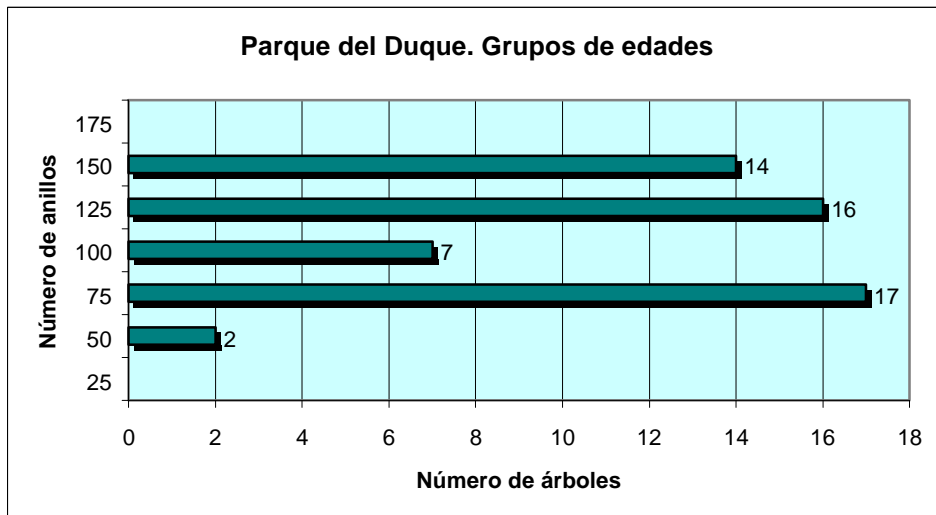
En la gráfica de Laurgain se hace evidente el predominio de individuos entre los 125 y los 150 años. Los individuos distribuidos en los otros tres intervalos no significan ni el 50% de los primeros. Debe hablarse, entonces, de árboles plantados en torno a 1860. Aquí sí puede hablarse de plantación, debido a la forma alineada de los árboles.



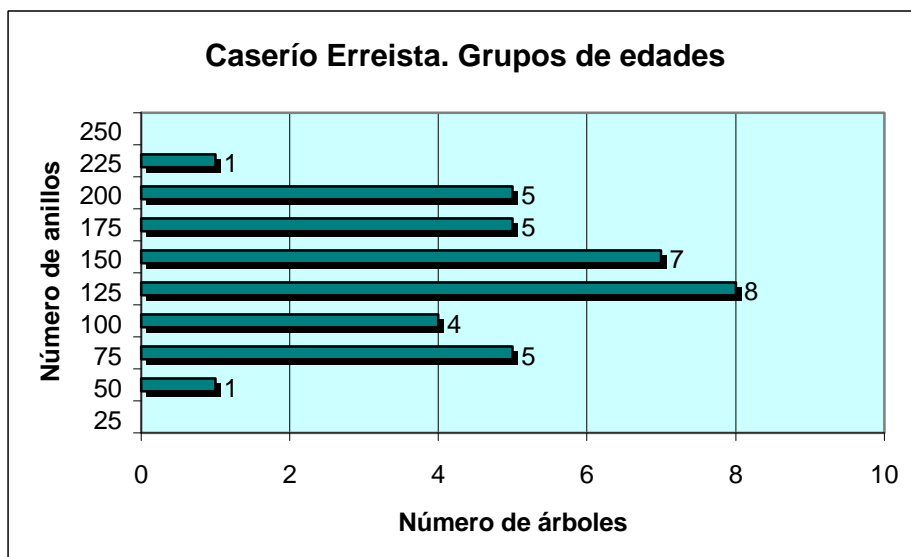
En Gaztainari Haundi se encontraron los árboles más antiguos, aunque en la representación gráfica esta antigüedad resulta más bien anecdótica, ya que es sólo una la serie que supera los 200 años. El resto de individuos quedaría repartido de forma mayoritaria entre los 125 y los 175 años, lo que daría una antigüedad máxima para este lugar entre finales del siglo XVIII y la primera treintena del XIX.



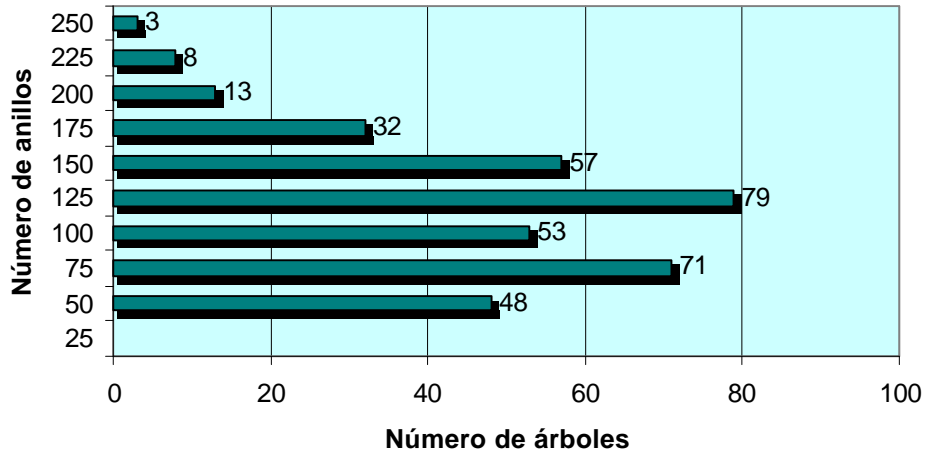
En el caso de Parque del Duque se da una mayor variedad en cuanto a los grupos de edades. El mayor grupo se sitúa por debajo de los 100 años, aunque la suma de los individuos que superan esta cifra es casi del doble que la anterior. Nos encontraríamos así, ante un bosque regenerado de forma natural, en el que han seguido creciendo robles hasta hace cincuenta años.



La gráfica del caserío Erreista es un buen reflejo de la mala condición de sus árboles. Puede hablarse aquí de los restos de un bosque antiguo, más de 225 años, mientras que las clases representadas en la gráfica remiten a gran variedad de rangos de edad. Esto resulta engañoso, ya que las series cortas se deben a árboles huecos en los que no era posible alcanzar la médula ni determinar el número de anillos que faltan.



Grupos de edades. Visión conjunta



CONCLUSIONES

A partir de este trabajo previo se ha podido establecer un perfil de edades que va desde árboles muy jóvenes de reciente plantación hasta aquéllos muy longevos que pueden alcanzar incluso los tres siglos. Estos perfiles de edad permiten avanzar una teoría general para todo el territorio. Esto es: nos encontramos, por lo general, ante reducidos restos de antiguos bosques y pequeñas afloraciones de robledales de nueva planta que no alcanzan aún los cincuenta años. En los robledales más antiguos resulta extremadamente complicado estimar la edad absoluta del individuo por los grandes huecos de su interior que impiden alcanzar la médula, a la vez que su crecimiento excéntrico también dificulta la estimación de anillos restantes para completar la serie. También es destacable, dentro de estos árboles antiguos, la ausencia de ejemplares en determinados intervalos de edad, lo que nos remite a épocas de talas intensivas en las que se eliminaban los individuos de mayor edad y porte.

Uno de los hechos más claros extraídos de este estudio, es la falta de uniformidad de los robles del territorio guipuzcoano, a pesar de estar hablando de un entorno reducido (2.000 Kms²) y con unas condiciones macroclimáticas prácticamente iguales, esto no encuentra reflejo a la hora de buscar un patrón común de crecimiento para todas las series. Solamente se han encontrado correlaciones con índices altos entre las dos cronologías de Oñati, Santa Lucía y San Martín, separadas por apenas dos kilómetros. La construcción de una serie maestra para todo el territorio sólo ha podido realizarse tras un filtrado de todas las series, dejando sólo aquellas que correlacionaban con claridad. De ahí deriva que dentro de esta cronología tengan mayor peso específico muestras procedentes de determinadas localidades, mientras que otras representaban un bajo porcentaje.



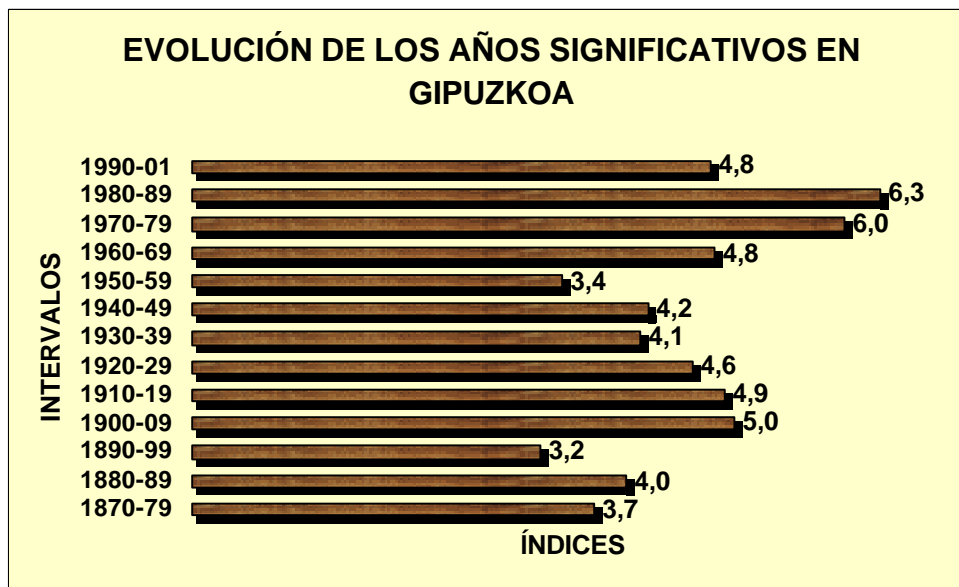
Foto 7. Robles en San Martín (Oñati)

Esta diversidad queda ratificada, más allá de la correlación de las series, a través de la determinación de sus componentes principales: método estadístico mediante el

cual se intenta aislar los rasgos comunes en cuanto a clima y otras características que marcan el crecimiento de los árboles. Las conclusiones derivadas de este análisis muestran la existencia de una señal macroclimática común que se manifiesta en las cronologías construidas a partir de series del interior del territorio, mientras que esta señal se va atenuando en las cronologías próximas a la costa. En cuanto a caracteres más concretos de cada cronología, también se han estudiado las posibles agrupaciones de sus años característicos: los años de crecimiento positivo presentan un comportamiento uniforme, lo cual estaría causado por una señal común o señales de la misma magnitud; en cuanto a los años de crecimiento negativo, se podrían establecer dos grupos, determinados por dos señales distintas o de distinta magnitud, uno correspondiente a la década de los 90 y otro a los 70 y 80.

El problema de correlación de series como las de Hernani, llevaría a hablar también de las grandes dificultades encontradas para correlacionar y construir cronologías en cuatro de los lugares muestreados. En la mayoría de los casos debe repetirse la referencia a la gran intervención humana en forma de trasmoches y podas intensivas, lo cual se refleja en la reducción de la superficie foliar del árbol y, por tanto, en grandes variaciones en su crecimiento que llevarían incluso a suprimir el crecimiento en algunos años.

A pesar de las dificultades comentadas en la construcción de las cronologías y las bajas correlaciones, uno de los apartados del estudio en el que sí ha podido encontrarse un patrón común ha sido la búsqueda de años significativos, los cuales aumentan para todas ellas en los últimos treinta años, como reflejo de la fuerte variabilidad del clima en este último período.



En otro orden de cosas, se ha apreciado en las distintas campañas de muestreos, la afección de algunos ejemplares por patologías parasitarias. Resulta curioso observar cómo se repite el mismo tipo de parásitos en el Parque del Duque de Lazkao y en San Martín de Oñati, ambas, zonas verdes semiurbanas en las que se conservan árboles centenarios, siendo precisamente los más antiguos aquéllos que resultan más afectados. Se trata de un parásito que actúa de igual manera que las termitas en la madera de

construcción, creando canales en el interior del árbol y produciendo su muerte lentamente. En el caso del caserío Erreista, la decadencia de los árboles no se debe a enfermedades o parásitos, al menos de forma directa, sino a la intervención humana. Resulta aquí del todo evidente cómo la poda intensiva de las ramas ha provocado la desprotección de la copa, hasta el punto de que distintos fenómenos meteorológicos como lluvias intensas o heladas han dado lugar a la aparición de huecos en el interior del tronco, hasta el punto de que partes del árbol se encuentran ya inactivas y acaban por desprenderse.

Estas buenas sincronizaciones han permitido mejorar la representatividad de la curva regional de Gipuzkoa. Tomando series de todos los muestreos realizados a lo largo de estos años, se ha construido una nueva cronología para el territorio histórico en la que se han incluido setenta y dos series, treinta y siete son promedios de dos radios distintos y treinta cinco son series individuales. Esta cronología recorre un intervalo de ciento sesenta y siete años, alcanzando la densidad máxima para estudiar las signaturas, o años significativos, a partir de 1861. Aunque la mayor densidad se registra en la segunda mitad del siglo XX, toda la centuria está cubierta por más de cuarenta series.

En cuanto a las aplicaciones climáticas, y con el fin de modelizar la respuesta del árbol a las variables climáticas concretas, se ha realizado una comparación directa entre los índices de crecimiento y los datos instrumentales de la estación meteorológica de Igueldo, la cual conserva el registro más completo de todo el territorio (ininterrumpido desde 1929). La comparación desvela que las precipitaciones, en general, no son un hecho determinante, mientras que las temperaturas, en especial las máximas y mínimas absolutas, sí influyen en los cambios del crecimiento, algo lógico al hablar de un entorno macroclimático caracterizado por las tendencias suaves y los escasos contrastes.

Ha de remarcarse una vez más la validez e importancia del roble como archivo climático. El análisis de los años extremos en la cronología regional muestra una concentración de cincuenta y cuatro años significativos en el intervalo 1861-2002. De éstos, treinta y tres representan un incremento del crecimiento y veintiuno muestran un descenso del mismo. En cuanto a las causas concretas que provocan la repetición de este fenómeno en la mayoría de los árboles, en algunos casos puede establecerse la relación entre el evento climático y la formación de un anillo extremo. Esto ocurriría, por ejemplo, en las prolongadas y duras sequías en la vertiente cantábrica de 1906, 1911, 1918, 1924, 1934 y 1964 recogidas en informaciones periodísticas de la época y traducidas en una reducción del crecimiento para todos los árboles analizados. En esta misma línea, dentro de la primera treintena del siglo XX, se producen algunos de los períodos más secos, acompañados de una bajada de temperaturas generalizada. Otro año en el que se registraron tanto sequía como una tremenda ola de frío fue 1986, y una vez más se da una reducción del crecimiento en todos los árboles. Estas incidencias quedan recogidas en la gráfica inferior, que muestra cómo los índices de años significativos son superiores a la media del siglo, especialmente en el decenio 1910-19.



Foto 8. Testigos o cores en soportes de madera

Aunque las alteraciones más importantes observadas se concentran en los últimos veinte años del pasado siglo, donde los índices se disparan, llegando a superar la media de la centuria en casi un treinta por ciento. En este período se encuentran algunas alteraciones que pueden explicarse a través de eventos planetarios, como es el fenómeno del Niño entre 1982 y 1986, el más importante de los últimos cien años, cuya virulencia se traduce en un período de cinco años seguidos en el que casi el cien por cien de los árboles estudiados reaccionan formando anillos más pequeños de lo normal, incluso en muchos de ellos, el anillo correspondiente a 1983 está casi ausente, ya que sólo consta de una fina línea de vasos primavera. Otros fenómenos que tienen consecuencias a nivel planetario son las erupciones volcánicas de envergadura, y se pueden constatar reducciones generales en el crecimiento de los árboles en los años 1964 y 1982, que se corresponden con las erupciones de los volcanes Agung y Elchichon respectivamente. Asimismo, la ola de frío mundial que se dio en los años 1878-1879 tuvo como consecuencia un período de tres años significativos seguidos, dándose aumentos del crecimiento en todos los árboles en los años 1878 y 1880, mientras que en el año 1879 se da una abrupta reducción en el crecimiento. Aunque sin poder hacer referencia a un fenómeno global, se pueden observar otras signaturas entre 1994-1997 y 1999-2001.

GLOSARIO.

ALBURA.

Capas más externas del xilema que, en los árboles vivos, tienen células vivas en los radios medulares y almacenan reservas. La albura tiene cuatro funciones principales: 1) transporte, 2) almacenamiento, 3) soporte mecánico y 4) protección y defensa.

ANILLO (A. DE LOS ÁRBOLES; A. DE CRECIMIENTO; A. ANUAL DE CRECIMIENTO).

Capa de células de xilema o floema producidas durante un año que, en sección transversal, aparecen como bandas o anillos. El límite entre dos anillos suele estar netamente marcado por el cambio de estructura, densidad y, en ocasiones, también de color entre las células de la madera tardía de un anillo y las de la madera temprana del siguiente.

ANILLO AUSENTE (A. DISCONTINUO; A. PARCIAL; A. LOCALMENTE AUSENTE).

Anillo de crecimiento que falta en la muestra (testigo de madera o disco del tronco) debido a la no activación del cámbium en esa zona. Los anillos ausentes se pueden localizar con la datación cruzada.

ANILLO FALSO.

Anillo aparentemente completo y con límites definidos, formado durante el período de crecimiento, pero que no es anual. Contrariamente a las fluctuaciones intraanuales de densidad, un anillo falso no puede distinguirse morfológicamente de un anillo verdadero y sólo puede ser identificado mediante la datación cruzada.

BARRENA (CALADOR PARA ÁRBOLES; BARRENA DE INCREMENTOS).

Sonda con el borde de la punta afilada, terminada en espiral y el interior hueco que se utiliza para extraer testigos de madera del árbol con la ayuda de un extractor o lengüeta. Muy frecuentemente se utiliza el término “barrena Pressler”.

CÁMBIUM.

Capa delgada de tejido meristemático situado entre el xilema secundario (hacia el interior) y el floema secundario (hacia el exterior), a los que da lugar por división celular activa.

CRONOLOGÍA.

Serie obtenida promediando varias series de anillos de árboles datadas y expresada en función de una escala temporal absoluta o relativa (flotante).

CRONOLOGÍA LOCAL.

Cronología promedio formada por varias cronologías de una estación (forestal) o localidad de muestreo.

CRONOLOGÍA MAESTRA.

Cronología media obtenida con cualquier parámetro de los anillos, normalmente se suelen combinar cronologías locales o de una estación forestal en una región determinada y es usada para datar nuevas series de anillos.

CRONOLOGÍA REGIONAL.

Cronología media establecida a partir de varias cronologías de una estación (forestal) o de varias cronologías locales distribuidas en una región grande.

DATACIÓN CRUZADA.

Procedimiento que consiste en establecer las coincidencias en el grosor de los anillos u otras características de los mismos entre muestras; permite la identificación del año exacto en el que se formó cada anillo anual, y también determinar el origen geográfico de la muestra en el caso de la madera a la deriva, madera comercial, etc.

DENDROCLIMATOLOGÍA.

Subcampo de la dendroecología que utiliza anillos de los árboles datados para reconstruir y estudiar el clima del presente y del pasado.

DENDROCRONOLOGÍA.

1. En sentido amplio, es la ciencia que data los anillos anuales de crecimiento de los árboles. Incluye investigaciones acerca de la información registrada en la estructura de los anillos datados, así como aplicaciones a cuestiones ambientales e históricas.
2. En sentido estricto, es la datación de maderas utilizando los anillos anuales; también denominada dendroarqueología, que, en este sentido, podría ser considerada como el primer subcampo de la dendrocronología.

DENDROECOLOGÍA.

Subcampo de la dendrocronología que utiliza anillos anuales datados para estudiar problemas ecológicos y ambientales, por ejemplo: cuestiones climáticas (dendroclimatología), el nivel de los cursos de agua (dendrohidrología), los procesos geomorfológicos (dendrogeomorfología), la actividad de los glaciares (dendroglaciología), los efectos de la nieve, procesos tectónicos, incendios, dinámica de bosques, efectos de la actividad humana, cuestiones químicas, contenido de isótopos, etc.

DURAMEN.

La parte más interna del xilema rodeando la médula, carece de células vivas y, normalmente, es de coloración más oscura que la albura.

EL NIÑO.

Transporte de agua superficial caliente (>28 °C) desde la parte ecuatorial oeste de la cuenca del Pacífico hacia la región ecuatorial este a lo largo de la costa oeste de Sudamérica; el fenómeno está asociado a un debilitamiento de los vientos alisios del sur-este en el este y a vientos del oeste fuertes en el oeste, el fenómeno del Niño ocurre alrededor de dos veces cada diez años, aunque el intervalo entre dos sucesos es irregular.

La Niña es el fenómeno opuesto, la temperatura del agua es inferior a 25 °C. Se dio el nombre de el Niño porque el fenómeno ocurre en Navidad y originariamente sólo se aplicó a los eventos débiles y de corta duración.

ESTANDARIZACIÓN (NORMALIZACIÓN; ESTANDARDIZACIÓN).

Extracción de las variaciones de largo período en una serie temporal de parámetros medidos en los anillos de crecimiento. El proceso consiste en dividir los valores observados (medidas de los anillos) por los valores estimados por la función de estandarización ajustada; de esta manera, una serie temporal del grosor de los anillos es convertida en una serie de índices del grosor de los mismos.

FIRMA (SIGNATURA).

Secuencia de años característicos o de intervalos característicos (uso europeo). Una secuencia o patrón de un conjunto de anillos cuya estructura de datación es distinta y única y son por lo tanto fácilmente identificables (uso americano).

FUNCIÓN RESPUESTA.

Conjunto de coeficientes obtenidos por regresión múltiple entre los índices del grosor de los anillos y las variables climáticas mensuales. En dicha regresión se suelen usar las componentes principales de los datos climáticos mensuales para estimar los índices del grosor de los anillos. Los coeficientes de regresión se multiplican por los componentes principales de las variables climáticas para obtener un nuevo conjunto de coeficientes de regresión relacionados con las variables climáticas mensuales originales.

GROSOR DE UN ANILLO (ESPESOR DE UN ANILLO).

Anchura de un anillo anual medido a lo largo de un radio.

ÍNDICE DE CRECIMIENTO (ÍNDICE DEL GROSOR DE UN ANILLO).

Valor transformado del grosor de un anillo después de dividir cada valor observado por el valor estimado obtenido de una función de crecimiento ajustada durante el proceso de estandarización.

MADERA DE PRIMAVERA (LEÑO TEMPRANO; MADERA TEMPRANA)

El xilema producido en un anillo anual en la primera parte del período de crecimiento; en las gimnospermas está caracterizado por traqueidas de pared celular delgada, y en las angiospermas por vasos de diámetro grande.

MADERA DE VERANO (LEÑO TARDÍO; MADERA DE OTOÑO).

Xilema más denso, a menudo de coloración más oscura producido en un anillo al final del período de crecimiento; en las gimnospermas se caracteriza porque las células están radialmente aplastadas y las paredes celulares son más gruesas y en las angiospermas porque hay menos vasos.

MÉDULA.

Parte central del tronco y de las ramas (a menudo falta en las raíces) formada por un tejido parenquimático de almacenamiento cuyas células suelen ser esféricas.

PERTURBACIÓN.

Alteraciones ambientales causadas por factores naturales o antrópicos tales como el fuego, avalanchas, plagas, deslizamientos de terreno, tratamientos forestales, etc.

SERIE INDIVIDUAL (CURVA INDIVIDUAL).

Serie temporal de algún parámetro de los anillos de los árboles medido a lo largo de un solo radio.

SINCRONIZACIÓN.

Localización del solapamiento entre dos cronologías.

SOLAPAMIENTO.

Intervalo de tiempo común entre dos cronologías flotantes o absolutas.

TENDENCIA.

En una serie temporal, p.ej. una serie de anillos, es la varianza de baja frecuencia cuya longitud de onda es mayor que la longitud de la serie.

TESTIGO DE MADERA (CILINDRO DE MADERA; CORE).

Un cilindro de madera delgado, extraído radialmente del tronco de los árboles vivos o muertos, vigas o de maderas encontradas en sitios arqueológicos con una barrena.

TRASMOCHAR (DESMOCHAR).

Podar la copa de un árbol de manera más o menos sistemática para favorecer la producción de brotes en su extremo (trasmucho o mocho).

Esta práctica suele hacerse por diferentes motivos, para que los brotes no puedan ser comidos por el ganado, para conseguir materia prima para cestería o leña, o simplemente para fines decorativos.

XILEMA.

Los tejidos conductores, los de sostén y los de reserva, en ramas, troncos y raíces, producidos por la diferenciación celular hacia el interior del cámbium.

BIBLIOGRAFÍA

BOSCH, O. (1997). "Coring Conversión Program", Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona. Barcelona.

FONT TULLOT, I. (1988). *Historia del clima en España. Cambios climáticos y sus consecuencias*. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid.

FRITTS, H.C. (1976). *Tree Rings and Climate*. Academic Press. New York.

GUTIÉRREZ MERINO, E.; CAMARERO, J.J.; TARDIF, J.; BOSCH, O. y RIBAS, M. (1998). "Tendencias recientes del crecimiento y la regeneración en bosques subalpinos del Parque Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici". *Ecología*, nº 12, pp. 251-283.

HOLMES, R.L. (1997). "Crossdating and measurement quality control". Laboratory of Tree-Ring Research. University of Arizona. Arizona.

KAENNEL, M. y SCHWEINGRUBER, F.H. (1996). *Multilingual Glossary of Dendrochronology*. Paul Haupt. Berna.

PRADO, S. y SUSPERREGI, J. (2000). "La dendrocronología. Definición y breve historia". *Arkeolan. Boletín informativo semestral*, nº 9/2000, pp. 8-13.

RINN, F. (1989-1996). "Digital Linear Table". Heidelberg.

RINN, F. (1989-1996). "Time Series Analysis Program". Heidelberg.

SCHWEINGRUBER, F.H. (1993). *Trees and Wood in Dendrochronology*. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg.

SMILEY, T.L. y STOKES, M.A. (1996). *An Introduction to Tree-Ring Dating*. The University of Arizona Press. Tucson.

VAREM-SANDERS (1996). "ITRVIEW 2.0. T.M.L". Canadian Forest Services.

VV.AA. (1991). "Mapa de vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco". Gobierno Vasco. Departamento de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente. Viceconsejería de Medio Ambiente. Vitoria-Gasteiz.