



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya - 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Patrones de crecimiento horario en diversas especies forestales del País Vasco

CANTERO AMIANO, A.¹

¹ Fundación HAZI Fundazioa. Granja Modelo s/n. 01192 Arkaute (Álava). acantero@hazi.eus

Resumen

El proyecto POCTEFA Canopée (2016-2019) ha permitido a HAZI instalar en 2018 un conjunto de dendrómetros de medición manual y automática en distintos árboles de parcelas de fenología, de gestión forestal adaptativa y de medición de humedad del suelo en el País Vasco. Actualmente esta tarea se continúa mediante el proyecto POCTEFA Acclimafor (2019-2022).

La medición del crecimiento perimetral de los árboles es una tarea costosa, aunque la aparición de sensores automatizados de medición continua de ese crecimiento ha venido a facilitar esa tarea.

El objetivo es doble: por un lado, conocer la pauta de crecimiento de árboles representativos de diversas especies forestales de interés (pino radiata, haya, secuoya y encina) en crecimiento libre, sin competencia, y, por otro lado, relacionar esa pauta de crecimiento con la fijación de carbono, con el decaimiento forestal y con la disponibilidad de humedad edáfica. Los datos de crecimiento recogidos son confrontados con los datos climáticos de estaciones meteorológicas próximas (pluviometría y temperatura) para relacionar dicha pauta de crecimiento. También se han confrontado esos datos con el crecimiento y densidad de cada anillo anual.

Palabras clave

Cuantificación de CO₂, datos climáticos, periodo vegetativo, decaimiento, densidad, resistógrafo.

1. Introducción

Cuantificar de forma exacta el crecimiento del fuste de los árboles forestales es una tarea nada sencilla. Las dificultades que encuentra el IFN para calcular el crecimiento anual de los árboles o de las parcelas remedidas así lo demuestra, ya que intervienen diversos factores: variación de las herramientas dendrométricas o de los equipos humanos para medir el diámetro normal de los árboles, fórmulas de cubicación empleadas, decaimiento o mortalidad de los propios árboles, ... por no hablar de los diversos factores climatológicos (temperaturas, humedad), de cantidad de CO₂ o de luminosidad que pueden aumentar o limitar el crecimiento de los árboles.

Además de la propia climatología de los últimos años, cuyo seguimiento se realiza mediante las estaciones meteorológicas de la red Euskalmet, también hay que tener en cuenta múltiples factores que influyen en el propio crecimiento arbóreo: especie forestal, herencia genética, efecto de la competencia o fertilidad del suelo.

A través de diversos proyectos europeos, HAZI ha dispuesto de una serie de herramientas para estimar el crecimiento de los árboles forestales del País Vasco. Dada la gran variabilidad de situaciones de partida antes descrita, estas herramientas no van a poder servir para cuantificar ese crecimiento, pero sí para dar una serie de pautas que aumenten el conocimiento sobre la dinámica del crecimiento forestal.

2. Objetivos

Conocer las pautas que rigen el crecimiento del fuste de diversos ejemplares de especies forestales representativas del País Vasco, pautas que pueden ser temporales o dependientes de diversos factores físicos.

3. Metodología

En el marco del proyecto POCTEFA Canopée (2016-2019), HAZI adquirió e instaló en 2018 dos dendrómetros DRL26, diseñados por la empresa EMS de Brno, República Checa. Estos dendrómetros miden con frecuencia horaria la temperatura y el perímetro de cualquier tronco. En los últimos años, han sido colocados en diversos árboles situados en diversas zonas forestales valladas y vigiladas del País Vasco, para evitar sustracciones o manipulaciones indeseadas.



Figura 1. Mapa de localización de los árboles evaluados.

Tabla 1. Características de los árboles evaluados.

Árbol	Especie	Año medición	Diámetro (cm)	Cota (m)	Localización	Cuenca
1	P.pinaster	2021	65	375	Ganguren	Cantábrica
2	P.radiata	2020	49	250	Artzentales	Cantábrica
3	Secuoya	2018-2019	25	515	Arkaute	Mediterránea
4	Haya	2021	16	375	Ganguren	Cantábrica
5	Haya (2)	2020	51	980	Iturrieta	Mediterránea
6	Encina	2018-2019	38	530	Arkaute	Mediterránea

Han sido 3 instalaciones en frondosas y 3 en coníferas, buscando variabilidad en especies, edades, diámetros normales, condiciones climáticas y altitudes. Se han realizado instalaciones anuales, de enero a diciembre en cada árbol, salvo en el primer periodo, que se extendió entre 2018 y 2019 para irse familiarizando con estos aparatos y para poder alcanzar el intervalo máximo

que cada dendrómetro permite en cuanto a medición continua del crecimiento, que es de 6 cm de perímetro. Los sensores han sido colocados a la altura de 1,3 m de fuste, buscando minimizar el efecto del sol directo y volviendo a visitar cada emplazamiento antes de poder alcanzar el citado umbral de 6 cm de crecimiento, umbral que solo ha sido superado en el caso del pino radiata y de la secuoya.

Todos los árboles eran dominantes y con cierta competencia arbórea alrededor, salvo la encina de Arkaute, que viene creciendo aislada desde hace muchos años. Debido al régimen pluviométrico de estos últimos años, ninguno de estos árboles ha sufrido stress hídrico ni limitaciones climáticas severas, salvo un pequeño periodo de sequía estival en la citada encina de Arkaute, ubicada en un entorno expuesto y de escaso suelo, y salvo el efecto del frío en el haya de Iturrieta, debido a su altitud cercana a los 1.000 m.

4. Resultados

El primer resultado conseguido ha sido modelizar los patrones de crecimiento en los diversos ejemplares evaluados. Contra lo que la lógica propone, que es un crecimiento continuo o “positivo” del perímetro o del diámetro de los árboles, lo que se constata es un crecimiento en dientes de sierra, con aumento en las horas nocturnas o más frescas y con decrecimiento (de menor magnitud) en las horas más luminosas o calurosas. Especialidades como la hidráulica o la fisiología se unen para explicar este fenómeno, pues al fin y al cabo los troncos son tubos por los que circula la savia, con un caudal que depende de las condiciones climatológicas e influye en el propio grosor del tubo. Estos mismos resultados han sido descritos por ZWEIFEL *et al.* (2021) en siete especies de árboles de bosques templados en la Red de vigilancia medioambiental TreeNet de Suiza.

A pesar de las diferencias en cuanto a especies, edades y localizaciones de los árboles evaluados, se constatan unos patrones comunes de crecimiento del perímetro normal según la hora solar (Fig. 2) y la temperatura ambiental (Fig. 3). Lo que varía, obviamente, es el crecimiento neto de cada árbol, que es proporcional a la superficie situada en la parte positiva del eje de abscisas. Se constata que los árboles aumentan su diámetro normal durante la noche, mientras que durante las horas centrales se detiene el crecimiento.

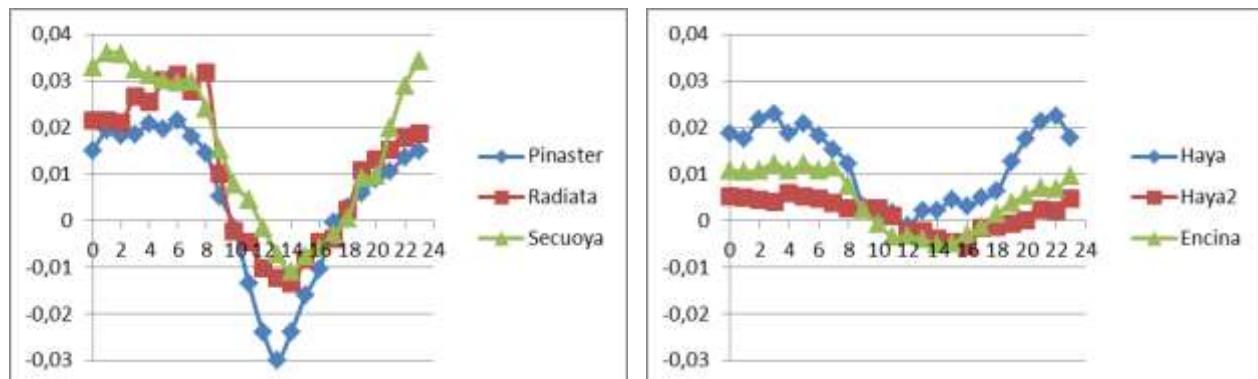


Figura 2. Comparación entre el crecimiento medio horario a lo largo del día durante el periodo vegetativo entre las coníferas (izquierda) y las frondosas (derecha).

Puede comprobarse que, en cuanto a las temperaturas medias, los niveles más altos de crecimiento se dan en el intervalo 10-18°C, mientras que a partir de una temperatura de 20°C el crecimiento medio disminuye linealmente.

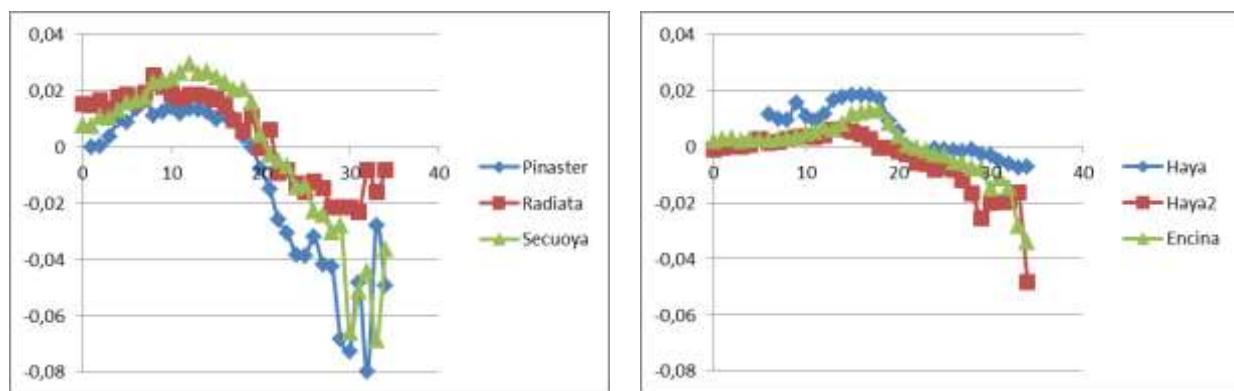


Figura 3. Comparación entre el crecimiento medio horario según la temperatura media durante el periodo vegetativo entre las coníferas (izquierda) y las frondosas (derecha). Las temperaturas medias anuales han fluctuado entre los 12,13°C del haya 2 y los 14,26°C del pino radiata.

Otro resultado conseguido ha sido encontrar patrones comunes de crecimiento entre las coníferas y las frondosas a lo largo del periodo vegetativo. Se constata un comienzo del crecimiento más temprano en las coníferas, así como un periodo vegetativo más extenso y un ritmo de crecimiento más sostenido a lo largo del año.



Figura 4. Variación del crecimiento perimetral de los árboles muestreados a lo largo del año 2021. Se ha intentado que la medida inicial del sensor fuera el punto 0, pero la irregular corteza de este pino grueso ha causado ciertas microvariaciones en las primeras semanas, mientras la cinta metálica del sensor se iba tensando.

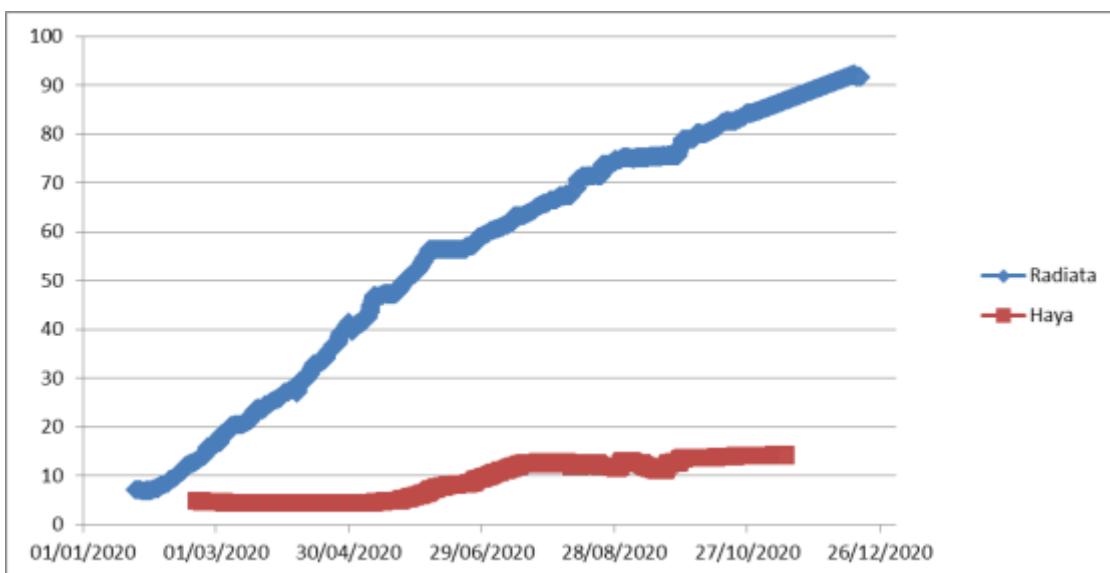


Figura 5. Variación del crecimiento perimetral de los árboles muestreados a lo largo del año 2020.

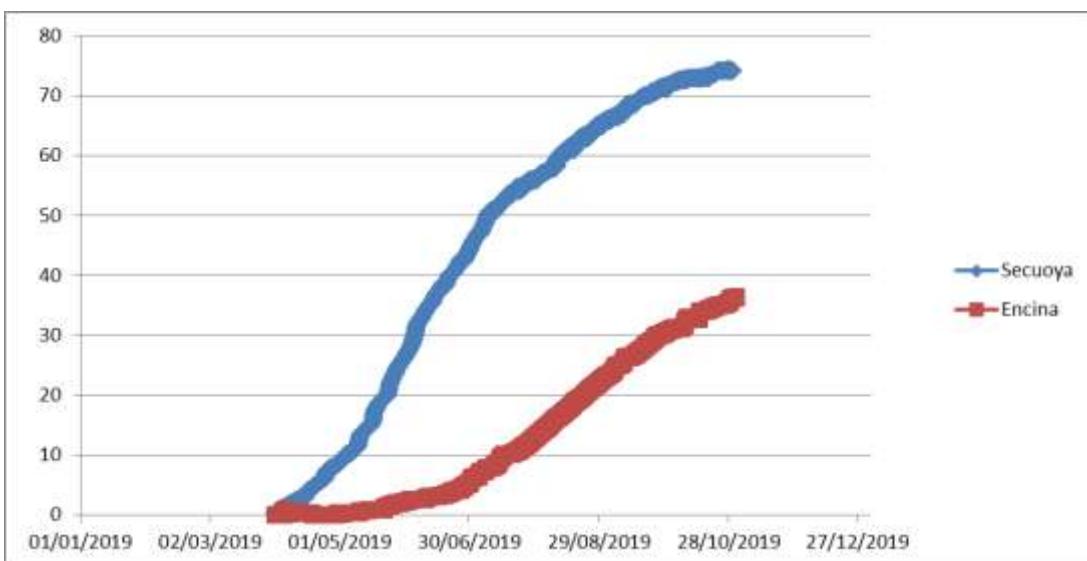


Figura 6. Variación del crecimiento perimetral de los árboles muestreados a lo largo del año 2019.

Por último, el ritmo mensual de crecimiento no sigue una pauta común entre las coníferas y entre las frondosas a lo largo del periodo vegetativo. Se constatan diferencias mensuales, como corresponde a las diferencias entre especies, edades, diámetros normales o condiciones climáticas y altitudes de los árboles evaluados. Se presentan esas diferencias registradas en cuanto al aumento mensual del perímetro normal (Fig. 7) y en cuanto al porcentaje mensual de aumento de la sección normal (Fig. 8).

Estas pautas de crecimiento sostenido durante meses contrasta con otras observaciones (DESLAURIERS, A., 2003; ETZOLD et al., 2021), que mencionan periodos de crecimiento radial concentrados en unas pocas semanas.

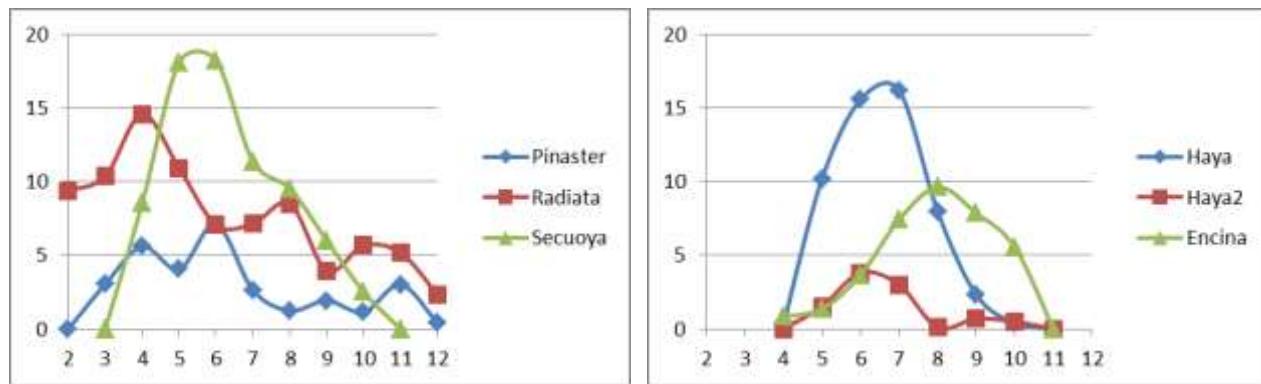


Figura 7. Comparación entre el crecimiento perimetral mensual medio (mm) a lo largo de los meses del periodo vegetativo entre las coníferas (izquierda) y las frondosas (derecha).

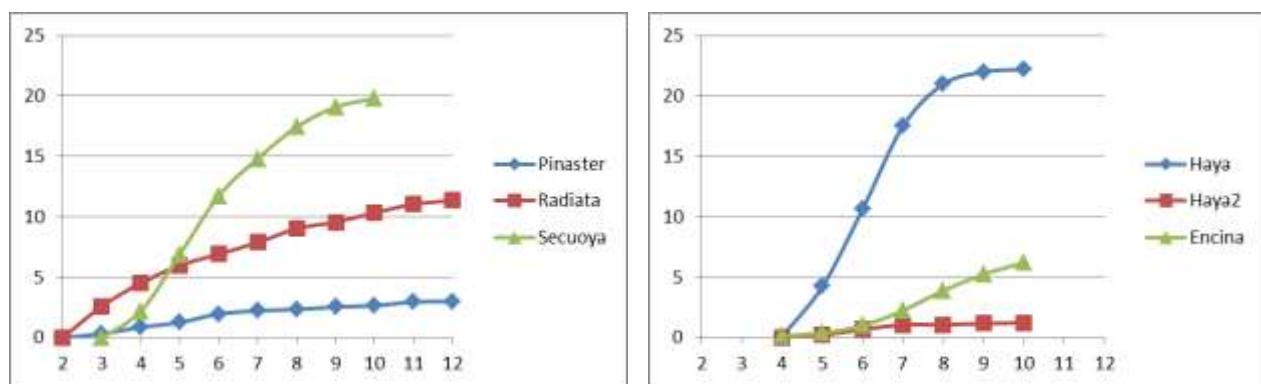


Figura 8. Comparación entre el porcentaje del crecimiento de la sección normal sobre la sección inicial (%) a lo largo de los meses del periodo vegetativo entre las coníferas (izquierda) y las frondosas (derecha).

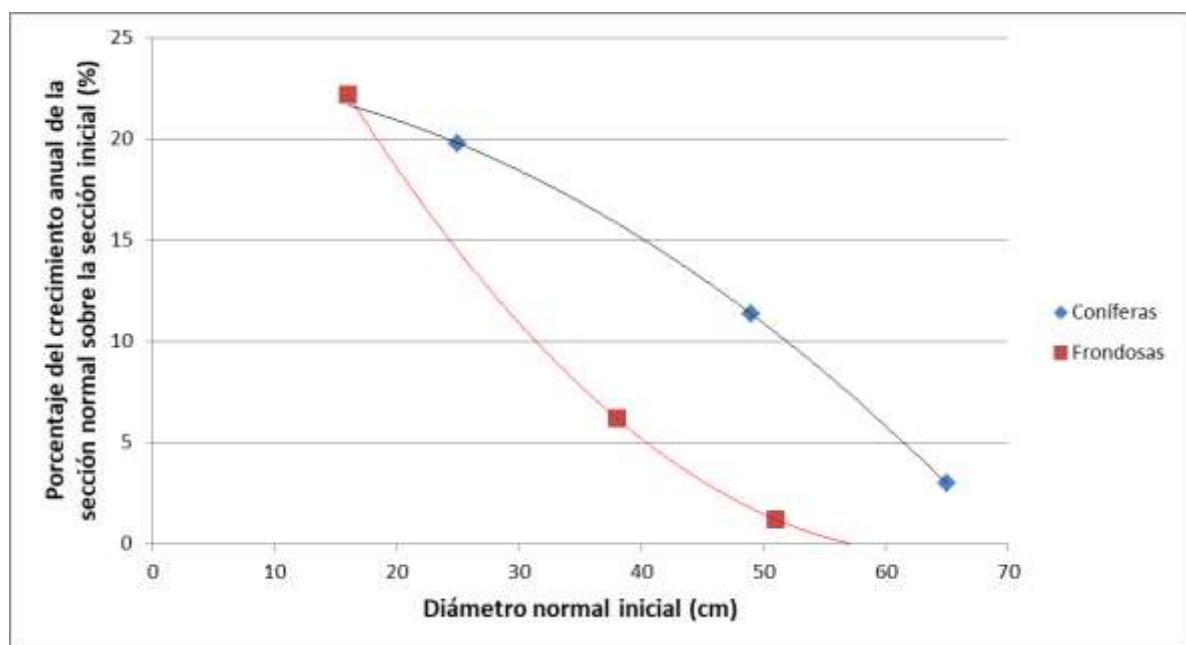


Figura 9. Comparación entre el porcentaje del crecimiento anual de la sección normal sobre el diámetro inicial (%) entre las coníferas y las frondosas

5. Discusión

Se ha constatado un patrón de variación perimetral basado en ciclos diarios, con una sucesión de pequeñas disminuciones/aumentos del perímetro o deshinchamientos/hinchamientos causados por la dinámica hídrica y fotosintética durante las horas de luz. A largo plazo, son procesos acumulativos y relacionados con el crecimiento neto, que se suele producir durante la noche por creación de nuevos tejidos en el exterior del anillo anual. Es decir, el crecimiento neto perimetral solo se produce si el diámetro se mantiene y aumenta, mientras que las pequeñas disminuciones del perímetro reflejan procesos de hinchado/deshinchado por rehidratación de tejidos.

Puede parecer que la muestra geográfica de árboles analizados sea escasa, que se trata de pocos ejemplares de árboles y de pocos años los muestrados por ahora. Para poder obtener resultados robustos, hará falta seguir midiendo durante más años, más árboles y más localizaciones. De hecho, está previsto instalar desde enero de 2022 nuevas instalaciones de estos sensores en otro pino radiata en la zona cantábrica y en otra encina situada en ambiente mediterráneo. Hasta la fecha, a pesar de haberse empleado estos sensores durante solo 4 períodos vegetativos, los resultados obtenidos apuntan unas tendencias generales para las coníferas distintas a las de las frondosas.

Otro aspecto a analizar es la influencia directa de ciertos factores climáticos en el crecimiento mensual. En el proyecto POCTEFA Canopée se obtuvo una buena relación estadística entre la temperatura media mensual y el crecimiento de la encina de Arkaute (HAZI, 2019). En el proyecto POCTEFA Acclimafor (2019-2022) se ha encontrado también relación entre la temperatura media y la precipitación y el crecimiento mensual de los árboles medidos en 2020 y 2021. Hay que reseñar el caso especial del pino radiata de Artzentales, árbol que prácticamente ha crecido de forma continua durante todo el año 2020. Habrá que seguir obteniendo datos en entornos climáticos cambiantes y contrastando el crecimiento arbóreo en eventuales situaciones de sequía o temperaturas extremas.

El mismo POCTEFA Acclimafor está permitiendo a HAZI comparar los resultados de estos sensores automáticos frente a otros dendrómetros manuales instalados en diversas parcelas experimentales repartidas por el País Vasco. Los proyectos más recientes EMAFOR (2020-2022) y GO FAGUS (2021-2023) van a seguir suministrando otras fuentes de información complementaria relacionadas con el crecimiento arbóreo: seguimiento de la fenología anual de toda la superficie forestal mediante los satélites Sentinel1 en el primer caso y empleo de un resistógrafo para medir densidad y anchura del crecimiento diametral anual de árboles concretos en el segundo proyecto.

6. Conclusiones

El crecimiento arbóreo es una magnitud de gran importancia forestal, ya que permite cuantificar la productividad y el estado fitosanitario de los bosques. Sin embargo, es una variable de medición compleja, sometida a diversos condicionantes climáticos. En un contexto de cambio global y de aumento de la concentración de carbono en la atmósfera, una adecuada cuantificación del crecimiento forestal permite clarificar conceptos y percibir el importante papel de los bosques en la disminución de los riesgos naturales.

. Los resultados obtenidos hasta la fecha mediante dendrómetros automáticos de frecuencia horaria permiten caracterizar la dinámica de engrosamiento de los troncos de árboles de diversas especies forestales representativas del País Vasco. Hasta la fecha, las pautas de crecimiento registradas dependen de la especie forestal y de diversos factores físicos, principalmente climatológicos. Se observan diferencias en el ritmo y longitud del periodo de crecimiento entre las

coníferas y las frondosas muestreadas, seguramente ligadas a la mayor productividad en madera de las primeras.

7. Agradecimientos

Agradezco las facilidades suministradas por el personal de NEIKER, de la Diputación Foral de Bizkaia y, a título particular, de Mikel Otaola Urrutxi, por su buena disposición para poder instalar estos dendrómetros automáticos en árboles situados en fincas de su propiedad.

8. Bibliografía

CERMÁK, J.; KUCERA, J.; WILLIAM L.; BAUERLE N; PHILLIPS N. and HINCKLEY, T.M., 2007. Tree water storage and its diurnal dynamics related to sap flow and changes in stem volume in old-growth Douglas-fir trees. *Tree Physiology* 27, 181–198

DESLAURIERS, A., 2003. Dynamique de la croissance radiale et influence météorologique quotidienne chez le sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.) en forêt boréale. Thèse de doctorat, Université du Québec à Chicoutimi.

ETZOLD, S., STERCK, F., BOSE, A.K., BRAUN, S., BUCHMANN, N., EUGSTER, W., 2021. Number of growth days and not length of the growth period determines radial stem growth of temperate trees. *Ecology Letters*, 00, 1–13. doi.org/10.1111/ele.13933

HAZI FUNDAZIOA, 2019. Informe final del proyecto POCTEFA Canopée. Adaptación de los bosques pirenaicos y vascos al cambio climático. Vitoria/Gasteiz. 184 pp.

HINCKLEY, T.M.; BROOKS J.R.; CERMÁK J.; CEULEMANS R.; KUCERA, J.; MEINZER F.C. and ROBERTS D.A., 1994. Water flux in a hybrid poplar stand. *Tree Physiol.* 14:1005–1018

ZWEIFEL, R.; STERCK, F.; BRAUN, S.; BUCHMANN, N.; EUGSTER, W.; GESSLER, A.; HÄNI, M.; PETERS, R.L.; WALTHERT, L.; WILHELM, M.; ZIEMIŃSKA, K.; ETZOLD, S., 2021: Why trees grow at night. *New Phytologist*, 231, 6: 2174–2185. doi: 10.1111/nph.17552



Figura 10. Dendrómetro instalado en el pino pináster de Ganguren (Bizkaia), junto al resistógrafo.

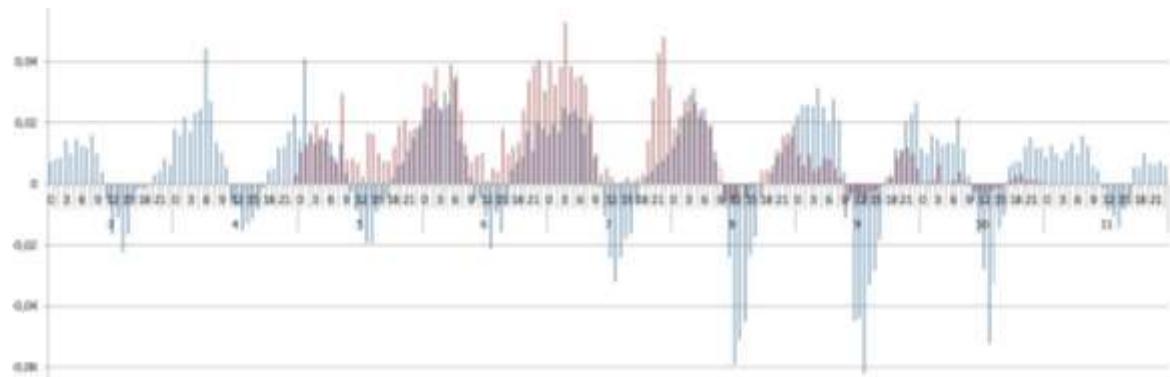


Figura 11. Variaciones horarias medias del perímetro normal (mm/hora) según cada mes de 2021 en el pino pináster (azul) y en el haya (rojo).

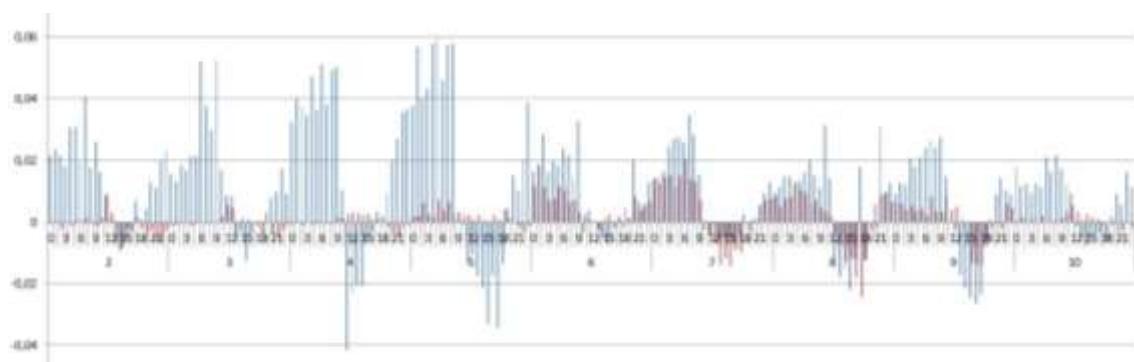


Figura 12. Variaciones horarias medias del perímetro normal (mm/hora) según cada mes de 2020 en el pino radiata (azul) y en el haya (rojo).

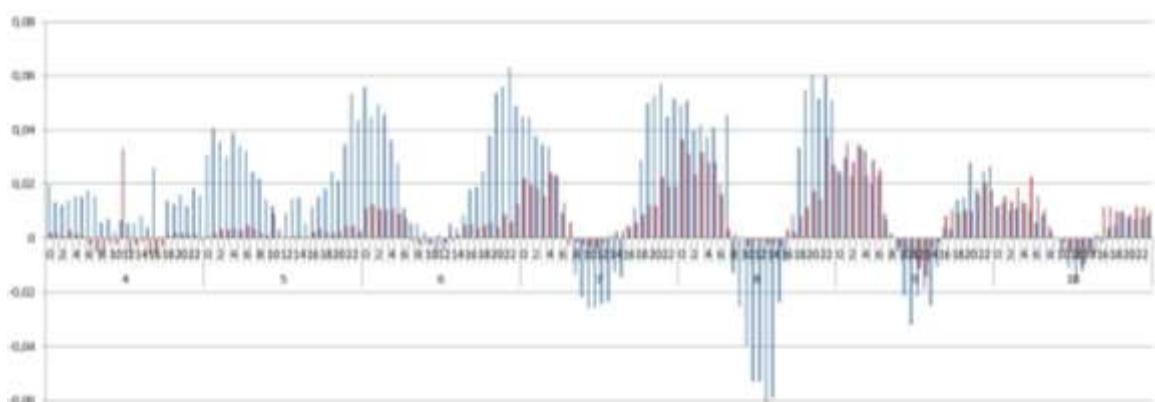


Figura 13. Variaciones horarias medias del perímetro normal (mm/hora) según cada mes de 2019 en la secuoya (azul) y en la encina (rojo).