



Respuesta de dos poblaciones de tejo a las actuaciones de conservación en el P.N. de Artikutza

Realizado para: Ayuntamiento de Donostia - San Sebastián. Dirección de Medio Ambiente

Realizado por: Asociación Errotuz

9 de abril de 2026



Equipo de trabajo

Claudia Maldonado Seares (Ingeniera de Montes)

Inazio Martínez de Arano (Biólogo)

Índice

1. Resumen	1
2. Objetivos.....	2
3. Metodología.....	2
4. Resultados	4
4.1 ESFUERZO REPRODUCTIVO	4
4.1.1 PRODUCCIÓN POR AÑO	4
4.1.2 PRODUCCIÓN POR INDIVIDUO HEMBRA.....	5
4.1.3 DIFERENCIA ENTRE ZONAS POR SECTOR.....	7
4.1.4 CONCLUSIONES SOBRE EL ESFUERZO REPRODUCTIVO	11
4.2 REGENERACIÓN	13
4.2.1 ABUNDANCIA RELATIVA DE REGENERACIÓN POR ESPECIE.....	13
4.2.2 POSIBLES FACTORES ASOCIADOS A LA ESCASA REGENERACIÓN	14
4.2.3 EFECTO DE MEDIDAS EMPRENDIDAS PARA LA REGENERACIÓN DE TEJO	16
4.2.4 CONCLUSIONES SOBRE LA REGENERACIÓN	16
4.3 RESPUESTA DE LOS TEJOS A LA LIBERACIÓN.....	18
4.3.1 DISPONIBILIDAD DE LUZ PARA LOS ÁRBOLES LIBERADOS	18
4.3.2 RESPUESTA EN CRECIMIENTO FOLIAR.....	20
4.3.3 CONCLUSIONES SOBRE RESPUESTA EN CRECIMIENTO FOLIAR	25
4.3.4 RESPUESTA EN CRECIMIENTO DIAMETRAL	28
4.3.5 EL FACTOR CLIMÁTICO EN LA RESPUESTA	34
4.3.6 CONCLUSIONES SOBRE RESPUESTA EN CRECIMIENTO EN DIÁMETRO	38
5. Consideraciones finales y recomendaciones.....	39
5.1 Mapa de síntesis por sector	41
6. Bibliografía citada y consultada	43
7. Anexo.....	44
7.1 FICHAS DE SEGUIMIENTO ÁRBOLES CON DENDRÓMETRO	44
7.2 MAPAS DE TEJOS LIBERADOS Y ESTUDIADOS POR SECTOR	44

1. Resumen

El presente estudio realizado entre septiembre de 2025 y febrero de 2026 busca valorar la respuesta de dos poblaciones de tejo a las actuaciones destinadas a ampliar el espacio vital de árboles que se encontraban muy sumergidos bajo un dosel dominante de hayas y robles. Las primeras actuaciones se realizaron en el año 2009 y las más recientes entre los años 2018 y 2019.

La información recogida en los sectores de Mintegizar y Arrizurieta permite el análisis de diversos aspectos relacionados con el estado general de las tejas y organiza el estudio en tres apartados principales que se refieren al esfuerzo reproductivo, la regeneración natural y el crecimiento de los árboles liberados.

Los resultados apuntan por un lado a una importante diferencia en la producción de semillas de las tejas madre respecto a la temporada analizada anteriormente en el año 2018 y a una regeneración natural esporádica pero con muy poco éxito en su reclutamiento. Por otro lado la respuesta a las liberaciones muestran diferencias entre los sectores y entre los árboles en particular, revelando que aunque efectivamente una mayor iluminación tiene efectos positivos sobre su crecimiento, la respuesta de cada árbol es en gran parte el resultado de su historia particular y de su entorno inmediato. Así, las diferencias características edáficas entre sectores y la ocurrencia de eventos climáticos adversos en los últimos 40 años, parecen incidir en el estado de vigor actual de los árboles y en su capacidad de respuesta.

2. Objetivos

El principal objetivo de este estudio es valorar los efectos de las actuaciones emprendidas en los últimos años para la mejora de la vitalidad de la población de tejos de ambos sectores, a la vez que identificar necesidades de adecuación de las medidas adoptadas hasta la fecha.

Desde un punto de vista más amplio se busca abordar aspectos claves en la conservación y resiliencia de las poblaciones de tejo, en relación tanto con la capacidad para el establecimiento de nuevas generaciones, como con el crecimiento de los árboles y los posibles efectos de factores climáticos en su dinámica natural.

3. Metodología

Para valorar los efectos de las actuaciones emprendidas en los últimos años en los sectores de Mintegizar y Arrizurieta, se realizan registros relacionados con la respuesta en vigor de los ejemplares liberados en los años anteriores, y se registran variables relacionadas con la reproducción y regeneración natural de tejo.

En cada caso se aplicó la siguiente metodología:

- Producción de semillas en tejas madre. Para el registro de fructificación se seleccionaron algunas de las tejas estudiadas en el primer estudio de 2018 y aplicando la misma metodología de evaluación de formación de *frutos* y que consistió en el conteo de semillas ariladas durante 10 minutos por árbol en cada visita.

El muestreo se realizó en otoño, entre septiembre y octubre, con un espaciamiento de 20 días entre cada evaluación.

- Regeneración. En torno a las mismas tejas evaluadas y zonas aledañas se realizó el estudio de regeneración. El procedimiento basado en “Metodologías para evaluar respuesta a actuaciones de restauración en tejeras de Artikutza” se ajustó a la baja presencia de plántulas.

Para esto se realizó un conteo de plantas tanto bajo la copa de la teja madre como en el entorno mediante el conteo fijo hasta alcanzar las 10 plantitas de todas las especies identificadas. El registro de plantitas regenerando se diferenció por especie y por clase de altura en categorías de entre 10 cm y 50 cm, para inferir acerca de supervivencia y tasas de reclutamiento de cada una.

- Vitalidad y crecimiento de árboles liberados. En este caso se registraron las siguientes variables cualitativas y cuantitativas de cada pie:

a) Registro de variables de estado: diámetro fuste y altura

b) Niveles de defoliación según escalas utilizadas para coníferas de menos a más (D0 - D3):

D0 Nula, ausencia de defoliación;

D1 Ligera, transparencia de copa permite ver el fuste y ramificación principal;

D2 Media, transparencia acentuada, acículas pequeñas y cloróticas;

D3 Grave, se ve entramado de ramas, algunas completamente muertas.

c) Crecimiento foliar:

- Largo de ramillas en cm de los últimos 3 años. En cada árbol se realizaron cinco mediciones de ramillas. Siempre que fue posible se midieron ramillas de todo el entorno de la copa.
- Presencia de brotes epicórmicos en fuste y ramas, y estado del ápice. El desarrollo de los brotes epicórmicos se valoró según la siguiente escala:

0 escasos y muertos; **1** escasos y debilitados; **2** escasos pero con vigor; **3** abundantes y vigorosos.



Medición de las últimas tres ramillas de crecimiento

d) Crecimiento en diámetro:

A cada árbol liberado se le extrajo muestra de crecimiento de los últimos 5 cm de radio mediante un taladro de incremento. Después de su uso en cada árbol, el taladro fue desinfectado con alcohol para evitar la transmisión de posibles organismos patógenos.

e) Grado de luminosidad recibido por cada árbol liberado:

Elevación en grados, desde 1,5 m de altura hasta la línea del horizonte hacia los 8 puntos cardinales.



Croquis explicativo de la elevación en grados medida para cada árbol.

4. Resultados

4.1 Esfuerzo reproductivo

Siguiendo la misma metodología que el año 2018 para evaluar la producción de frutos de las tejas madres, durante el año 2025 se realizó el registro a las tejas madres entre los meses de septiembre y octubre. Aunque el período de registros fue menos extenso, se hizo coincidir los mismos días y semanas que el estudio anterior. Para tener una idea general de la fructificación del año y del sector, se incluyeron también otras tejas que se encontraron en fructificación. Esto es 6 tejas nuevas en Mintegizar y 3 tejas nuevas en Arrizurieta.

4.1.1 Producción por año

Para ambos sectores se constata que la producción de frutos en general y en particular de cada pie, es significativamente más baja que el período del año 2018. En término medio los valores totales bajan de los 3.000 a casi 5.000 frutos por sector a valores que no superan los 700 frutos contabilizados en total, tanto en arbolado como en suelo. Esto significa que durante el presente año la producción ha representado apenas entre el 13 y el 12% de la producción del año 2018. Esto habla de la importante oscilación que puede tener la especie en su fructificación y de la ocurrencia de una marcada *vecería* entre distintos años.

Tabla 1. Producción total de frutos de tejas madres evaluada en dos períodos

Sector	Año 2018	Año 2025
Mintegizar	4.873	531
Arritzurrieta	3.348	681

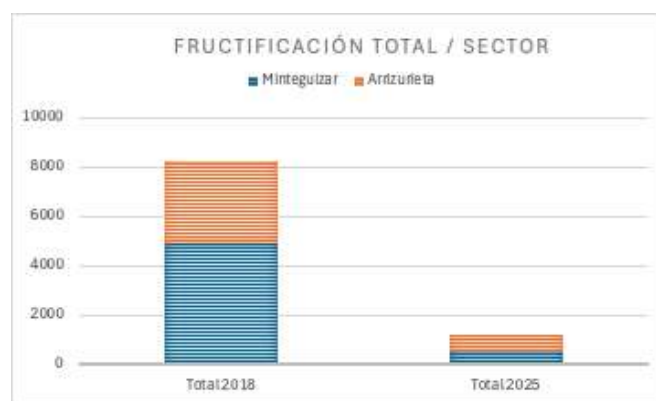


Figura 1. Gráfica de fructificación total por sector y año

Respecto a la *vecería* del género *Taxus*, según diversos estudios recopilados por Vance & Rudolf (s/f) los ciclos de producción de semillas para especies de este género son muy variables y pueden oscilar entre una buena producción de casi todos los años en Oregon, y que se relacionan con la vitalidad de las tejas y apertura del dosel, hasta ciclos de entre 6 y 7 años que fueron reportados en Japón.

Como se aprecia en las siguientes gráficas, la variación del período de ambas zonas fue muy similar, presentado su pico la segunda semana de octubre. En general e incluyendo todas las tejas la producción fue algo mayor en la Zona de Arrizurieta, a diferencia del año 2018 que fue significativamente mayor en la zona de Mintegizar. También el ritmo de producción a lo largo del período evaluado muestra cambios respecto al período 2018, cuando los máximos se produjeron entre la última semana de septiembre y la segunda de octubre, para Mintegizar y Arrizurieta respectivamente, mientras que para el período 2025 se constata una mayor sincronía entre ambas zonas.



Figura 2. Gráfica de ritmo de producción de frutos por sector durante tres evaluaciones

4.1.2 Producción por individuo hembra

En el caso de la fructificación por individuo, según se muestra en las gráficas siguientes algunos pies incluso no presentaron producción durante esta última temporada. En el caso de Mintegizar las tejas 3A y 4A aunque ya se muestran como pies de producción discreta en el estudio anterior, en esta temporada simplemente no mostraron actividad.

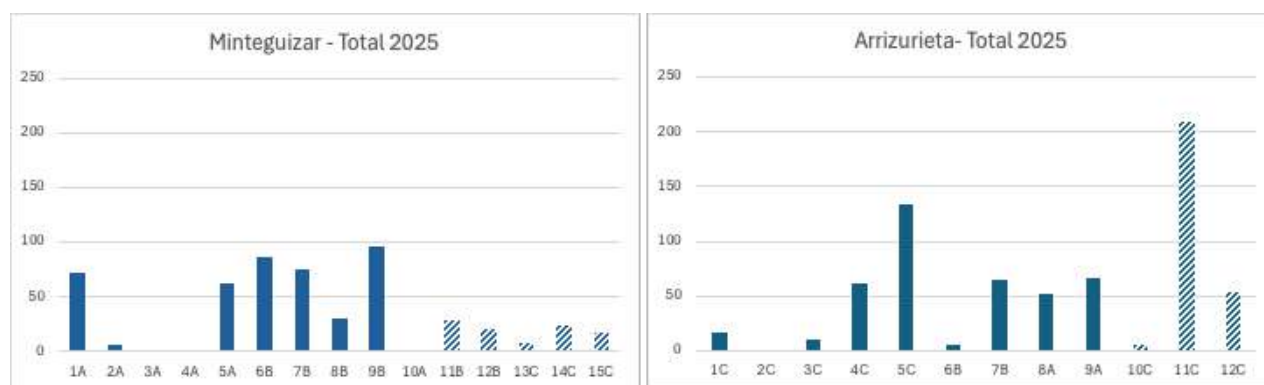


Figura 3. Fructificación total (Nº frutos total) de todas las tejas evaluadas (Tejas nuevas en achurado)

Lo mismo ocurre con la teja 2C de Arrizurieta. En ambos casos hay que señalar que se trata de las tejas de menor diámetro y altura de cada sector, con diámetros entre el 30% y 40% más pequeños que la media para sector respectivamente. Las nuevas tejas incluidas en este estudio (barras achuradas) indican, muy especialmente para el caso de Mintegizar, que la baja fructificación del año 2025 no sólo se corresponde con las tejas ya estudiadas anteriormente, si no que se trata de un suceso más general en la zona.

La excepción podría ser la teja 11C de Arrizurieta, con mas producción que el resto de tejas durante este período, sin embargo los valores arrojados solo corresponden a los mínimos alcanzados por algunas tejas en el año 2018 y la producción general de la zona sigue siendo baja de apenas el 12% de la registrada en el año vecero.

Se constata además, en el sector de Mintegizar una cierta relación en la productividad de cada teja entre un año *vecero* y otro *no vecero*. Como muestra la gráfica comparativa de cada teja entre ambos años, las tejas mas productivas en 2018 también fueron activas durante el periodo 2025 de baja fructificación, mientras las menos productivas prácticamente no tuvieron actividad en lo que se registra como un año no vecero. Para este sector los datos muestran una relación buena de productividad para cada teja con un valor de R^2 de 0,52 mientras que para Arrizurieta no se encuentra relación de productividad de las tejas entre los dos años estudiados.

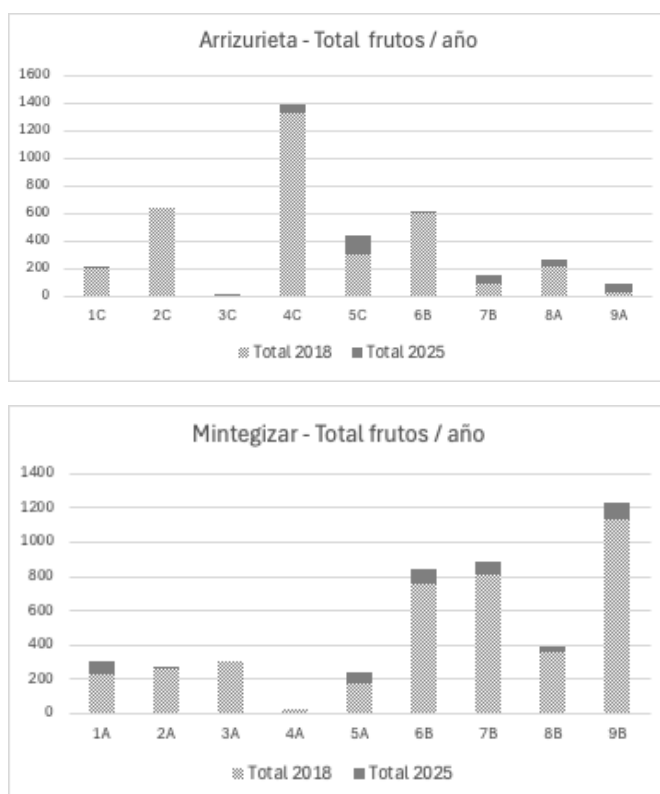


Figura 4. Proporción de productividad de frutos de cada teja control entre los años 2018 y 2025

Tal como se reveló en estudios anteriores sobre estos mismos bosques, hay varias características de las tejas de Mintegizar que explican en parte su mayor capacidad de fructificación y en este caso mayor constancia de las tejas madre en su actividad reproductiva.

Por un lado esto tiene relación con las dimensiones de las tejas de este sector, en general más grandes y con más espacio vital que las de Arrizurieta, lo que se corresponde con otros estudios sobre la relación positiva entre apertura del dosel y fructificación, y también por una mejor proporción hembra / macho de pies reproductivos de tejo (Errotuz, 2017 y 2018), aspectos que otros estudios han reportado para el género *Taxus* como determinante para una buena fructificación (Vance & Rudolf s/f); (Svenning & Magard, 1999).

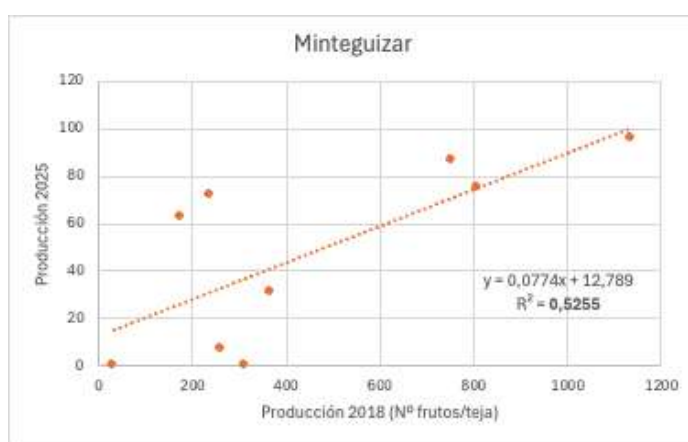
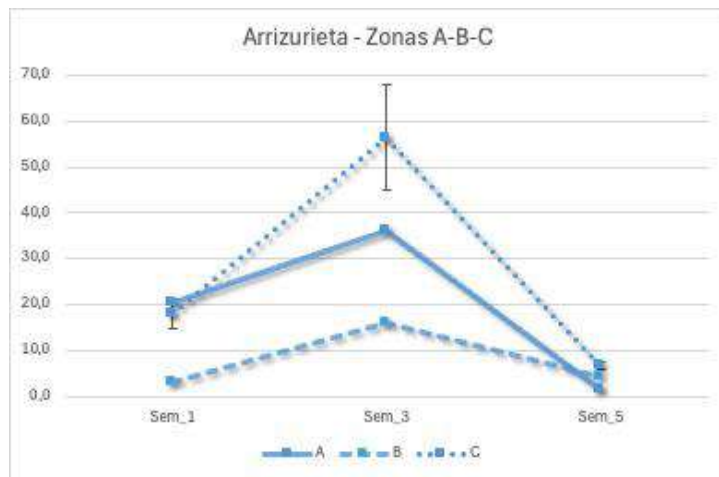


Figura 5. Relación R^2 de la producción de frutos de cada teja madre entre los dos años estudiados en el bosque de Mintegizar

4.1.3 Diferencia entre zonas por sector

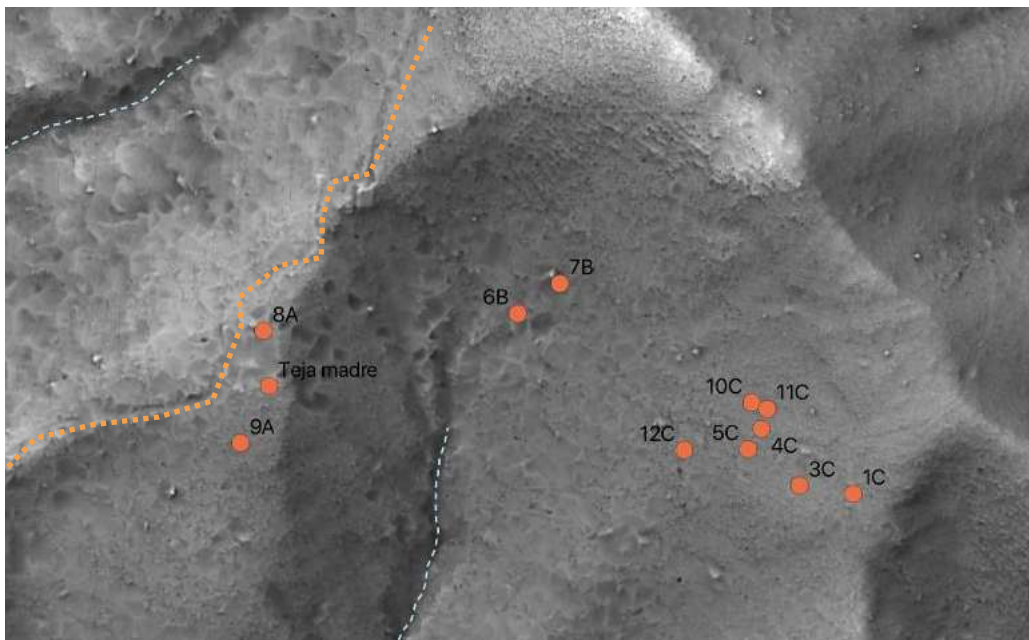
Sobre los valores de fructificación ligeramente superiores en Arrizurieta, los resultados muestran que no se puede explicar la producción total de manera general puesto que existen claras diferencias entre las distintas zonas identificadas en cada sector. Como se aprecia en la figura 3 esta mayor producción para Arrizurieta responde a la producción de una teja de la zona C, teja 11C, que sola explica el 30% de la fructificación del sector.

Las diferencias de fructificación para este sector se entienden mejor cuando se analiza la producción por zona, que como se constata el año 2018, las tejas de la zona C y B también fueron más productivas que las tejas de la zona A. (figura 4)



*Figura 6. Valores medios de producción de semillas de las zonas A, B y C a lo largo del periodo evaluado.
Bosque de Arrizurieta*

Visto esto en el terreno, es posible que estas diferencias tengan cierta relación con la posición en la ladera en que se emplaza cada grupo de tejas. Aunque las tres zonas se presentan en orientación S - SO, la zona A claramente representa una cima convexa muy expuesta, la zona B una ladera cóncava más sumergida, mientras la zona C se emplaza en un terreno más amplio y de pendientes más suaves, en las que las condiciones de suelo y luz pueden ser más favorables.



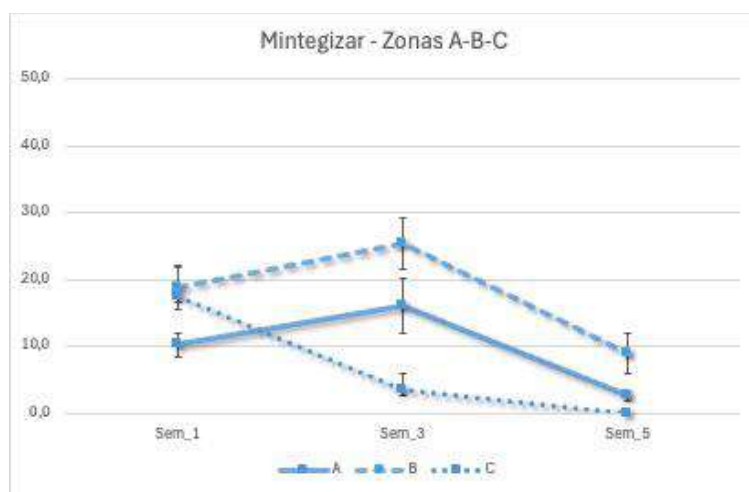
Ubicación por zonas de tejas madre en Arrizurieta

La zona A, al borde de la pista, precisamente es en la que mayor mortalidad de tejos se ha registrado en los últimos años y donde se encuentra la *teja madre* en muy mal estado de vigor ya en el año 2017 y cuyo decaimiento se ha acentuado en este último período. Los análisis de suelos realizados en el estudio del año 2018 revelaron para esta zona condiciones de drenaje restringido en profundidad, niveles altos de saturación de aluminio y baja disponibilidad de nutrientes.

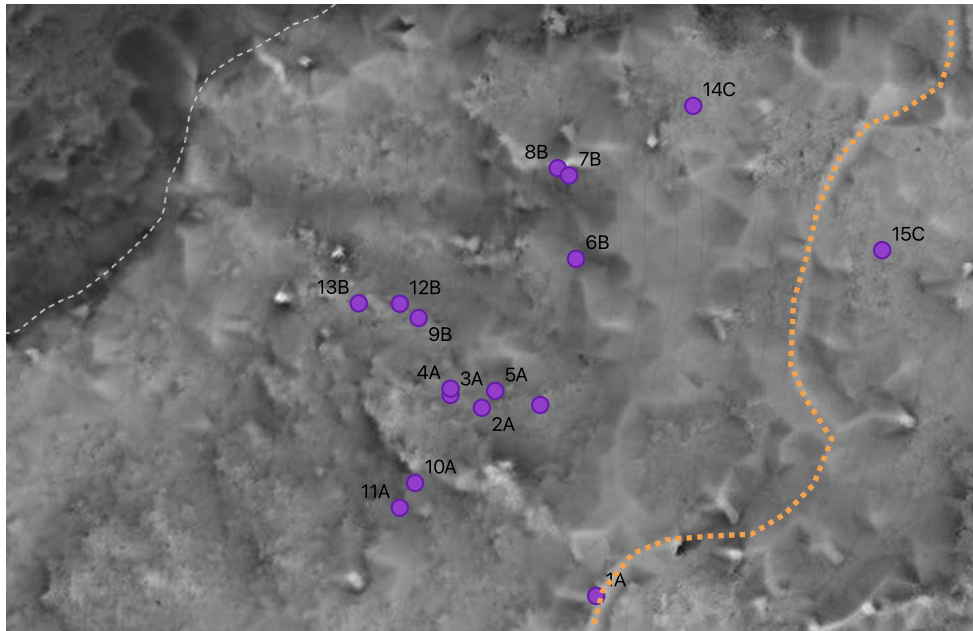
Esto sumado a la alta densidad de pies que se registra en esta zona contribuyen a generar condiciones que se pueden traducir como limitantes para el buen desarrollo de la especie. De hecho el estado nutricional de los tejos de la zona A también presentaron un deficiente estado nutricional en el estudio anterior.

En el caso de Mintegizar, donde la distribución de la población es más agrupada, no se producen diferencias de terreno muy marcadas entre una zona y otra. La orientación N- NO de la ladera se extiende entre la pista en la parte alta y el arroyo en la parte baja. En estas condiciones las tejas muestran una ligera mejor producción en la zona B, más cerca del arroyo, y una producción por teja menor pero más adelantada, en la zona C que corresponde a una posición algo más elevada en la ladera.

En este sector los suelos mostraron ser algo menos limitantes con la mayoría de los parámetros de materia orgánica, relación C/N o Fósforo (P) ligeramente mejores.



*Figura 7. Valores medios de producción de semillas de las zonas A, B y C a lo largo del periodo evaluado.
Bosque de Mintegizar*



Ubicación por zona de teas hembra en Mintegizar

4.1.4 Conclusiones sobre el esfuerzo reproductivo

El año 2025 evaluado en este estudio muestra una producción de frutos significativamente inferior a la registrada siete años atrás, lo que es indicativo de una marcada *vecería* en la especie.

La *vecería* podría estar determinada por factores ambientales puesto que el nivel de producción es casi un 80% más bajo que un año vecero en ambos sectores para todas las tejas. La producción también es baja en los nuevos pies incluidos en este estudio.

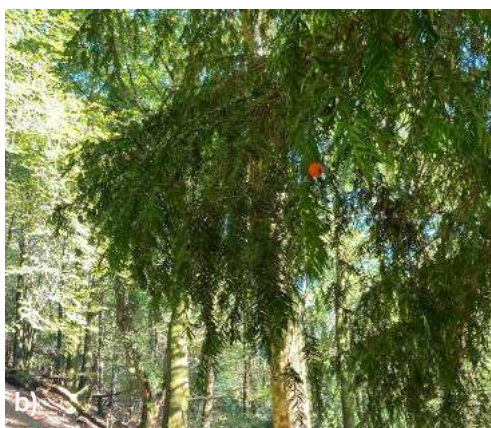
Se constata una mayor sincronía en el ritmo de fructificación entre ambos sectores que no se produjo el año 2018. En ambos años evaluados la fructificación cae completamente a finales octubre, primeros de noviembre. El periodo productivo de un año no vecero, como el de este estudio, parece más corto.

En el caso de Mintegizar, se evidencia una mayor constancia en el esfuerzo reproductivo de cada teja ya que mantienen cierta proporción en la producción de semillas entre año vecero y no vecero. Esta relación no se registra en Arrizurieta.

Para ambos sectores se registra una *vecería* más marcada en los pies de menores dimensiones, algunos de los cuales incluso no presentaron actividad en el año no vecero.

Las diferencias observadas en el desarrollo y producción de semillas puede estar relacionado con la posición fisiográfica y específicamente la forma de la ladera, la exposición, pendiente y profundidad de los suelos.

Las tejas evaluadas se pueden considerar como una muestra representativa del esfuerzo reproductivo de la especie y que se puede utilizar para evaluaciones a más largo plazo.



Imágenes del estudio de esfuerzo reproductivo. a) Distintos estados de desarrollo de los frutos encontrados al comienzo y fin de periodo evaluado; b) Semillas ariladas en copa de teja madre, en general muy aisladas y en escasa cantidad; c) Rama con abundantes flores masculinas; d) Flores femeninas solitarias; e) Flores masculinas agrupadas (febrero de 2026)

4.2 Regeneración

4.2.1 Abundancia relativa de regeneración por especie

Tal como ya se analizó en el estudio de 2017 en general la regeneración de tejo es muy baja y su presencia dentro del bosque apenas alcanza las 40 plantas/ha, densidad que no asegura el reemplazo generacional de la especie. En dicho estudio además, entre las zonas estudiadas prácticamente no se registró la entrada de nuevas generaciones de tejo desde hace más de 50 años. Solo en los rodales 5 y 7 de Arrizurieta los registros de edad en las clases más jóvenes de 5 a 10 cm de diámetro, muestran edades de unos 70 años, mientras que en el caso del rodal 1 de Mintegizar las edades de estas clases llegaron a los 50 años.

Dada esta escasa regeneración, en el presente estudio sólo se buscó la proporción de plantas de tejo respecto a las otras especies, bajo y entorno inmediato de la cobertura de las tejas madre, tal como se explica en la metodología. En todos los casos las plántulas registradas no sobrepasaron los dos años de edad, a excepción de cuatro ejemplares en los que se pudo contabilizar hasta 4 y 5 temporadas de crecimiento. Las especies arbóreas encontradas sólo fueron haya, acebo, tejo y roble.

En general en Mintegizar la regeneración estuvo dominada por haya, aunque tejo representó la segunda en importancia con un 19% alcanzando el 90% de la regeneración entre ambas especies. En Arrizurieta sin embargo, la proporción fue más equilibrada entre las plantas de haya, acebo y tejo, alcanzando esta última el 24% del total de la regeneración. Roble sin embargo resultó ser la más escasa, especialmente en Mintegizar que al conformar un bosque más cerrado, no ofrece condiciones para especies más demandantes de luz como el roble.



Figura 8. Proporción total de plantas por especie encontrada en cada sector

Respecto a la ubicación de esta regeneración dentro del bosque, como muestran las siguientes figuras, en ambos sectores tanto haya como acebo son más frecuentes bajo las copas de las tejas madre y que como ya se vio en estudios anteriores, es haya la especie que mejor regenera bajo estos bosques y la que presenta reclutamiento permanente de nuevas generaciones bajo dosel. Por su parte tejo sí aparece con frecuencia en el entorno de la teja madre, relación que es más marcada en Mintegizar, producto probablemente de que se trata de un bosque más sombrío de orientación predominante N - NO. Condiciones que como muestran las

gráficas tampoco son adecuadas para la regeneración de otras especies como acebo y roble, pero si para



haya.

Figura 9. N° total de plantas (< 10 cm) por especie registradas bajo la teja madre por Sector

Por otro lado en Arrizurieta, el 78% de las plantitas de tejo aparecen fuera de la teja madre y en Mintegizar, este llega al 93%. Esto se puede explicar en parte por la mayor luminosidad que ofrece la exposición sur de estas laderas, además de la presencia menos agrupada de las tejas madre, dispersas entre pies de robles y hayas que favorecen la entrada de luz durante los periodos del año en que estas no tienen follaje.

Los valores más bajos de regeneración para roble y tejo creciendo a la sombra de las tejas madre, confirman lo que ya se señaló en el estudio de 2017 sobre los mayores requerimientos de luz de ambas especies, y que muestran que su establecimiento se ve favorecido por la ocurrencia de claros de mas 100 m² para roble y más de 150 m² para tejo. En dicho estudio se encontró que los claros más grandes eran más frecuentes en la zona de Arrizurieta.

De cualquier manera, en dicho estudio se concluyo que la regeneración de la especie en estos bosques es muy baja y que incluso en los claros su participación sólo llega a representar el 17% frente al 65% que puede representar haya, una especie más tolerante a la sombra y de crecimiento más rápido.

4.2.2 Posibles factores asociados a la escasa regeneración

Hay que señalar sin embargo, que la baja regeneración de la especie bajo condiciones naturales, es un problema común en muchas poblaciones de Europa. En este sentido Devaney (2013) en su estudio en bosques de tejo, haya y arce sicomoro (*Acer pseudoplatanus*) en Irlanda, también concluye que tejo muestra unos requerimientos de regeneración similares a especies como roble o arce, que indican la necesidad de espacios más abiertos para el desarrollo de la regeneración. De hecho en otro estudio (Devaney, 2014) el autor señala que la continuidad de la existencia de las masas de tejo dependen de manera importante de la regeneración que se produce en los bordes de la masa, fuera de la competencia del propio dosel.

Por otro lado Maleki et al (2024) va más allá en sus estudios y señala como principales factores para la escasa regeneración de tejo, su compleja dormancia a veces asociada a cambios ambientales y a la predación de

semillas. En el seguimiento realizado sobre 10 pies de tejo en el Hyrcanian forest (Iran), a pesar de que se registro una alta producción de semillas durante los 4 años consecutivos de estudio, la regeneración de los años posteriores, siguió siendo muy escasa. Según los autores el periodo de 2 a 4 años que la semilla puede tardar en germinar habla de la necesidad de pasar por periodos fríos y cálidos para romper la dormancia, lo cual también le expone a la desecación y a la predación por parte de la fauna. Así, en un contexto de cambio climático, la ocurrencia de periodos fríos más breves podría alargar el periodo de dormancia de las semillas, con consecuencias negativas sobre su regeneración.

Respecto a la predación de semillas ariladas, como se sabe la parte carnosa que las envuelve, son la única parte no tóxica del árbol como una respuesta evolutiva para favorecer su dispersión por distintos tipos de animales (Martí y Relea, s/f). Como señalan los autores, debido a su riqueza en azúcares es la favorita de aves migratorias y de las especies que más se han registrado regurgitados de pulpa son los zorzales, seguidos de arrendajos, estorninos y según la zona también pueden ser muy importante los petirrojos. Aunque estudios como los de Maleki (*op cit*) hablan de evidencias fecales del consumo por fauna como ardilla, cuervos y tordos, en los bosques de Artikutza sin embargo la presencia de arilos regurgitados sobre madera muerta y rocas bajo la teja madre o en su entorno cercano, es la evidencia más común de que su consumo es realizado principalmente por aves frugívoras.

De hecho de las especies de aves mencionadas por Martí y Relea, gran parte de ellas fue registrada mediante escuchas durante el muestreo de campo realizado en Artikutza¹. En estas escuchas se identificaron especies como zorzal común (*Turdus Philomelos*), zorzal charlo (*T. viscivorus*), arrendajo (*Garrulus glandarius*) y petirrojo (*Erithacus rubecula*), además de carbonero garrapinos y agateador, lo que hace deducir que estas constituyen una parte importante de las especies predadoras de las semillas de tejo.

Por otro lado, aunque el presente estudio no abarca el problema de la herbivoría sobre la regeneración, es una causa plausible a la que también han apuntado otros autores (García *et al*, 2000); (Vance & Rudolf s/f) puesto que se sabe que sus hojas pueden resultar tóxicas para ganado equino y bovino, pero que especies como conejos y ciervos si que las consumen. En el caso de Artikutza son conocidos los efectos negativos que sobre rebrotes y cortezas ha tenido en el pasado reciente el ganado caprino, cuyos daños aún son visibles en el tronco de muchos árboles². Actualmente, sin embargo en estos bosques al parecer solo pacen rebaños de ovejas y se desconoce el efecto que pueden tener sobre la escasa regeneración de tejo. Sin embargo, aunque no hemos encontrado información bibliográfica que confirme tal efecto, por comunicación personal con pastores, se sabe que las ovejas también pueden consumir hojas de tejo, lo cual apunta a que la presencia de este tipo de ganado puede ser un factor más que esté afectando a la ya escasa regeneración de tejo en estos bosques.

A este respecto, estudios realizados en bosques mediterráneos de Sierra Nevada, autores como García *et al* (2000) señalan que la presencia de especies arbustivas espinosas en el bosque han demostrado favorecer de manera importante la regeneración de tejo, al ejercer el papel de plantas protectoras frente al efecto del ramoneo por parte de la fauna y el ganado doméstico. El estudio encuentra que una alta densidad de plantitas de tejo sólo se produce bajo especies arbustivas. Según los autores este efecto corrobora el hecho de que en bosques de Europa Central, el proceso de establecimiento de poblaciones de tejo ocurre de manera natural tras la colonización de los terrenos por especies arbustivas.

¹ Identificación realizada mediante la App Merlin

² La retirada definitiva de los rebaños de cabras se realizó en el año 2006

4.2.3 Efecto de medidas emprendidas para la regeneración de tejo

Sobre las medidas emprendidas en Artikutza para favorecer la regeneración de tejo y otras especies bajo el dosel arbóreo, se ha podido constatar como se aprecia en la imagen (d) que los arreglos de madera para favorecer la contención del suelo, favorecen principalmente a haya. Esto lo explica en parte, por un lado, la luminosidad difusa que reciben estos arreglos bajo el dosel de hayas y robles y por otra, por la alta capacidad que tienen las semillas de haya para sobrepasar la capa de hojarasca para germinar, lo que a diferencia de tejo, le resultan condiciones adversas para germinar.

Por otro lado, como ya se ha constado, las especies arbustivas establecidas en zonas más abiertas del bosque, no han prosperado de la manera esperada y los ejemplares que aún se mantienen muestran importantes daños por parte de la fauna silvestre, tanto en ápices ramoneados como en cortezas dañadas.

Esto hace replantearse la forma de emprender estas medidas, en especial las referidas a la necesidad de enriquecer el sotobosque para mejorar la regeneración bajo dosel de tejo. Hay que considerar que la escasa vegetación herbácea y arbustiva que se desarrolla en estos bosques, hace que las nuevas plantas representen una fuente de alimento muy apetecible para la fauna y el ganado.

4.2.4 Conclusiones sobre la regeneración

No se aprecia cambios en la abundancia de regeneración de tejo tras las liberaciones. Al igual que en otras evaluaciones la regeneración es escasa y mantiene plantitas hasta de unos 5 años, pero esta no se traduce en el reclutamiento de nuevas clases de edad.

No se encuentran plantitas de más de 5 años de edad. Las causas de esta falta de reclutamiento no están claras. Seguramente esto tiene que ver con las condiciones de luminosidad bajo el dosel o los efectos de la herbivoría, entre otros.

Será importante considerar el efecto de los rebaños de ovejas que pacen en las zonas y contemplar el cercado de pequeñas parcelas en laderas de orientación sur para favorecer la supervivencia de las nuevas plantas.

Por otro lado sí hay evidencia de ramoneo que han sufrido las plantaciones de especies arbustivas establecidas bajo dosel. Esto apremia a replantearse la necesidad de instalar tubos protectores o cercos para asegurar su establecimiento.

Los arreglos de madera para retener suelo y mejorar el arraigo de las semillas de tejo, promueven una gran acumulación de hojarasca que de momento solo favorece a la regeneración de haya.



Imágenes del registro de regeneración: a, b) plantitas de 1 y 3 años; c) plantita de 4 o 5 años; d) arreglo de madera con regeneración de haya; e) Arilos regurgitados encontrados en troncos bajo tejas madre

4.3 Respuesta de los tejos a la liberación

En este apartado del estudio se ha buscado evaluar de manera individual diversos aspectos de vigor y de respuesta de los tejos al efecto de las liberaciones efectuadas durante los últimos años (2009 y 2019), mediante el método de anillado y tala de árboles vecinos. Dado que se trata de bosques muy dinámicos, en el sentido de que son comunes las caídas de árboles, por desraizado o quiebre, se ha incluido también en el estudio los pies de tejo liberados de manera natural por estos sucesos. También se incluyeron los árboles con dendrómetro. Con este criterio se evaluaron finalmente 11 tejos en Mintegizar y 15 en en Arrizurieta. Todos los pies a los que se hace referencia en el estudio se identifican en los mapas de síntesis (apartado 5.1)

4.3.1 Disponibilidad de luz para los árboles liberados

En general estas actuaciones tuvieron distintos efectos en el aumento de luminosidad recibida por las copas de los árboles liberados, y esto dependió en parte importante por la orientación de las laderas de cada sector. Los resultados se presentan mediante gráficos de radar en que cada línea de color representa a un árbol evaluado en relación con la inclinación en grados al comienzo del cielo abierto en 8 puntos cardinales (ver croquis explicativo pag. 4).

En el caso de Arrizurieta la exposición de las laderas predominantemente sur, sumado a la menor altura del bosque, favoreció que el ángulo de inclinación a las copas circundantes, fuera más bajo en la mayoría de los casos. Como se aprecia en el gráfico, para la mayoría de los árboles se muestra que la orientación S y parte de SO y SE presenta un menor grado de elevación hacia la línea del horizonte y por tanto cuentan con una mayor proporción de cielo abierto. La línea punteada sin embargo, que representa al árbol A54, evidencia que a pesar de que la liberación fue realizada hacia el lado S-SO, esta no logró liberar espacio suficiente, puesto que las copas de los árboles cercanos se cierran sobre él interceptando la entrada de luz desde el sur.

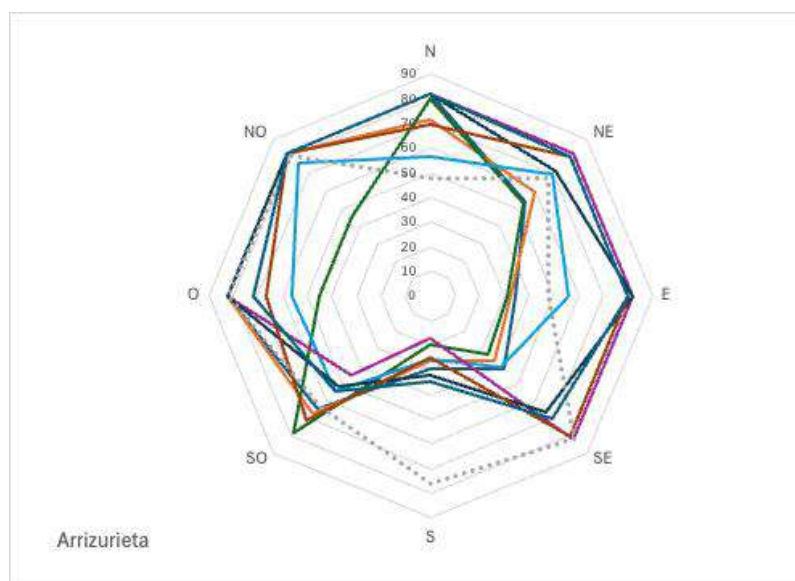


Figura 10. Grados a la línea del horizonte hacia los ocho puntos cardinales de cada árbol liberado. Línea gris punteada indica árbol con poca liberación hacia el sur.

En el caso de Mintegizar las condiciones de terreno, con laderas de componente N-NO y la mayor altura de los árboles competidores, muestran que al parecer algunas liberaciones han tenido menos incidencia en la luminosidad de los pies liberados. Como se ve en la siguiente gráfica representados por las líneas punteadas grises, son varios los árboles que tienen cerrado el acceso a la luz casi en todo su perímetro, mientras que las líneas de color, representan a los árboles que disponen de zonas abiertas hacia orientaciones principalmente de componente O y SO, incluso N.

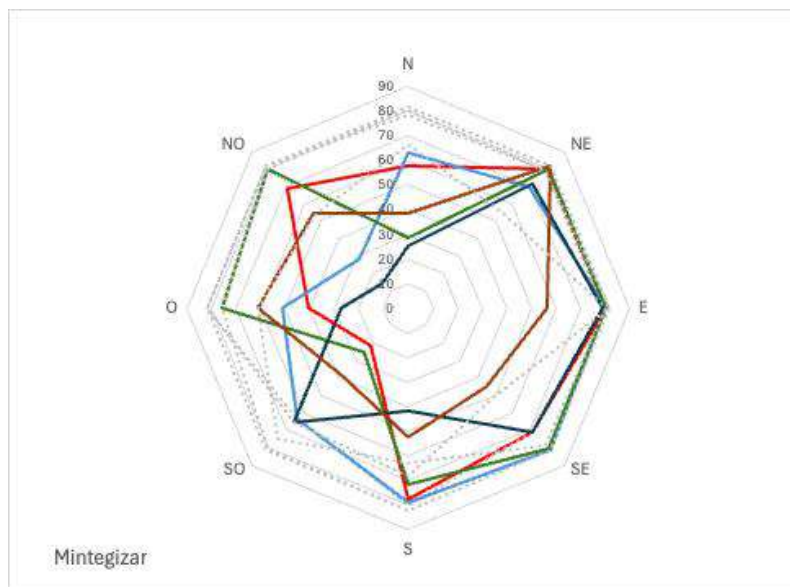


Figura 11. Grados a la línea del horizonte hacia los ocho puntos cardinales de cada árbol liberado. Líneas punteadas grises indican árboles sin acceso directo a la luz. Árboles en color con más luz hacia O y SO³

De manera particular, este análisis da una cierta idea de la dificultad que implica la liberación hacia la luz de los tejos en zonas de por sí poco iluminadas como es el caso de una buena parte de las laderas de Mintegizar. De forma general se aprecia la importancia de considerar aspectos de orientación de la ladera, así como la interacción entre la altura y la cercanía de los árboles vecinos al árbol suprimido. La especie es importante, de hecho es fácil observar que hay más tejos vigorosos en el entrono de los robles y más tejos suprimidos cuando dominan las hayas. Las copas de los robles son más abiertas y permiten mayor paso de luz que las de haya.

Como ya se vio en estudios anteriores (Errotuz, 2017), roble es una especie que comparte nicho de regeneración con tejo por lo que su interacción no parece ser negativa y de hecho resulta muy frecuente la ocurrencia de pies de tejo y roble creciendo juntos desde la base del tronco.

³ Árboles identificados como M37, M41, M42 y M22

4.3.2 Respuesta en crecimiento foliar

En términos de aumento de la masa foliar como respuesta a las liberaciones, los parámetros evaluados se refieren al nivel de defoliación, el desarrollo del ápice y el desarrollo de brotes epicormicos.

- En el caso de la defoliación los niveles son: D0 Nula, ausencia de defoliación; D1 Ligera, transparencia de copa permite ver el fuste y ramificación principal; D2 Media, transparencia acentuada, acículas pequeñas y cloróticas; D3 Grave, se ve entramado de ramas, algunas completamente muertas.
- En el caso del grado de respuesta de los brotes epicormicos, se utilizaron los siguientes valores: 0 escasos y muertos; 1 escasos y debilitados; 2 escasos pero con vigor; 3 abundantes y vigorosos.

a) Formación de follaje

En términos generales, en el caso de Mintegizar se aprecia que una respuesta vigorosa de brotes epicormicos en tronco y ramas (nivel 2 y 3) se asocia con árboles que no presentan defoliación en el resto de la copa (D0) y que muestran el ápice vivo. Incluso algunos árboles desarrollan en el ápice una iteración de la copa en forma de penacho muy vigoroso (árboles M22, M40 y M42). En el caso de Arrizurieta (tabla 2), el estado inicial de los árboles ya era de más decaimiento por lo que presentan mayor grado de defoliación, a pesar de lo cual algunos árboles si han desarrollado abundantes brotes epicormicos como estrategia para restaurar superficie foliar (árboles A20, A21, A22, A24). En otros casos sin embargo los brotes epicormicos fueron escasos y débiles y en general no se aprecia mucha respuesta del árbol a la liberación (pies A92, A95).

Tabla 1. Características de árboles liberados en Mintegizar

Tejo nº M	Diámetro o (cm)	Altura (m)	Daños fuste	Tipo liberación	Antigüedad (años)	Nivel Defoliación	Grado epicormicos	Respuesta ápice
M22	65,4	11,1	Medio	Natural	> 15	D0	2	C/ penacho
M24 (*)	40,1	17,3	Alto	Anillado SE	6	D3	0	Suprimido
M27 (*)	17,7	4,0	Severo	Anillado	6	D2	-	C/ hojas
M28 (**)	69,6	20,5	Severo	Tala E - NE	> 15	D3	-	Muerto
M35 (*)	30,8	5,5	Medio	Tala S - SO	6	D0	-	C/ hojas
M37	32,4	7,4	Severo	Anillado SE-N	6	D1	1	C/ hojas
M40	36,9	5,5	Medio	Anillado O-NO	6	D0	3	C/ penacho
M41	40,6	6,2	Medio	Anillado NO	6	D0	3	C/ hojas
M42 (*)	63,5	15,7	Medio	Anillado E-NE	6	D0	3	C/ penacho
M44 (*)	24,5	6,6	Medio	Tala SO - NO	> 15	D3	0	Suprimido
M45 (*)	34,4		Medio	Sin actuación	-	D2	-	Suprimido

(*) Árboles con dendrómetro; (**) Se retiró el dendrómetro y se instaló en pie 35 (hembra 15C)

Se observó que en los árboles que han mantenido algo de follaje, los brotes pueden aparecer incluso en las ramas ya defoliadas, mientras que cuando la proporción de ramas muertas es muy alta y la defoliación ha sido mayor, la formación de brotes epicormicos se desarrollan principalmente desde el tronco. Los árboles A92 y A95 de Arrizurieta que se encuentran prácticamente muertos, muestran la parición de algunos brotes en el fuste, pero estos no han tenido éxito y también están secos (ver foto pag. 26). En estos casos probablemente el árbol ya ha perdido una adecuada conectividad con las raíces y por lo tanto no es capaz de mantener las nuevas hojas del tronco así como tampoco llegar a formar y mantener hojas en las ramas, aún más lejos de las raíces.

Tabla 2. Características de árboles liberados en Arrizurieta

Tejo nº A	Diámetro (cm)	Altura (m)	Daños fuste	Tipo liberación	Antigüedad (años)	Nivel Defoliación	Grado epicormicos	Respuesta ápice
A1	45,6	8	Medio	Natural S	< 5	D3	1	Seco
A14	19	5,5	Bajo	Anillado S	6	D3	0	C/ hojas
A15	16,1	5,0	Bajo	Anillado S - SE	6	D3	0	C/ hojas
A20	31,1	8,4	Bajo	Anillado SO	6	D3	2	C/ hojas
A21	22,5	4,2	Medio	Anillado S	6	D2	3	C/ hojas
A22	29,4	7,1	Medio	Anillado SE	6	D3	2	C/ hojas
A24	15,6	-	Medio	Anillado SE	6	D3	3	C/penacho
A54	30,5	12,6	Severo	Anillado E - SE	6	D1	2	C/ hojas
A55	12,5	4,3	Medio	Natural S	< 5	D1	1	C/ hojas
A94	21,5	-	Alto	Anillado E - NE	6	D1	0	C/ hojas
A95	15	-	Alto	Anillado S	6	D3	0	Seco
A92	21,1	-		Anillado S	6	D3	0	Muerto
A93(*)	28	-	Bajo	Anillado S	6	D1	2	C/ hojas
A96(*)	23,6	-	Bajo	Anillado SE	6	D1	0	C/ hojas
A97	17,2	3,7	Bajo	Anillado SE	6	D3	2	Seco

(*) Árbol con dendrómetro

En general se aprecia también que esta respuesta en follaje se concentra más en la parte media de la copa que en el ápice. Aunque en ocasiones el ápice aparece poco vigoroso o defoliado, la parte media de la copa presenta buen grado de vigor. Esta respuesta resulta lógica si se considera que para el árbol supone mucho más esfuerzo fisiológico recuperar la parte alta de la copa y que con esta estrategia el árbol reduce su altura para asegurar el suministro de recursos a la nueva masa foliar.

Como muestran las tablas de cada sector, la respuesta en formación de brotes no parece tener relación con el tamaño del árbol y es probable que se explique mejor con el grado de vigor que presentaba el árbol al

momento de la liberación, esto entendiendo que los árboles muy defoliados son el resultado de un proceso de debilitamiento gradual que ya viene de hace muchos años atrás. Así se constata que los árboles más defoliados tienen peor respuesta, lo cual refleja un estado ya muy debilitado antes de la liberación y que en estos casos las actuaciones probablemente hayan sido tardías. Por ejemplo:

- El árbol M28 de Mintegizar no mostró respuesta y ya está muerto. Se trata de un árbol añoso de casi 70 cm de diámetro, cuyo decaimiento parece muy anterior a las actuaciones de liberación, visto la orientación de sus ramas a la luz y el estado de su corteza. Este pie presenta importantes daños en el fuste por pérdida casi total de la corteza, lo que indica un decaimiento desde hace bastante tiempo.
- El árbol M42 también de gran tamaño (63 cm de diámetro) muestra una buena respuesta a la liberación. Este ejemplar no muestra el mismo patrón de ramas muertas y daños de corteza que denoten un decaimiento tan prolongado previo a la liberación. Su respuesta es muy vigorosa.



Pies maduros de Mintegizar: a) Árbol M28 liberado en 2009 sin respuesta, con corteza muy dañada y ramas marcadamente inclinadas hacia la luz; b) Árbol M42 liberado en 2018 con daño leve en corteza, muy buena respuesta en copa y ápice.

b) Largo de ramillas

Se midió el crecimiento de las ramillas de las últimas tres temporadas vegetativas, como indicador del vigor de los árboles liberados y su capacidad de generar follaje y restablecer su copa.

Los datos muestran diferencias muy claras en el largo de los brotes entre distintos árboles que pueden ir de entre 2 y 9 cm de crecimiento anual. El crecimiento anual de ramillas es muy consistente en los tres años para cada árbol muestreado y parece un buen indicador del vigor.

Los crecimientos más grandes se concentran en los árboles evaluados en Mintegizar. Como muestra la siguiente gráfica, los valores de crecimiento acumulado en ramillas para Arrizurieta oscilan entre 8 y 14 cm de longitud mientras que par Mintegizar los crecimientos oscilan entre 14 y 25 cm de largo. Distribuido en porcentaje esto indica que el 90% de los árboles evaluados en Mintegizar han tenido crecimientos en sus ramillas de más de 12 cm en los últimos 3 años, a diferencia de Arrizurieta que este porcentaje sólo llega a 40%.

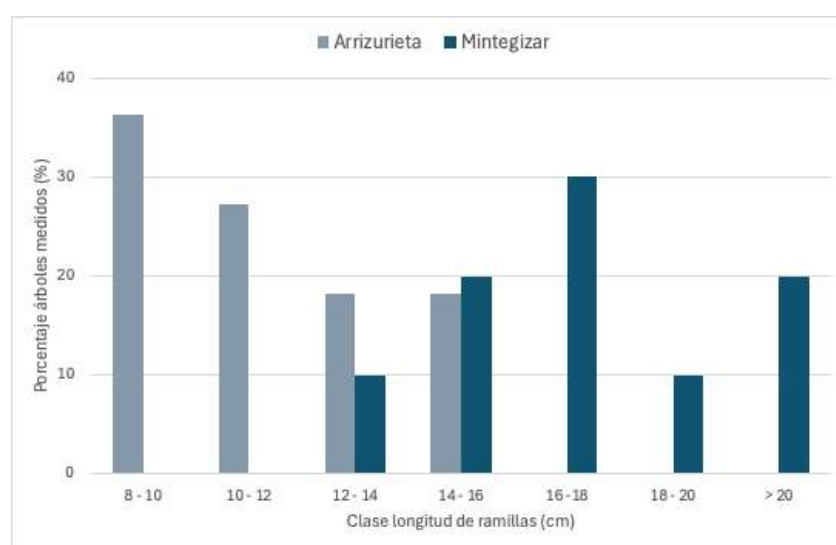


Figura 12. Distribución de longitud de ramillas (3 últimos años) según porcentaje de árboles por sector



Figura 13. Relación de crecimiento de las ramillas de cada árbol evaluado por sector

Esta distribución de tamaños por sector también se aprecia en los gráficos de rectángulos, que muestran diferencias menos acentuadas entre los árboles de Arrizurieta que entre los árboles Mintegizar donde destacan en crecimiento de ramillas los pies M42 y M41 que prácticamente duplican o triplican el crecimiento al resto.

Esta respuesta en crecimiento de ramillas se relaciona positivamente con el mayor grado de liberación que han experimentado estos árboles. Se constata que los árboles con mayor crecimiento en ambos sectores se caracterizan por liberaciones extendidas, en las que a la muerte de los pies anillados se ha sumado la caída por desraizado de otros árboles circundantes. Por ejemplo:

- El árbol A97 presenta árboles desraizados hacia su lado mientras que A55 se ha visto favorecido por una caída múltiple de pies de roble en el borde de la pista lo que ha creado un gran claro. Otros pies con buen crecimiento de ramillas dentro de este sector son los A54 y A22 que por su situación cercana se han visto también beneficiados por estos eventos.



Árboles influenciados por liberación extendida formando largas ramillas: a) M41 y b) M40 de Mintegizar; c) A55 y d) A20 de Arrizurieta

-
- Los pies M41 y M42 de Mintegizar además de grandes brotes anuales se han beneficiado de caídas múltiples en los últimos tres años, en orientaciones Oeste y SO, efecto que amplifica el anillado de los árboles circundantes del año 2019.
 - Los pies M35 y M22 de Mintegizar, también presentan buenos crecimientos aunque en este caso los sucesos de liberación son más antiguos. En el primero las liberaciones datan del año 2009 y en el segundo caso se trata de caídas de árboles hacia el flanco sur del árbol ocurridas hace más de 10 años atrás, según se puede deducir del estado de descomposición de los troncos.

Por otro lado, en los árboles más suprimidos y defoliados, el follaje está formado casi exclusivamente por acículas de los últimos 2 o 3 años, lo que refleja la limitación de recursos disponibles para mantener el follaje formado en los años anteriores. Este el caso de árboles sin liberar como el M45 de Mintegizar, o con liberaciones de muy baja intensidad (M44 o M24). En contraste, los árboles mas vigorosos muestran ramillas con acículas hasta de 4 y 6 años de antigüedad.

4.3.3 Conclusiones sobre respuesta en crecimiento foliar

Las liberaciones son más efectivas cuando permiten abrir el dosel hacia las orientaciones de componente Sur y Oeste.

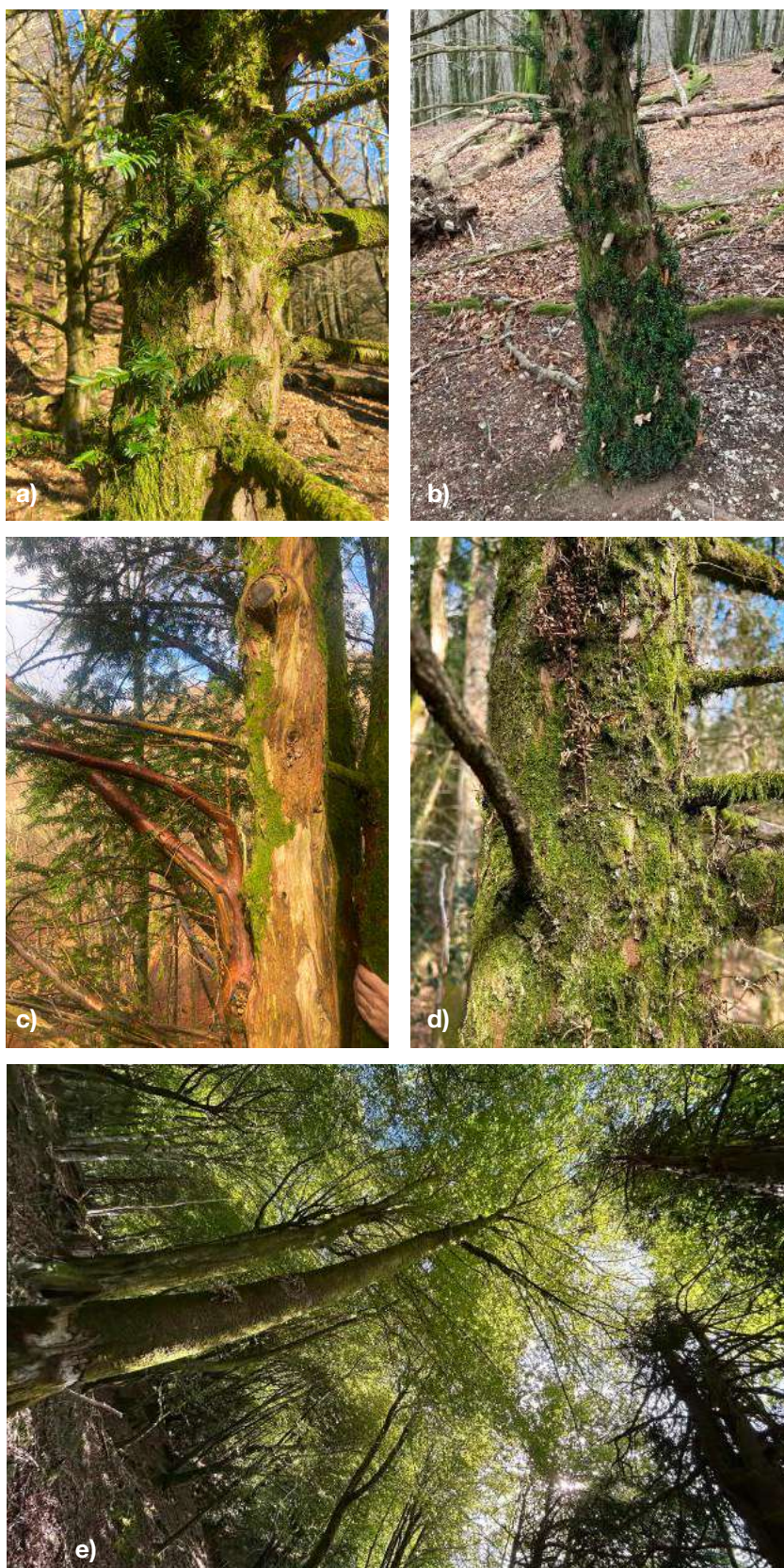
Un estado inicial del árbol que muestre un bajo nivel de defoliación y una sección de la corteza activa, pueden ser buenos indicadores para esperar un cierto grado de respuesta a la liberación. Se aprecia en algunos ejemplares que la respuesta en tronco y ramas se produce por la misma sección del fuste por la que el árbol ha logrado restaurar su corteza.

En arboles con una parte significativa de su copa muerta, la formación del nuevo follaje como respuesta a la liberación se produce en la parte media de la copa, en la parte interna del árbol mas cercana al tronco y a partir de brotes epicormicos. El vigor del ápice no es siempre un indicador de las respuesta del árbol.

En general los árboles muy decaídos, según se deduce por la proporción de ramas muertas, muestran peor respuesta a las liberaciones. Frecuentemente aparecen brotes epicórmicos que no se consolidan.

El crecimiento medio de las ramillas de los últimos 3 años parece significativamente mayor en árboles bajo el efecto de grandes liberaciones, generadas de manera conjunta por anillamientos y caída de árboles cercanos.

Parece importante contemplar la posibilidad de realizar liberaciones más amplias que las acometidas hasta ahora, especialmente en árboles que aún presentan un cierto grado de vigor.



a y b) Epicormicos en tronco; c) Sección regenerada de corteza con ramas y ramillas; d) Epicormicos muertos en árbol A92 sin respuesta; e) Árbol anillado (izq.) que no logra liberar el dosel para tejo M24



Indicios de mayor decaimiento mostrado por el tejo más añoso de la zona de Arrizurieta ocurrido entre los año 2017 y 2025. Denominado en el estudio “Teja madre”

4.3.4 Respuesta en crecimiento diametral

Con el fin de caracterizar mejor la respuesta a las actuaciones y su relación con el vigor anterior de cada árbol se consideró necesario un análisis de incremento en diámetro de las últimas décadas. La descripción del crecimiento en diámetro de los últimos 40 a 50 años árboles ayuda a comprender la historia reciente y estado actual de estas poblaciones, así como el efecto de las actuaciones de liberación y otros sucesos naturales.

Aunque cada árbol muestra un patrón único de incremento en diámetro, se aprecia sin embargo que ciertos cambios en los ritmos de crecimiento son comunes para los árboles de cada sector.

Sector Arrizurieta

En Arrizurieta por ejemplo, de manera general las gráficas de ancho de anillo muestran lo siguiente:

- Un descenso gradual del incremento anual entre la década de los años 80 y 90
- Escasa respuesta en incremento tras los años de liberaciones

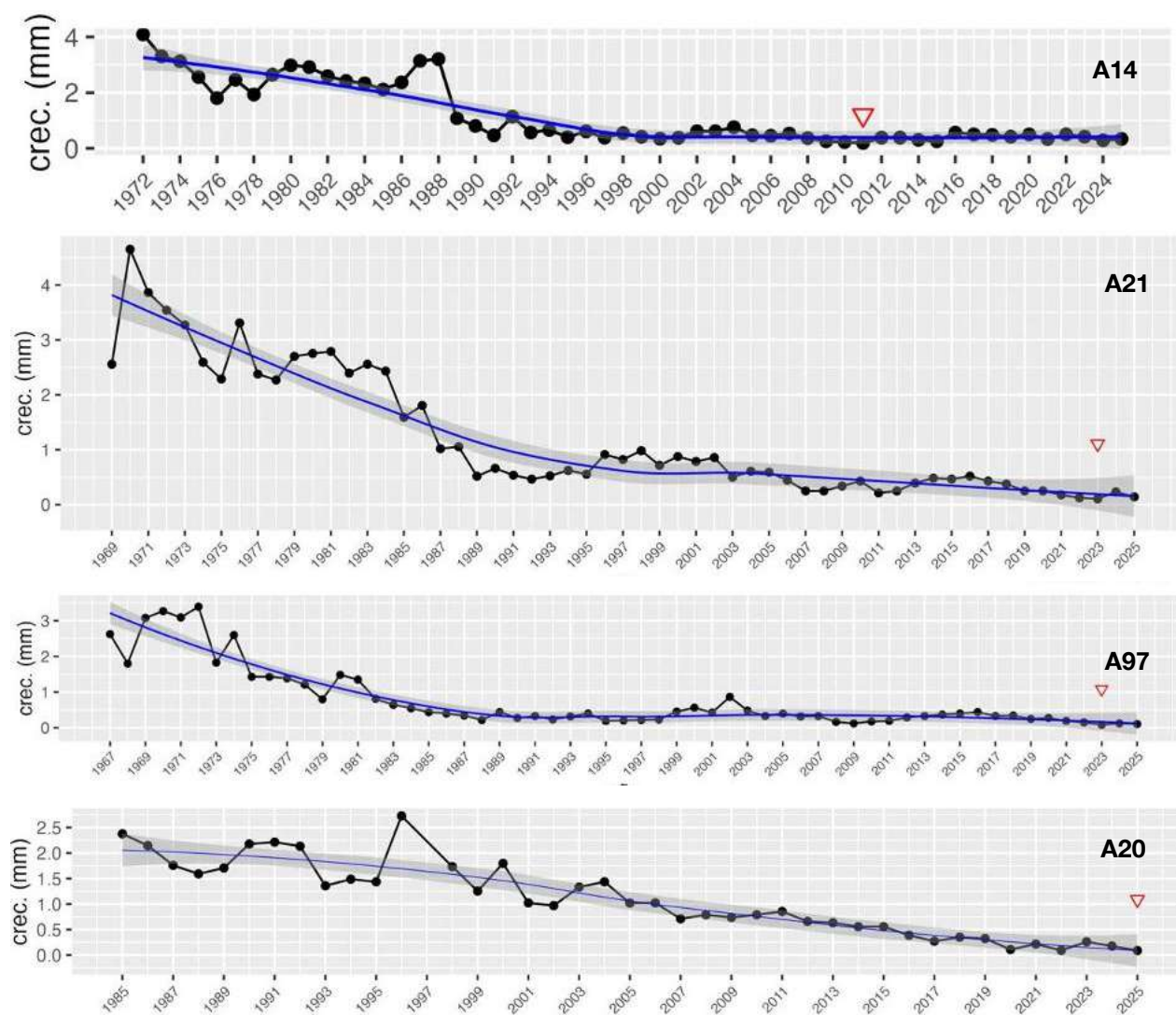
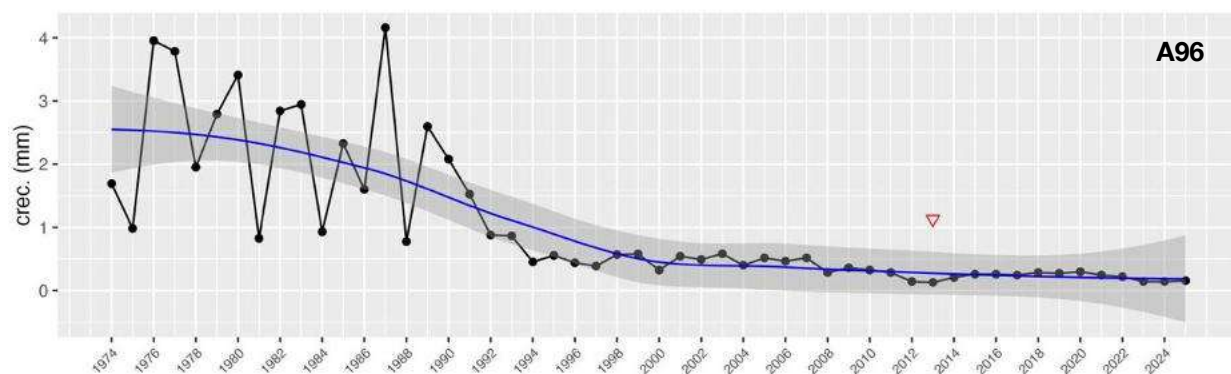


Figura 14. Cronología de ancho de anillo de árboles liberados en Arrizurieta



Sobre el primer suceso, se puede decir que puede responder a lo que ya se analizó en el estudio de 2017 respecto a la supresión sufrida por los pies de tejos frente al mayor porte alcanzado por hayas y robles. Dado que el desarrollo del diámetro es el reflejo del desarrollo de la copa, la disminución gradual del incremento en diámetro a partir de los años 80 podría estar explicada por el cierre de copas de los pies de frondosas, momento en que comenzaron a sombrear de manera importante a las copas de los tejos, limitando su crecimiento. Respecto a los crecimientos tras las actuaciones de liberación, para la mayoría de los árboles no parece haber cambios en el incremento en el ancho de anillo. Como ya se señaló las condiciones limitantes de los suelos de la parte alta de Arrizurieta, es uno de los factores importantes que explica el mal estado de vigor y baja respuesta de muchos pies en este sector.

Se da el caso sin embargo, como se aprecia en las siguientes gráficas, de algunos árboles que sí muestran una leve mejora en el incremento en diámetro a partir del año 2019. Este es el caso de los pies A54, A55 y A94, que se caracterizan por haber sido afectados por liberaciones extendidas en orientaciones SE.

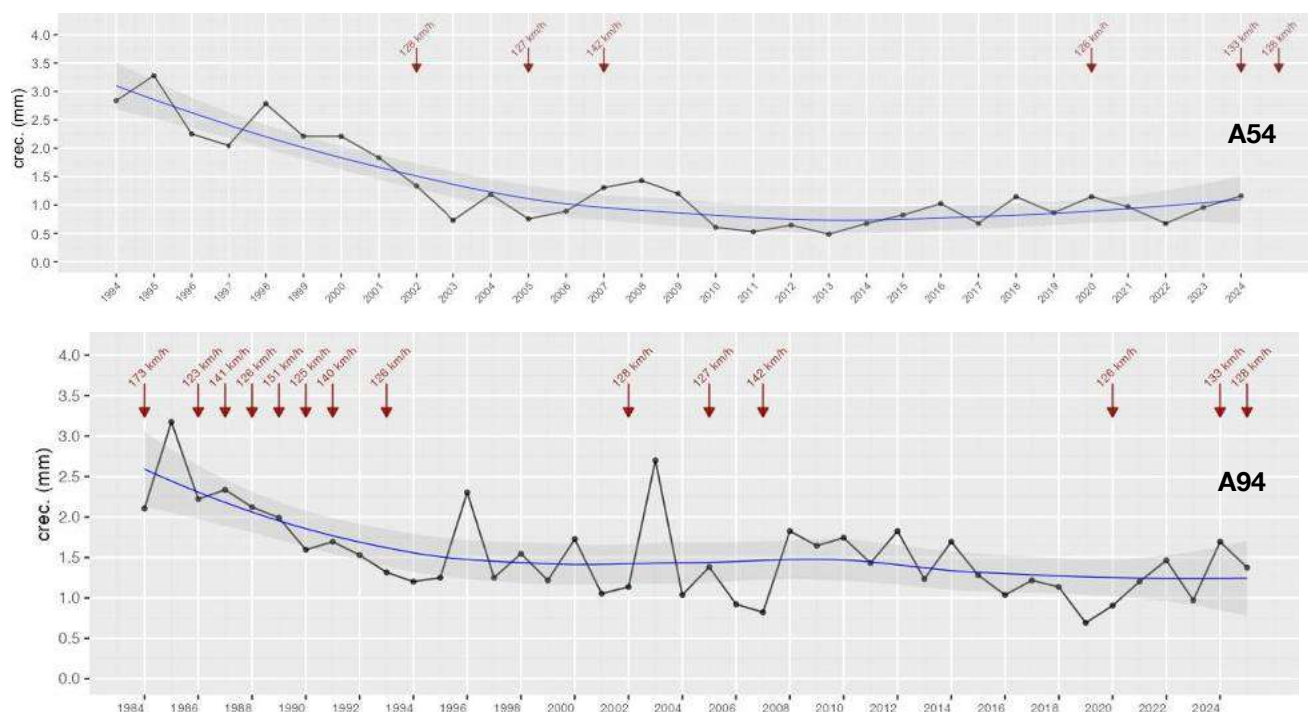


Figura 15. Incremento en diámetro de árboles liberados que muestran respuesta los últimos años. Flechas muestran rachas máximas de viento mensual (Km/hora)

Incluso si se compara la ocurrencia de rachas máximas de viento de las ultimas décadas se puede apreciar cierta correspondencia con le recuperación del ancho de anillos, lo que en términos de dinámica forestal se puede interpretar como que caídas de árboles por efecto de fuertes vientos han abierto el dosel en el entorno del árbol, generando temporalmente más espacio disponible para su crecimiento

Sector Mintegizar

En el caso de Mintegizar por otro lado, con mejores condiciones de suelo para el crecimiento aunque con árboles más afectados por daños en sus cortezas, se pueden destacar los siguientes aspectos sobre el incremento en el ancho de anillos;

- El periodo de descenso de los años 80 es más variable entre los distintos pies
- En general se registra respuesta a las actuaciones, siendo muy notable para algunos pies

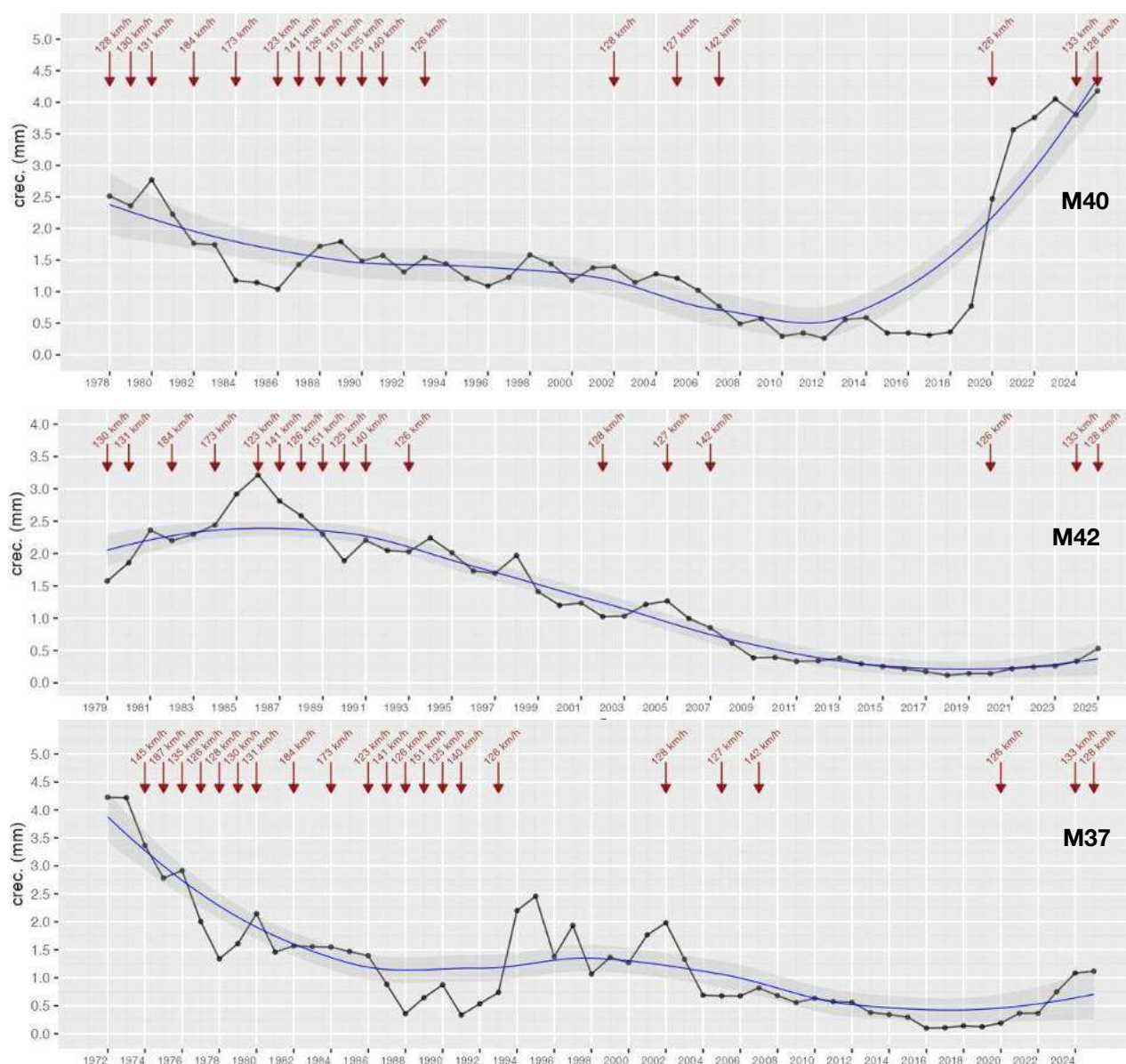


Figura 16. Cronología de incremento en ancho de anillos de árboles liberados en Mintegizar y que muestran respuesta. Flechas muestran rachas máximas de viento mensual (Km/hora)

En general los árboles estudiados en Mintegizar muestran un descenso en el incremento de anillos más variable y menos acusado que en Arrizurieta y con la diferencia que revelan una mejoría a partir del año 2019. Aunque esta respuesta no es igual para todos los árboles analizados, si se aprecia con mayor fuerza en pies como M42 y M41. Estos ejemplares junto a M37 liberado en el período de 2009, se encuentran precisamente en zonas más elevadas dentro de la ladera y al parecer las liberaciones han tenido más efecto en el espaciamiento del árbol y la iluminación de sus copas, tal como lo muestra el gráfico de radar (figura 11). Esta posición puede explicar en parte su mejor respuesta e incluso mejor estado de vigor previo a las liberaciones. Por su parte la ocurrencia de las rachas de viento máxima también muestran aquí una cierta sincronía con picos de incremento de anillos, a lo largo de parte de la historia de estos pies.

Se aprecia también que los árboles que más respuesta han mostrado registran incrementos en diámetro de entre 0,57 (M40) y 0,54 cm/año (M35) durante los últimos 7 años. Estos valores resultan bastante mejores que el crecimiento medio estimado para Artikutza en estudios anteriores de 0,25 cm/año y de 0,3 registrado por otros autores para zonas atlánticas de buen crecimiento (Errotuz, 2017). En tal ocasión además se registró un árbol maduro cuyo incremento tras una liberación natural alcanzó un máximo equivalente a 0,4 cm/año, lo que muestra que independiente de la edad o las supresiones sufridas, los árboles de tejo pueden tener buena capacidad de respuesta a la mejora de las condiciones para el crecimiento.

En relación a la variabilidad de la respuesta en crecimiento a las actuaciones, hay que señalar el caso de algunos pies, que aunque sí evidencian una mejora tras las liberaciones, posteriormente experimentan una caída en el incremento que se mantiene hasta el año 2025. Cabe mencionar aquí el pie M24 que como muestra la imagen de la página 26, la liberación de este árbol no ha logrado generar más espacio y luz para el desarrollo de su copa, debido en parte a la recuperación de un pie de haya anillado en su entorno. El caso del pie M44 liberado en 2009 se trata de un árbol que aún se mantiene sumergido entre otros árboles. Parece ser que en casos de liberaciones de muy baja intensidad, la respuestas en crecimiento pueden ser más efímeras.

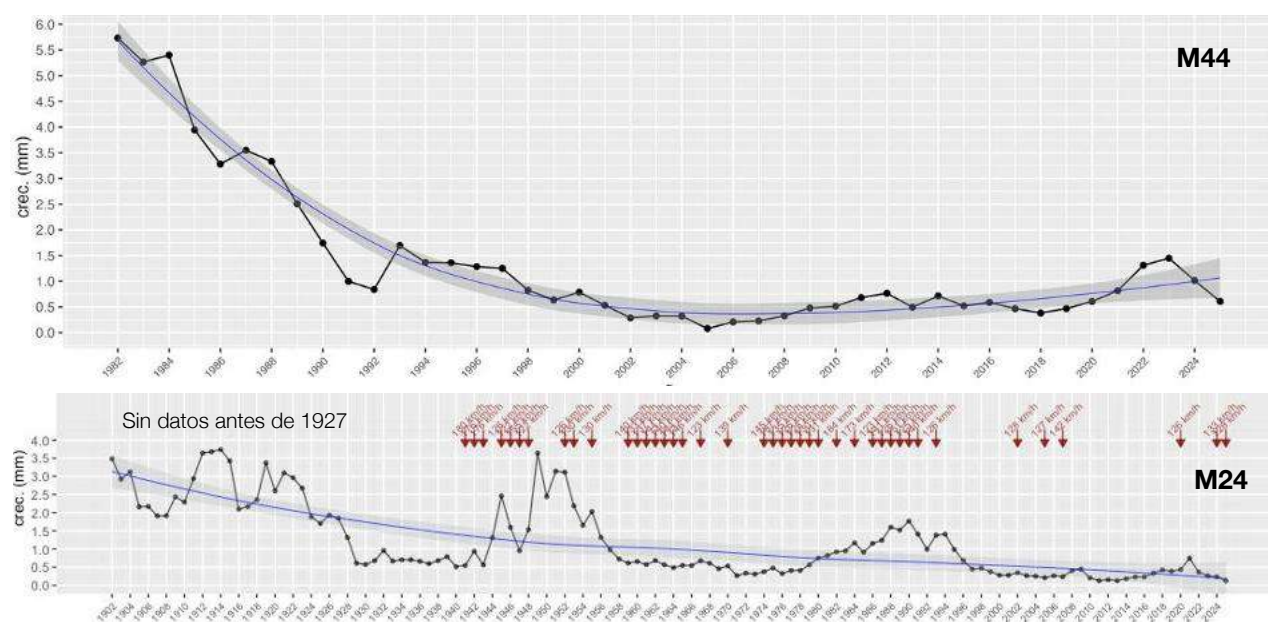


Figura 17. Cronología de incremento en ancho de anillos de árboles liberados en Mintegizar que muestran una caída en el crecimiento. Flechas muestran rachas de viento máxima (Kmh/hr)

El árbol M24 del que se registra un período extenso de años, muestra también como las rachas de viento pueden tener un efecto importante en los procesos dinámicos de estos bosques a lo largo de los años, debido a su capacidad para incidir en el control natural de la densidad de pies y la generación de claros en beneficio de las especies de los estratos intermedios, como es el caso de tejo en estos bosques.

A pesar de las particularidades de cada sector y cada pie estudiado, el análisis general del incremento en ancho de anillos de los pies liberados en ambos sectores, permite describir un patrón general de crecimiento a la vez que identificar algunos hitos clave en su historia reciente. Estos se pueden apreciar en la siguiente gráfica y resumir como:

- Una caída general para ambos sectores, aunque más marcada para Arrizurieta, en la década del año 1980 al 1990
- Una recuperación del crecimiento en la década de los 90, mas intensa en Mintegi, seguida de una caída en ambos sectores en torno a la década del año 2000 en adelante
- Un punto de divergencia entre ambos sectores en torno al año 2010 que se resume en un aumento en el incremento más o menos regular en Mintegizar y un descenso gradual con distintos mínimos en el caso de Arrizurieta.

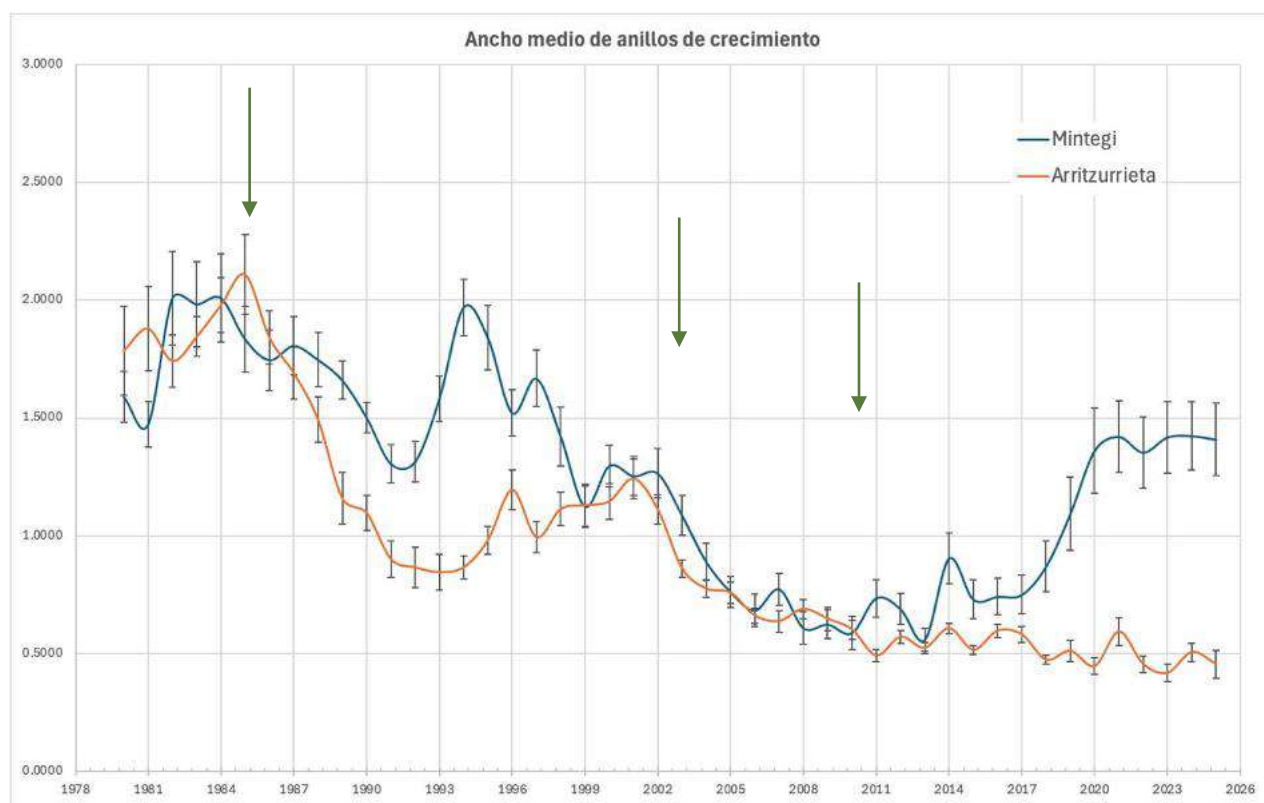


Figura 18. Principales hitos en el incremento medio de anillos de crecimiento de todos los árboles estudiados por sector

El patrón general de crecimiento habla de un descenso general con oscilaciones, de los incrementos para ambos sectores. En términos de dinámica forestal estos descensos pueden estar explicados por el cierre del dosel sobre los pies de tejo que crecen sumergidos bajo un estrato dominante de hayas y robles. Tras un primer cierre del dosel, procesos de caída natural de árboles pueden estar explicando un repunte en el crecimiento especialmente en Mintegizar.

Precisamente las gráficas de rachas máximas de viento hablan de una alta frecuencia de estos eventos durante la década de 1980 que puede estar asociada a la caída reiterada de árboles que contribuyeron a generar aperturas del dosel. Posteriormente este pico vuelve a caer una vez que las copas del dosel superior responden al espacio generado y se vuelven a cerrar, limitando nuevamente el crecimiento de los tejos. En este sentido, la relativa escasez de estos eventos de fuertes vientos en los últimos 30 años pueden explicar el estado general de supresión de los Tejos que se observa hoy día.

El tercer hito tal vez el más interesante para los objetivos de este estudio, es sin duda el que se registra en torno al año 2010 período en que se realizan las primeras actuaciones de liberación y que generan nuevamente una apertura del dosel para los pies de tejo. Según muestran los resultados, la respuesta a estas actuaciones, en ancho de anillos, resulta ser mucho más efectiva para los pies de Mintegizar que experimentan un importante aumento en comparación con los pies de Arrizurieta que desde el 2011 mantienen unos incrementos mínimos.

Como ya se ha señalado los suelos de la parte alta Arrizurieta, de donde proceden los árboles analizados, presentan ciertas limitaciones para el desarrollo como el mal drenaje y la escasa profundidad. La escasa disponibilidad de suelo para el desarrollo de las raíces se puede traducir en condiciones de fuerte estrés por exceso o por falta de agua en eventos extremos. Esto hace pensar que condiciones climáticas adversas y una menor fertilidad, pueden afectar con mayor intensidad el crecimiento de los árboles de Arrizurieta que los de Mintegizar, incidiendo esto también en una baja respuesta a las liberaciones.

4.3.5 El factor climático en la respuesta

En base a las series de datos registrados en la estación meteorológica Igeldo⁴, entre los años 1970 y 2005 equivalentes a los años analizados en los anillos de crecimiento de los tejos, se puede inferir que ciertas anomalías climáticas relacionadas con el aumento de la temperatura en combinación con una baja disponibilidad de recursos, pueden estar incidiendo en la baja respuesta a la liberación de algunos pies.

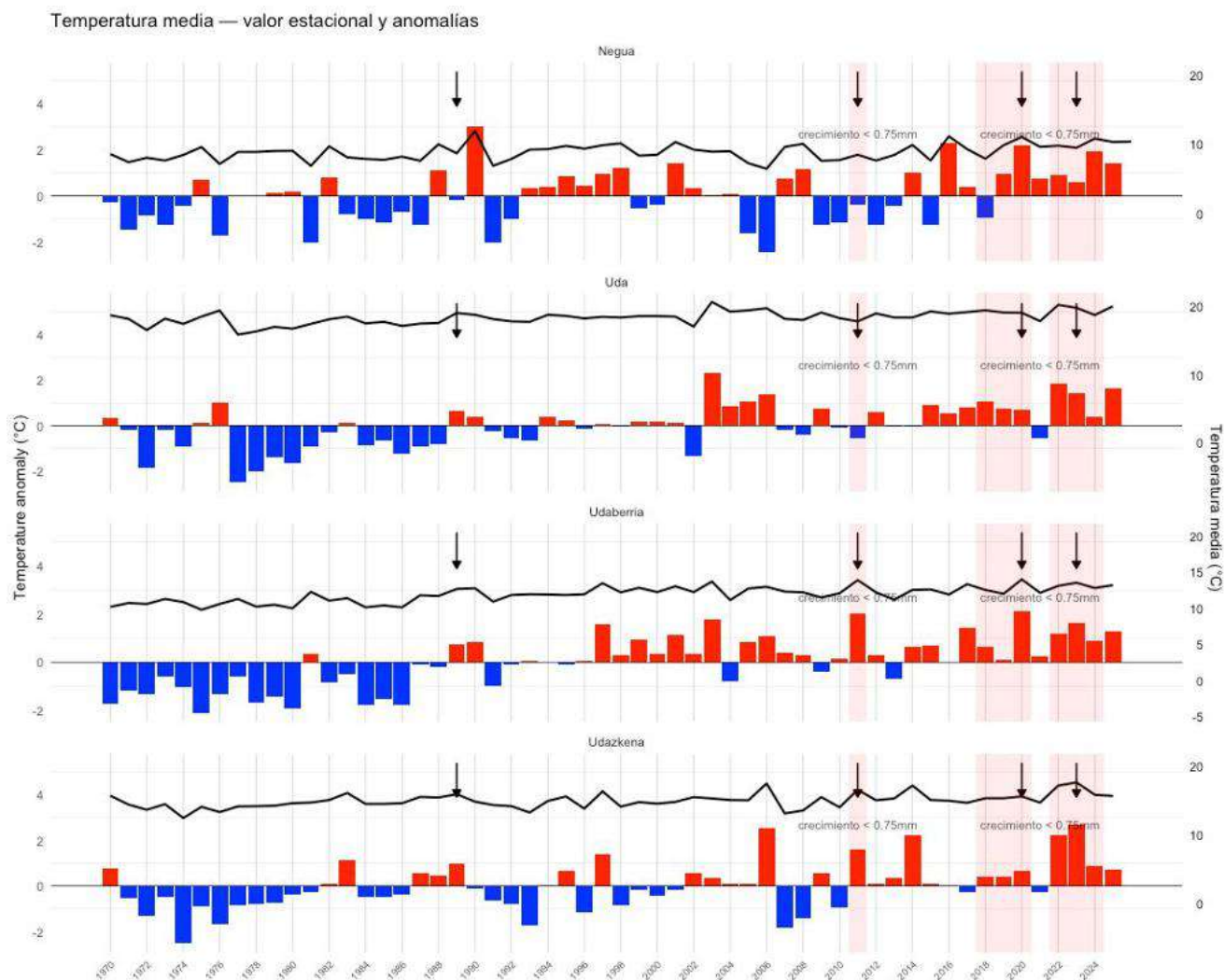


Figura 19. Secuencia de temperaturas (°C) sobre y bajo la media registradas en la estación de Igeldo. Flechas indican años de crecimientos mínimos en Arrizurieta

Así, como se aprecia en la gráfica anterior respecto a los pies de Arrizurieta, años puntuales de mínimos en el ancho de anillo coinciden con años de primaveras y otoños más cálidos. Se aprecia que períodos de

⁴ Estación meteorológica con series de datos más largas que otras más cercanas como la de Eskas

primaveras cálidas y secas, con precipitaciones bajo la media, se producen de manera intermitente en años como el 2011, 2020 o 2023 en cierta equivalencia con los mínimos de crecimiento referidos para Arrizurieta.

A este respecto se sabe que temperaturas mínimas muy elevadas durante la temporada primavera-verano (>14 y 16 °C) conlleva para la vegetación una alta tasa de fotorespiración nocturna en la que las plantas pierden capacidad de crecimiento. Este efecto puede ser incluso más importante en las especies sumergidas en el sotobosque, puesto que la fotorespiración nocturna puede consumir una gran parte de la actividad fotosintética del día.

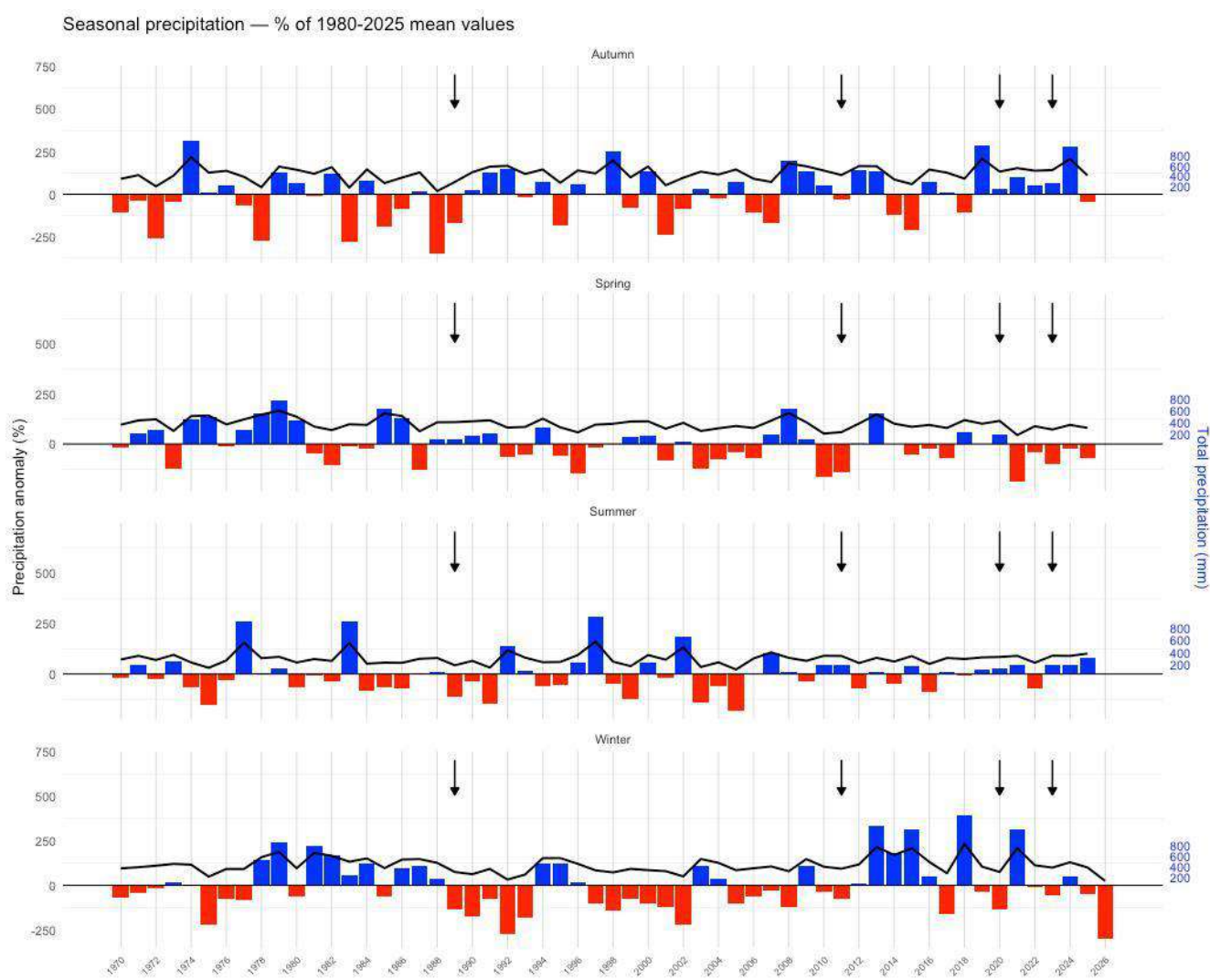


Figura 20. Secuencia de precipitaciones (mm) sobre y bajo la media registradas en la estación de Igeldo

En general las series de anomalías climáticas de la zona, recogidos por la estación meteorológica de Igeldo revelan que la ocurrencia de temperaturas sobre la media en las cuatro estaciones, se hace más frecuente a partir de la década de 1980, alcanzando una tasa de aumento equivalente a unos 0,45 °C/década. Es plausible pensar que este fenómeno climático en combinación con el período de cierre del dosel de estas poblaciones se relacione en parte con la caída en el ancho de anillos identificada para ambos sectores y un decaimiento gradual de muchos pies.

Paradójicamente, a pesar de ser Artikutza una zona de alta pluviometría, la ocurrencia de primaveras con baja precipitación y alta temperatura pueden producir un cierto estrés hídrico para los árboles en suelos delgados. Así lo muestra el análisis del balance hídrico que alcanza sus valores mínimos en primavera, momento del año con mayor actividad y demanda de recursos por parte de los árboles. Junto con el incremento de las olas de calor y temperaturas nocturnas mas altas en verano son quizás los factores mas preocupantes del cambio climático para la resiliencia de las poblaciones de tejo en Artikutza.

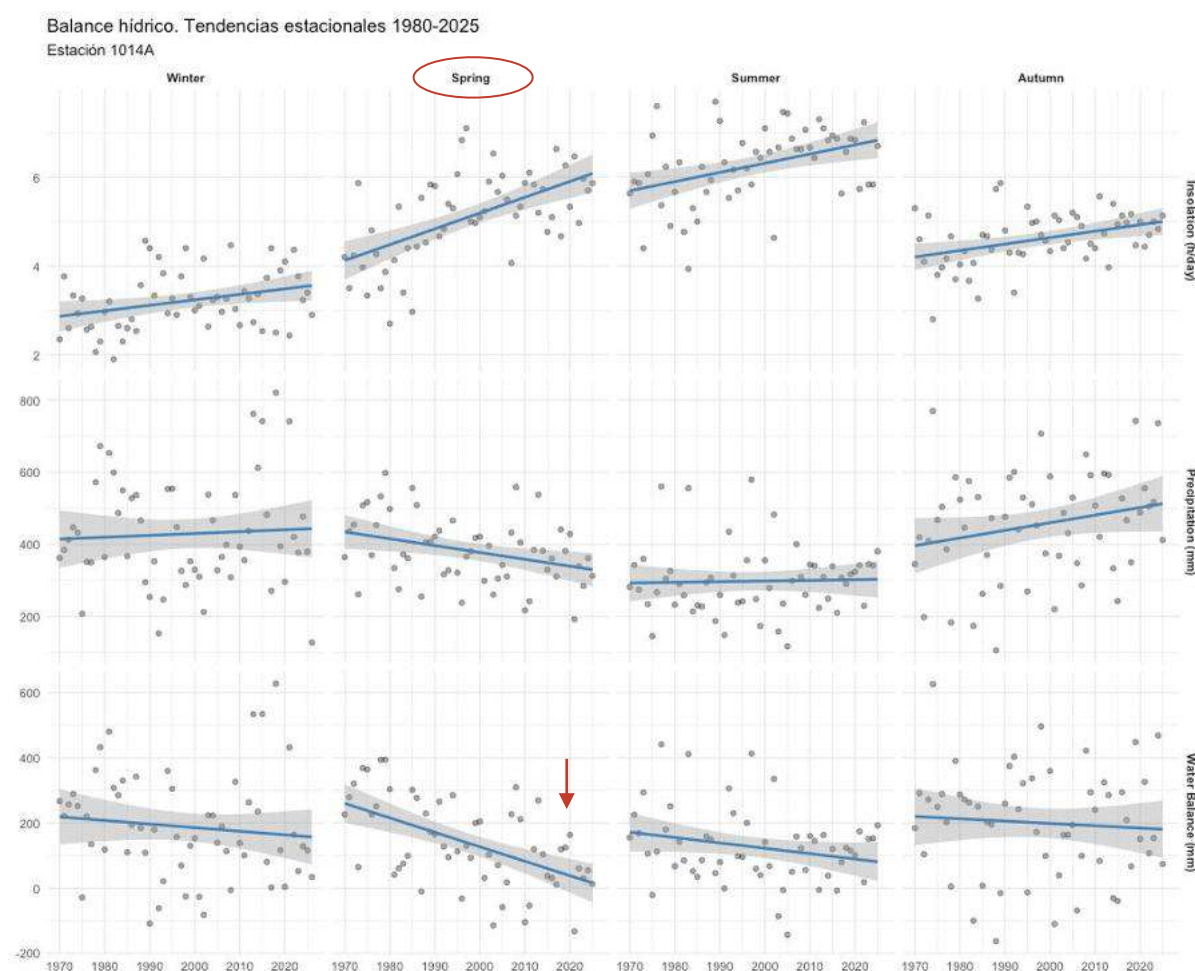


Figura 21. Tendencia de los niveles de Insolación, precipitación y balance hídrico de los últimos 50 años

Esto se manifiesta especialmente en Arrizurieta donde a factores relacionados con la estructura de rodal y limitaciones edáficas se les suma un tercer factor relacionado con las anomalías climáticas. Se puede entender por tanto que se trata de un conjunto de circunstancias que confluyen para contribuir al mal estado general de muchos de estos pies, condicionándolos de alguna manera a que en la mayoría de los casos presenten una baja respuesta a las liberaciones.

Aunque este estudio no pretende abordar el efecto del cambio climático sobre el crecimiento de estas poblaciones, si se puede decir que a la luz del análisis de los datos recogidos, existen indicios de que las anomalías climáticas, en combinación con otros factores limitantes para el crecimiento, pueden estar incidiendo negativamente en el estado de vigor de los tejos en general.

La literatura científica si describe de manera clara el impacto que pueden tener sobre el crecimiento de tejo eventos como los veranos más calurosos de lo normal. Así por ejemplo, un estudio dendrocronológico realizado en bosques de Polonia y Ucrania, revela la existencia de una correlación negativa en el ancho de anillos de tejo con las temperaturas por debajo de las medias de un invierno corto seguido de un verano caluroso. (Cedro, 2014). También Stefanovic *et al* (2017) en un estudio sobre dimorfismo sexual de hojas, en bosques de Serbia, concluye que las hembras tienen la facultad de cargar con mayor información acerca del clima, mostrando que en condiciones más limitantes de suelo, temperatura y humedad, estas acumulan más recursos y desarrollan acículas más largas que los machos.

Acerca del efecto sobre las hembras Iszkulo *et al* (2005) va más allá cuando reporta en bosques de Polonia y Ucrania, que el porcentaje de pies hembra se relaciona positivamente con la precipitación, las cuales muestran una baja tolerancia a la sequía y tienen mayor demanda de agua que los pies macho. El impacto de condiciones climáticas más cálidas y secas en la dinámica de estas poblaciones según el autor, conduce finalmente a una reducción del porcentaje de hembras, con sus consecuentes efectos en la reproducción de la especie.

4.3.6 Conclusiones sobre respuesta en crecimiento en diámetro

Las respuestas a las actuaciones de liberación realizadas en torno a los años 2009 y 2019 son desiguales tanto entre sectores como entre árboles. Esto se puede entender debido a las diferencias en condiciones de sitio de cada sector, a la historia de crecimiento de cada árbol en relación a su espacio vital y a la intensidad de cada actuación, así como –quizás– al impacto de eventos climáticos adversos.

Se registra un mayor incremento en ancho de anillos en árboles influenciados por liberaciones extendidas, originadas por anillado y caída natural de árboles. Esta relación también se ajusta con la observada en la formación de ramillas de mayor longitud.

El patrón de rachas de viento máxima de las últimas décadas muestra cierta sincronía con el aumento de ancho de anillo de los árboles estudiados, y parece indicar la importancia de estos eventos climáticos en la dinámica de estos bosques, que generan aperturas del dosel en beneficio de los pies de tejo.

La respuesta en incremento en el ancho de anillo a las liberaciones, son mucho menos perceptibles en el sector de Arrizurieta que en el de Mintegizar, donde en el caso de algunos árboles ésta puede ser muy vigorosa.

El registro en Arrizurieta de un descenso del ancho de anillo en correspondencia con la ocurrencia de primaveras más cálidas y secas, indica que el efecto de tales sucesos puede ser más acusado en condiciones más limitantes de suelo y alta densidad de pies, como las que caracterizan a los tejos estudiados en la zona A de este sector.

Las series de ancho de anillo que abarcan periodos de crecimiento de entre 40 y 50 años atrás, muestran la ocurrencia de diversos picos de incremento en la mayoría de los árboles, y la capacidad de respuesta tras largos periodos de supresión.

Aun así, árboles añosos muy debilitados no parecen tener capacidad de respuesta a las actuaciones de liberación y es posible que este tipo de intervenciones ya sean tardías como para esperar su recuperación. Es difícil establecer con precisión el umbral de no retorno.

5. Consideraciones finales y recomendaciones

- ▶ A la luz de los resultados y de la respuesta a las liberaciones realizadas a tiempo, se considera importante continuar con las actuaciones destinadas a mejorar la vitalidad de los árboles suprimidos. Mantener los tejos de ambos sectores en mejor estado de vigor será clave para consolidar estas poblaciones y reforzar su resiliencia frente a eventos climáticos extremos. A este respecto cabe destacar que a pesar de su menor porte respecto a haya y roble, los tejos por su lento crecimiento, son los árboles más antiguos de estos bosques.
- ▶ Respecto al impacto ecológico de las actuaciones de anillado y derribo de árboles en beneficio de pies de tejos, se constata que esta práctica ha generado madera muerta de distinta calidad y capacidad para ofrecer variados recursos de hábitat para la fauna y la biodiversidad en general, favoreciendo la dinámica de estas poblaciones. Así, muchos árboles muertos en pie muestran un uso intenso por parte de carpinteros para alimentación y refugio, y árboles caídos son colonizados por diversos tipos de líquenes y hongos.

Sobre las actuaciones de liberación

- ▶ Los árboles que aún mantienen cierto nivel de vigor, son buenos candidatos para continuar con las actuaciones de anillado en su entorno inmediato. Árboles que ya están muy debilitados o con daños irreparables en su corteza, parecen tener menor capacidad de respuesta.
- ▶ A la hora de anillar o derribar árboles vecinos que puedan estar interfiriendo en el desarrollo de pies de tejo, será importante priorizar la eliminación de pies de haya frente a roble, así como de aquellos que estén dispuestos en orientaciones de componente sur y oeste respecto a tejo.
- ▶ Se recomienda mantener vigilancia de los árboles liberados y para algunos casos considerar la posibilidad de ampliar estas actuaciones en los siguientes 5 o 10 años. En el caso de los pies en los que las actuaciones no han tenido suficiente efecto sobre la iluminación de sus copas, será aconsejable ampliar las liberaciones.
- ▶ Será de especial importancia asegurar la buena iluminación de las copas de pies hembra y pies macho, especialmente en Arrizurieta, donde hay más desequilibrio entre ambas formas sexuales, puesto que se considera uno de los aspectos clave en la viabilidad de las poblaciones.

Sobre la regeneración y nuevas generaciones

- ▶ Como segunda línea de actuaciones, se recomienda contemplar la posibilidad de incorporar y/o conservar las nuevas generaciones de tejo mediante plantaciones y/o la protección de la regeneración natural. Aunque la regeneración registrada es escasa, ésta representa un importante acervo de diversidad genética de la especie.
 - En el caso establecer platas de tejo, se propone utilizar las zonas más abiertas y luminosas que se han ido generando tras las actuaciones (ver mapa de síntesis). La protección mediante tubos y tutor puede ser necesaria.

-
- Para la protección de nuevas plantitas de regeneración natural, de más de dos años, se recomienda instalar protectores de malla como barrera disuasoria frente a la posible acción de herbívoros⁵.
 - ▶ Señalizar y realizar un seguimiento de la regeneración natural puede ser útil para indagar sobre otras causas relacionadas con la baja supervivencia. La instalación de banderillas de marcación⁶ en plantitas identificadas es una buena opción.
 - ▶ La presencia de especies arbustivas que ejercen un papel de plantas nodriza sobre las plantitas de tejo, ha demostrado en otros estudios ser un factor importante en el éxito de su regeneración. Se recomienda por tanto establecer especies arbustivas en los arreglos de retención de suelo, quizá en mezcla con tejo.

⁵ Recomendable tubo de malla de alambre galvanizado o plástico con soporte de estaca interior

⁶ Banderas plásticas en soporte de metal de 12 x 10 cm diseñadas para señalización en estudios de campo, paisajismo y silvicultura

5.1 Mapa de síntesis por sector

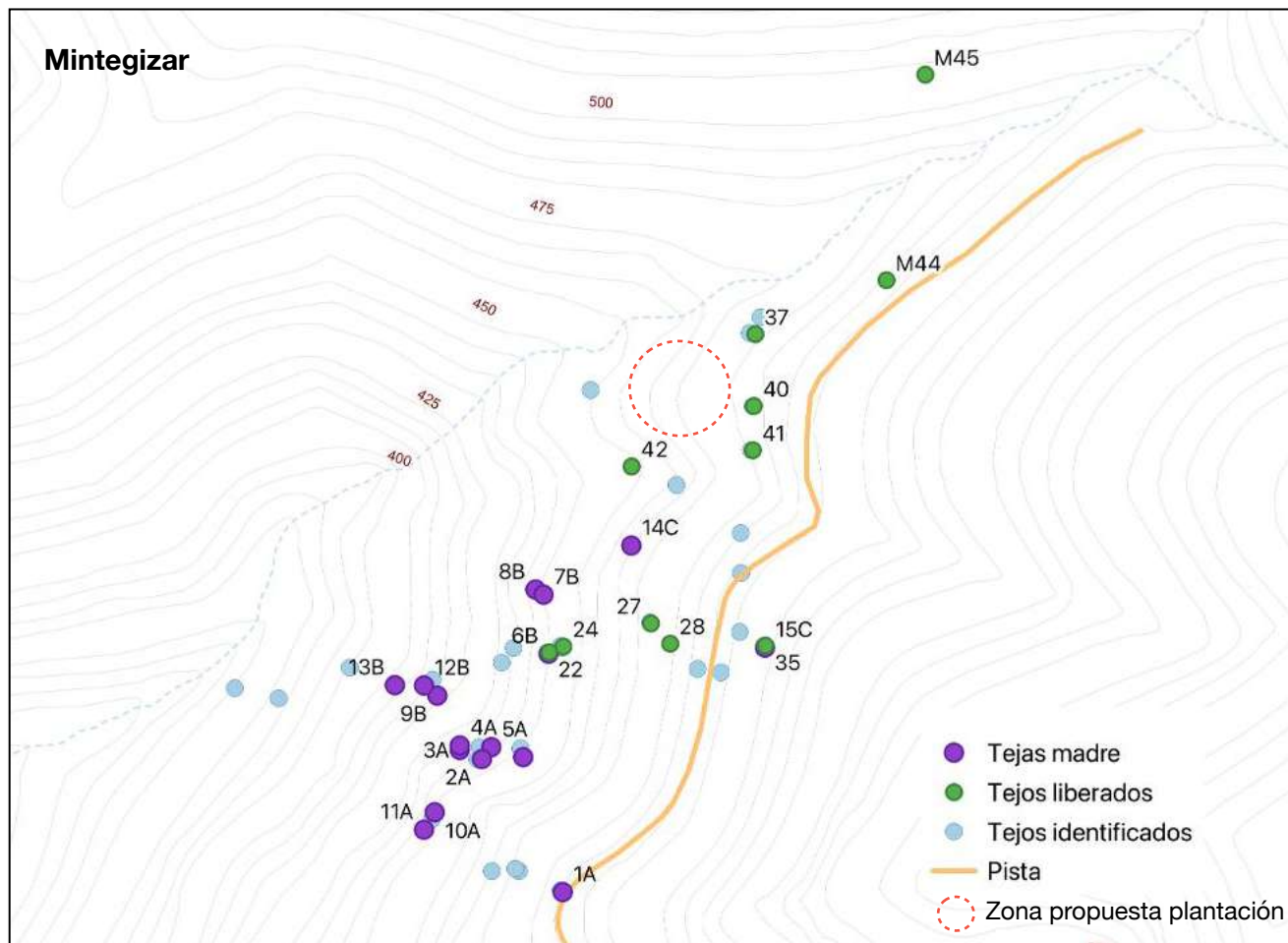


Figura 22. Ubicación de todos los pies de tejos estudiados e identificados en Sector Mintegizar y zona propuesta para plantaciones de tejo

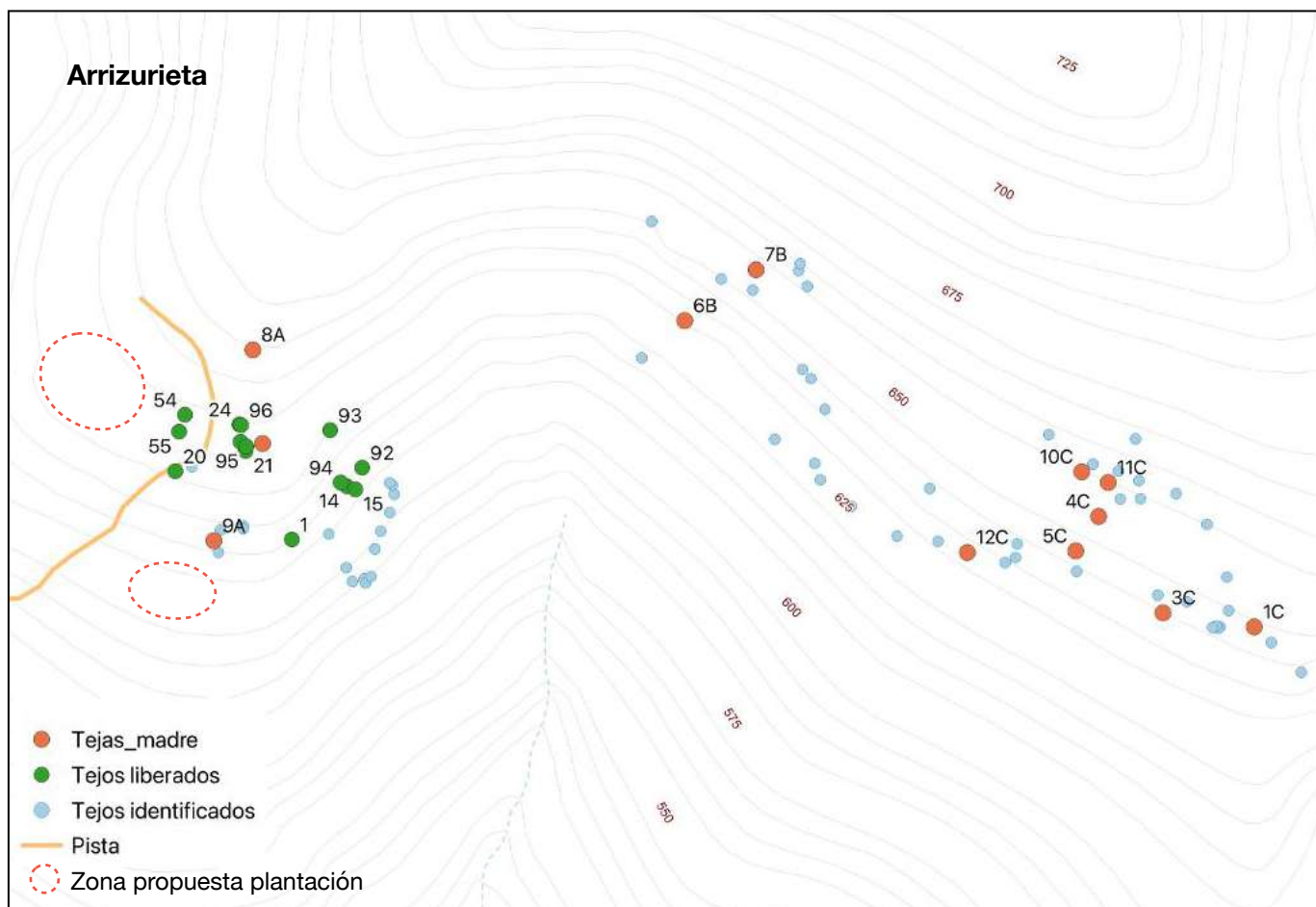


Figura 23. Ubicación de todos los pies de tejos estudiados e identificados en Sector Arrizurieta y zonas propuestas para plantación de tejo

6. Bibliografía citada y consultada

CEDRO, A. (2014) The influence of temperature and precipitation on the tree-ring width of *Taxus baccata* L. from Poland and western Ukraine. En IV Jornadas Internacionales del Tejo, Monestir de Poblet, 2014

DEVANEY, J., Janse, M.& Whelan, P. 2014. Spatial patterns of natural regeneration in stands of English yew (*Taxus baccata* L); Negative neighbourhood effects. Forest Ecology and Management 321 (2014) 52-60

ISZKULO, G. & BORATYNSKI, A. (2005). Different age and spatial structure of two spontaneous subpopulations of *Taxus baccata* as a result of various intensity of colonization process. Flora 200 (2005) 195–206

GARCIA, D., ZAMORA, R., HÓDAR, J.A., GÓMEZ, J.M., CASTRO, J., 2000. Yew (*Taxus baccata* L.) regeneration is facilitated by fleshy-fruited shrubs in Mediterranean environments. Biol. Conserv. 95, 31–38.

MALEKI, K., et al. Seed Regeneration in *Taxus baccata*: Unveiling Ecological Restrictions and Paving the Way for Future Studies.

GARCIA, X. & VALBUENA, L. (s/f). La semilla del tejo: historia de una diáspora. Del ámbito general al caso particular de las tejedas del Sil. Jornadas del tejo en Ponferrada.

THOMAS, P. & POLWART, A. 2003. Biological Flora of de British Isles. *Taxus baccata* L. Journal of Ecology 91,489 - 524

THOMAS, P., & GARCÍA, X. 2015. Response of European yews to climate change: a review. Forest Systems 24 (3) 11 pages.

SVENNING, JC. & MAGARD, E. 1999. Population ecology and conservation status of the last natural population of English yew *Taxus baccata* in Denmark. Biological Conservation 88 (1999) 173±182

VANCE, N & RUDOLF, P. (s/f) *Taxus*. L. USDA Forest Service. Corvallis, Oregon.

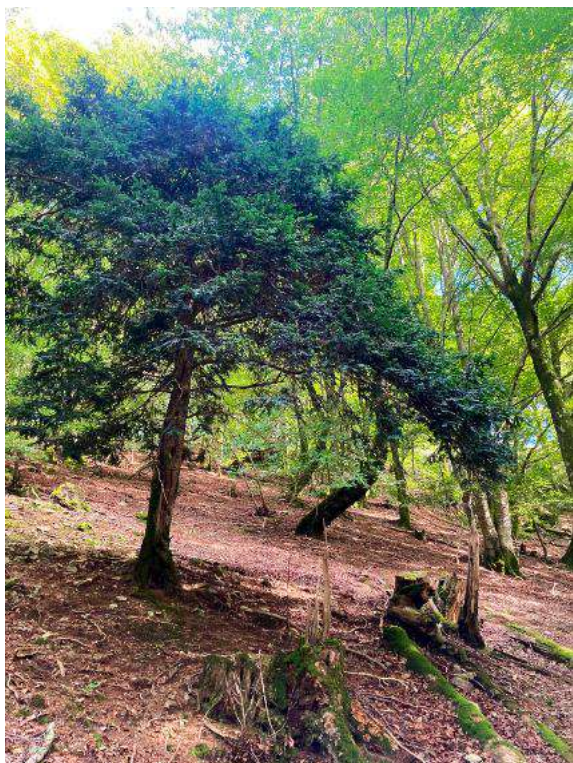
7. Anexo.

7.1 Fichas de seguimiento árboles con dendrómetro

7.2 Mapas de tejos liberados y estudiados por sector

7.1 Fichas de seguimiento en árboles con dendrómetro

Sector Mintegizar



Tejo liberado N° M35 (Teja hembra 15C)
Altura: 5,5 m
Diámetro: 30,8 cm
Instalado 2025 (año 1)*
Lectura año 2025: 0,0 mm

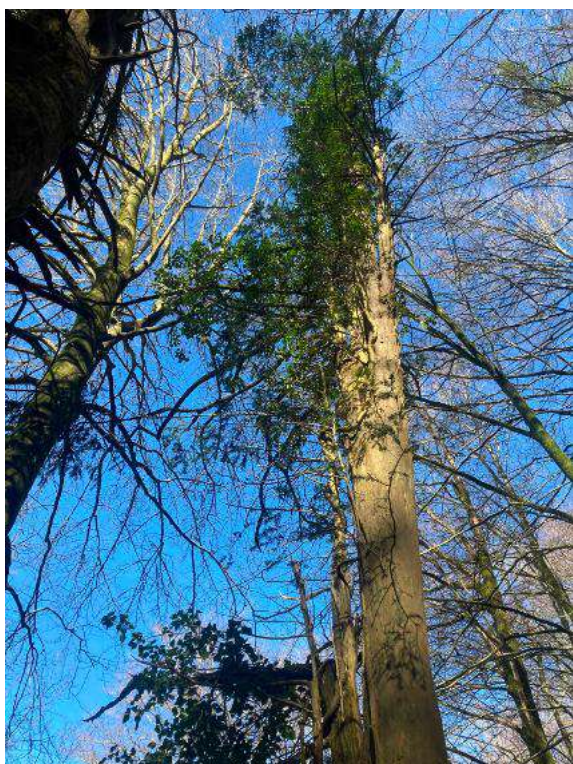


Tejo liberado N° M42 (M1M)
Altura: 15,7 m
Diámetro: 63,5
Restablecido 2025 (año 1)**
Lectura año 2025: 0,0 mm



(*) Dendrómetro instalado primera vez

(**) Dendrómetro encontrado abierto y reinstalado



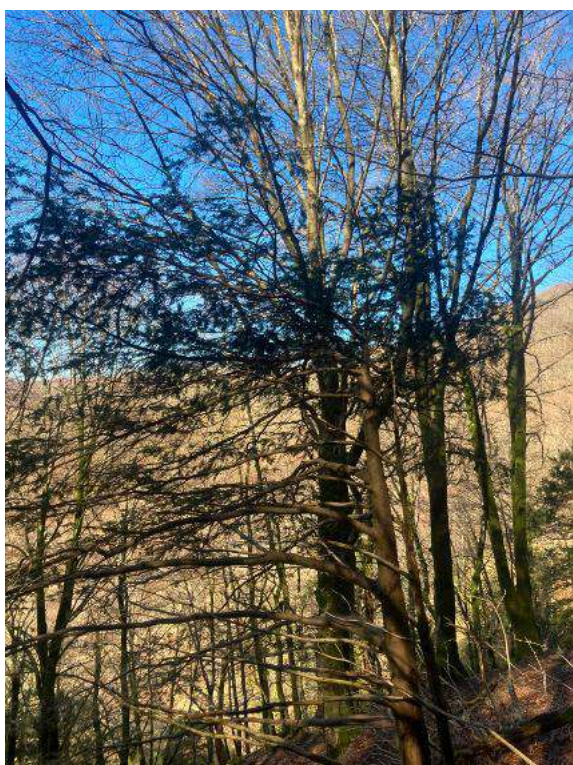
Tejo liberado N° M24

Altura:

Diámetro: 40,1

Lectura año 2018:

Lectura año 2025: 2,4 cm



Tejo liberado N° M27

Altura: 4 m

Diámetro: 17,7

Lectura año 2021: 0,9 cm

Lectura año 2025: 1,4 cm





Tejo liberado N° M44

Altura: 6,6 m

Diámetro: 24,5 cm

Lectura año 2025: 0,83 cm



Tejo liberado N° M45

Altura: 8,5 m

Diámetro: 34,4 cm

Lectura año 2025: 0,1 cm



Para el resto de árboles no se encontró total coincidencia entre las coordenadas registradas por la guardería y las registradas en este estudio, seguramente por variaciones en la cobertura y resolución de los GPS.

Lecturas de crecimiento recopiladas de secuencia de fotos a partir de 2019
(*) Código árbol según guardería del Parque

Año	Crecimiento (cm) /árbol (*)		
	M1M	M1P	M1E
2019	-	2,10	0,0
2020	1,20	2,23	0,1
2021	1,25	2,50	0,1
2024	2,05	-	-

Sector Arritzurrieta



Tejo liberado N° A93

Altura:

Diámetro: 18,5 / 18,0 cm

Lectura año 2025: 3,4 cm



Tejo liberado N° A96

Altura:

Diámetro: 23,6 cm

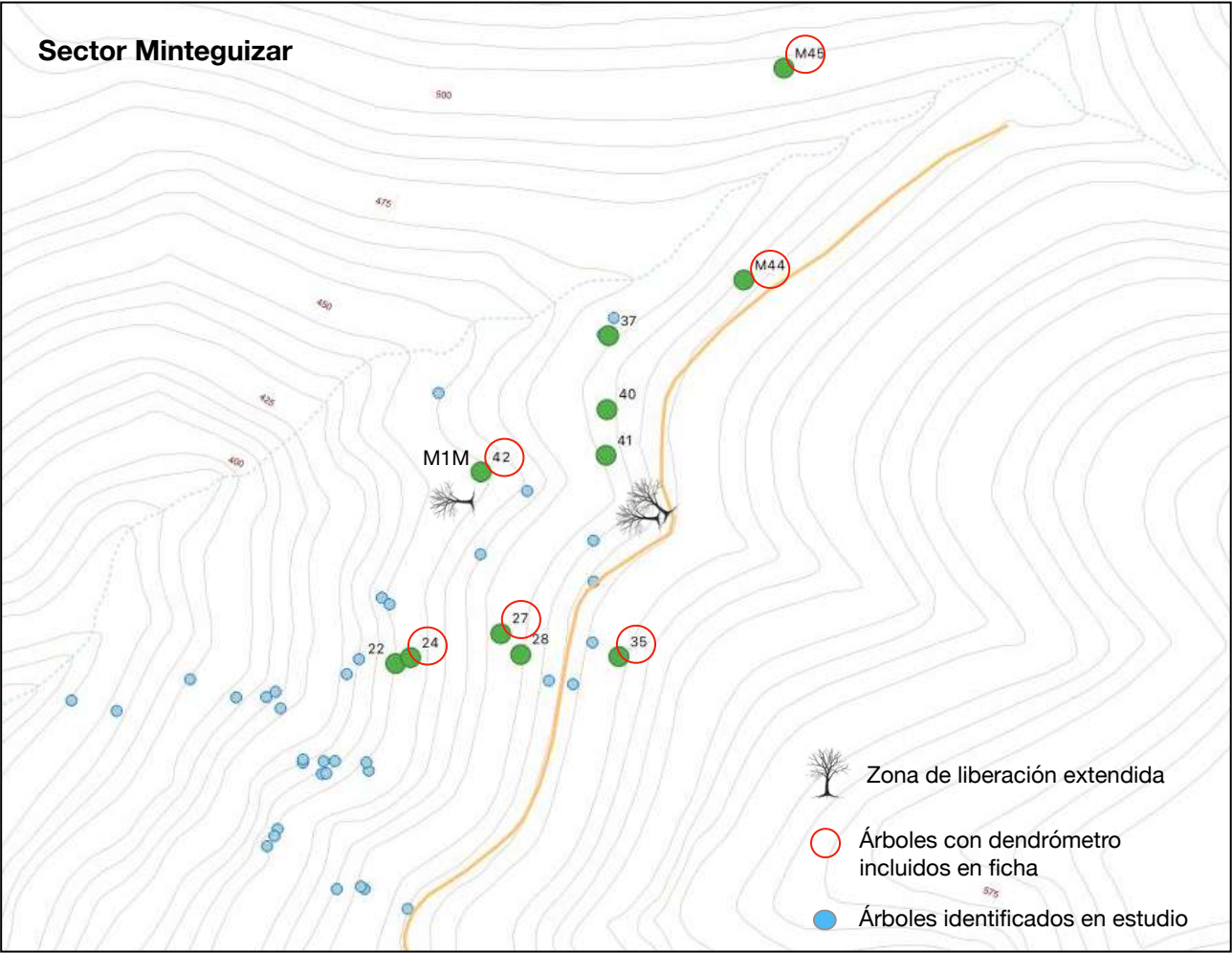
Restablecido año 2025 *

Lectura año 2025: - 0,5 cm



(*) Encontrado abierto

7.2 Mapas tejos liberados



Sector Arritxurrieta

