



Esfuerzo reproductivo y estado nutricional de las tejeras de Artikutza

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

Realizado por: Asociación Errotuz

5 de diciembre de 2018



Equipo de trabajo

Claudia Maldonado Seares (Ing. de Montes)

Inazio Martínez de Arano (Biólogo)

Inés Latorre García (Ing. Técnico Forestal)

Indice

1. RESUMEN	1
2. OBJETIVOS	2
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	2
3.1 PRODUCCIÓN DE SEMILLAS	2
3.2 DIAGNOSTICO NUTRICIONAL	3
4. RESULTADOS.....	4
4.1 TAMAÑO Y FORMA DE TEJAS MADRE	4
4.2 ESPECIES VECINAS A TEJAS MADRE	7
4.3 PRODUCCIÓN DE SEMILLAS POR SECTOR.....	9
4.4 PRODUCCIÓN DE SEMILLAS POR ÁRBOL	13
4.5 SEMILLAS Y DEPRDACIÓN	16
4.6 ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LAS TEJERAS	20
4.6.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	21
4.6.2 ESTADO NUTRICIONAL.....	23
5. CONCLUSIONES	25
5.1 SOBRE EL ESFUERZO REPRODUCTIVO	25
5.2 SOBRE EL ESTADO NUTRICIONAL	26
6. RECOMENDACIONES	27
7. BIBLIOGRAFÍA	29

1. Resumen

En base al estudio de diagnóstico realizado en 2017 en los dos enclaves de tejo en Artikutza, se identifica la necesidad de emprender estudios más específicos sobre la dinámica forestal de estas poblaciones. Se presenta en este informe el estudio realizado sobre el esfuerzo reproductivo de tejos hembras durante el otoño de 2018 y el análisis del estado nutricional de ambas poblaciones, con el fin de conocer la situación actual de estos factores y contar con valores de referencia que permitan evaluar los efectos de las actuaciones emprendidas.

Entre los principales resultados del presente estudio, se detectan diferencias notables de esfuerzo reproductivo entre ambas poblaciones, tanto en producción de semillas como en extensión del período reproductivo. Se encuentra que las condiciones para la producción de semillas están relacionadas a nivel de rodal con el estado de desarrollo de la masa y a nivel individual con la cercanía a fuentes de luz como los claros y aperturas de dosel. Las distintas condiciones para la *fructificación* y las evidencias de depredación de semillas registradas, se relacionan con la ocurrencia de regeneración encontrada en el estudio anterior, y se analizan los factores involucrados en los procesos dinámicos de ambas poblaciones.

A nivel nutricional se detecta en los suelos de ambos sectores, bajos niveles de nutrientes, baja tasa de mineralización y pHs extremadamente ácidos, que se relacionan con condiciones desfavorables para el crecimiento, especialmente más acusadas en Arritxurieta. Desde el punto de vista de la nutrición forestal, se detecta en el follaje niveles bajos de Fósforo y alta relación N/P en desequilibrio a favor de N, siendo especialmente llamativo el alto contenido foliar de Manganeso que alcanza niveles que serían tóxicos en otras coníferas.

En relación con las medidas de gestión emprendidas, se recomiendan las actuaciones que contribuyan a mejorar la respuesta en crecimiento de los pies de tejos a favorecer, así como a potenciar la capacidad de producción de semillas y los procesos de regeneración natural.

2. Objetivos

- Identificar los principales factores relacionados con el estado de vigor y capacidad de producción de semillas de las dos poblaciones de tejo en Artikutza.
- Estimar el esfuerzo reproductivo en hembras de tejo en relación con las condiciones de rodal en que se desarrollan.
- Determinar posibles deficiencias nutritivas en el follaje e inferir acerca de los factores físico-químicos del suelo que pueden estar relacionados con su baja disponibilidad en los árboles, con el fin de determinar actuaciones tendientes a evitar decaimiento por carencias de elementos esenciales.

3. Metodología de trabajo

Se realizan dos estudios complementarios, por lo que para cada uno se describe la correspondiente metodología de trabajo utilizada.

3.1 Producción de semillas

El estudio sobre individuos hembra, busca evaluar el grado de productividad de semillas bajo variadas condiciones de desarrollo y luminosidad en que estas crecen. Esto también permitirá por tanto contar con información del estado cero de tejas liberadas, que permitan identificar los efectos positivos de eliminar la competencia ejercida por otros árboles de su entorno.

Este estudio se realizó en los meses de septiembre a noviembre, cuando fue posible la caracterización cualitativa y cuantitativa de la fructificación en las copas y en previsión de lo que indica la literatura referente a la madurez de los arilos (Cortés, *et al.* 2000; García& Valbuena, s/f)

Durante estos meses de otoño se realizó un muestreo cada 15 días, en el que se evaluó la evolución de formación de “frutos” o arilo, en un número de 9 hembras por sector. Estas fueron previamente seleccionadas según distintos grados de desarrollo de sus copas, y entre ellas se incluyeron también 2 recientemente liberadas de competencia, en la zona MInteguitar.

La técnica de muestreo fue cuantitativa no destructiva, lo que significa que el registro de frutos por árbol se hizo mediante el método de muestra-tiempo, en el que cada muestra consta de una observación y conteo (con binoculares cuando fue necesario) de 10 minutos/árbol, donde se registró el *Número de frutos* que se alcanzó a contar durante ese tiempo. También se registró la parte de la copa y orientación en la que se concentraban los frutos. Tras este conteo se recorrió el entorno del árbol y también se contabilizó el *Numero de semillas ariladas en el suelo*, como una forma de estimar parte de la producción no registrada en el árbol en el período transcurrido entre una evaluación y otra.

Para definir la posición de cada teja dentro del bosque se utilizaron las siguientes categorías que buscan explicar la exposición a la luz de las copas de los árboles; Borde de claro, Cerca de claro, Dominante en el Bosque y Sumergida en el Bosque. De cada árbol seleccionado además se determinó sus parámetros básicos de *Altura*, *Diámetro de fuste*, y *Diámetro de copa*. Finalmente para caracterizar el espacio disponible por cada árbol para su desarrollo, se registró la distancia a los tres árboles vecinos más próximos, así como el diámetro y la especie de cada árbol vecino.

Para la caracterización de las semillas, se recogieron semillas con arilo caroso frescos en grupos de 10 con tres repeticiones por sector. Cada lote por separado fue pesado en balanza digital para obtener valores medios de peso por semilla. La colecta y pesaje de semillas se realizó en el mismo día en ambos lugares y en un momento de alta producción. Una vez realizada las mediciones, las semillas fueron dejadas en el lugar.

3.2 Diagnóstico nutricional

Este diagnóstico implica el análisis conjunto de la fertilidad física y química de los suelos, en relación con los contenidos de macro y micro nutrientes en el follaje de los árboles. Para esto, en cada sector se tomaron los dos tipos de muestras, de suelo y de hojas, siguiendo la metodología de recogida de muestras indicadas por el laboratorio receptor¹. Las muestras fueron tomadas en el mes junio.

De las hojas en particular se recogió de unos 10 arboles una muestra mezcla de la parte más iluminada de sus copa.

En cada sector se recogieron 5 sub muestras distribuidas de manera aleatoria en el terreno con lo que se preparó una muestra mezcla. Para la extracción de las muestras se utilizó un bastón pedagógico de tipo espiral con una barrena de extracción de 25 cm de profundidad. El bastón se introdujo hasta sacar la muestra completa de los 25 cm o hasta topar con material rocoso.

A partir de los resultados se realiza el diagnostico combinado de ambos análisis, utilizando valores de referencia tanto para los nutrientes como para sus proporciones, se elaboran las recomendaciones y actuaciones adecuadas para corregir tales deficiencias.

¹ Laboratorio Agroambiental Fraisoro

4. Resultados

Los tejos hembra seleccionados para la evaluación periódica corresponden a pies que se encontraron con frutos en el momento de la primera medición, iniciada el día 15 de septiembre. Las tejas se enumeraron del 1 al 9 según la secuencia de visita a cada población, incluyendo además la letra (A, B o C) según la Zona identificada en el estudio anterior (Errotuz, 2017) y que representan características específicas de desarrollo del tramo de bosque.

4.1 Tamaño y forma de tejas madre

En general y tal como se señaló en el estudio anterior, en la zona de Minteguizar los árboles son más altos y de mayor diámetro, por lo que las tejas reproductoras llegan a ser un 35% más grandes en diámetro y un 45% más en altura que las tejas de Arritxurieta. Por otro lado sin embargo, no existe una diferencia significativa en los diámetros de copa entre ambas poblaciones.

Además, dentro del bosque cada teja se desarrolla en unas determinadas condiciones que inciden directamente en la iluminación recibida en sus copas, las que se caracterizaron según su cercanía a un claro y/o por su posición en el dosel arbóreo como sumergida o dominante.

Tabla 1. Parámetros básicos de cada hembra evaluada. Zona Minteguizar

Parametro/ Teja nº	1A	2A	3A	4A	5A	6B	7B	8B	9B
Diametro (cm)	61,5	62	47,6	36	62,8	63	56	61,3	62
Altura (m)	18,6	16,4	9,3	12,3	15	11,1	9,8	14,4	14,8
D. copa (m)	8,9	10,3	6,5	5,3	7,3	9,6	9,1	11	9,1
Posición	C_claro	C_claro	D_Bos	S_Bos	S_Bos	B_claro	B_claro	C_claro	B_claro

Tabla 2. Parámetros básicos de cada hembra evaluada. Zona Arritxurieta

Parametro/ Teja nº	1C	2C	3C	4C	5C	6B	7B	8A	9A
Diametro (cm)	26,7	13,7	24,5	35	69,8	41,4	41	18,3	32
Altura (m)	7,4	4,4	7,3	5,8	12	11,2	8,5	5,6	8,6
D. copa (m)	7,5	5,5	7,8	9	12,3	10,9	7,5	5,5	6,4
Posición (*)	C_claro	B_claro	S_Bos	B_claro	C_claro	C_claro	C_claro	S-Bos	C_claro

*Borde de claro (B_claro); Cerca de claro (C_claro); Sumergido en el bosque (S_Bos); Dominante en bosque (D_Bos)

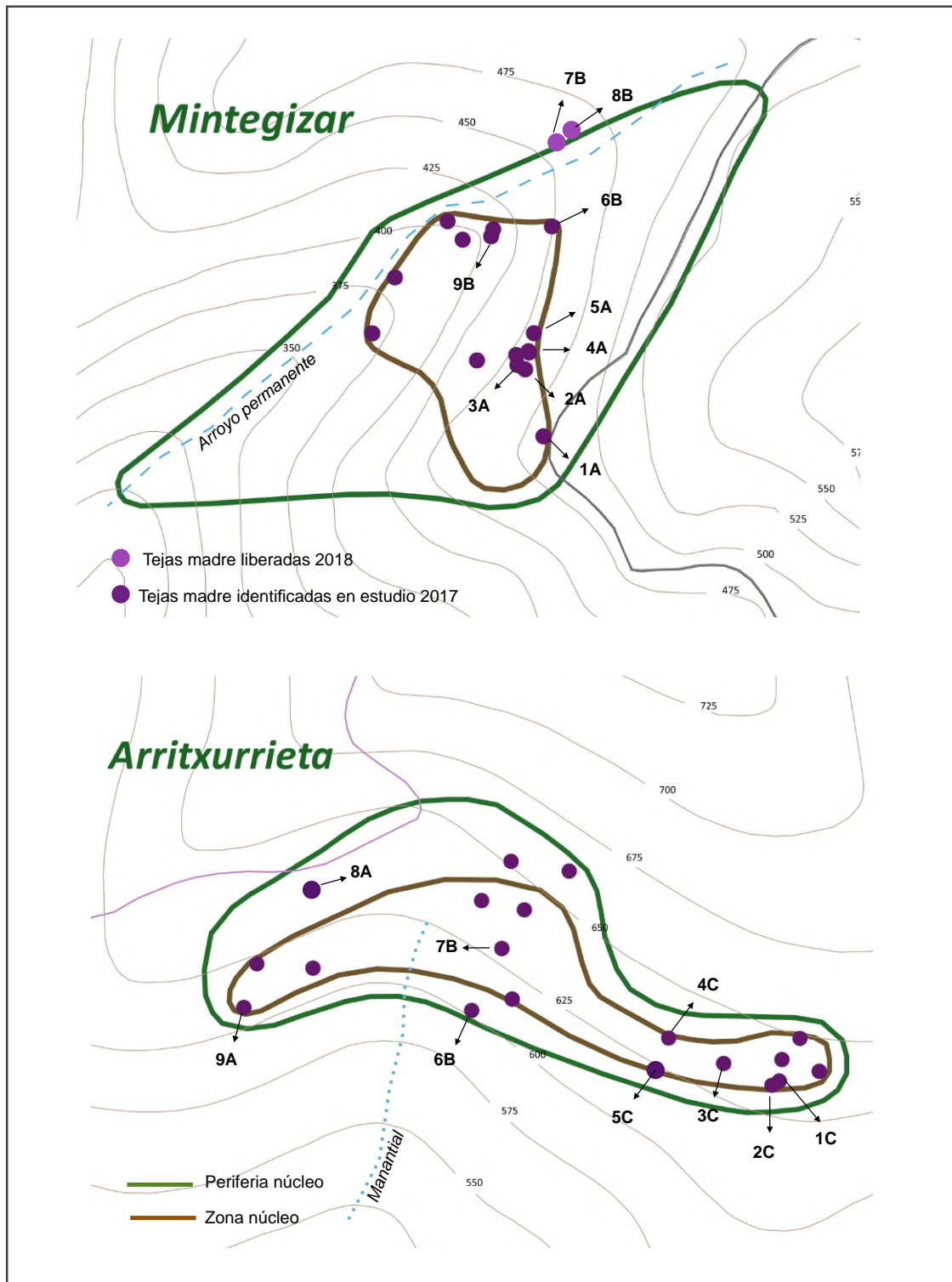


Figura 1. Distribución de tejas madres evaluadas en 2018 y relación de tejas identificadas en estudio de 2017

En el caso de la población de Arritxurieta, debido a la orientación sur de las laderas en que se emplaza la población, también es muy frecuente que la mayoría de los claros sean de exposición sur, por lo que las tejas reproductoras creciendo en borde de claro, efectivamente se encuentran en condiciones ventajosas respecto al grado de iluminación que reciben sus copas.

En el caso de Minteguizar, los claros ladera abajo también están bien iluminados debido a la exposición oeste dominante, sumado a que las fuertes pendientes, mayores al 70%, permiten en estos casos que los árboles puedan ser beneficiados por claros pequeños, puesto que el fuerte desnivel elimina en gran parte el sombreado que producen los árboles colindantes ladera abajo.

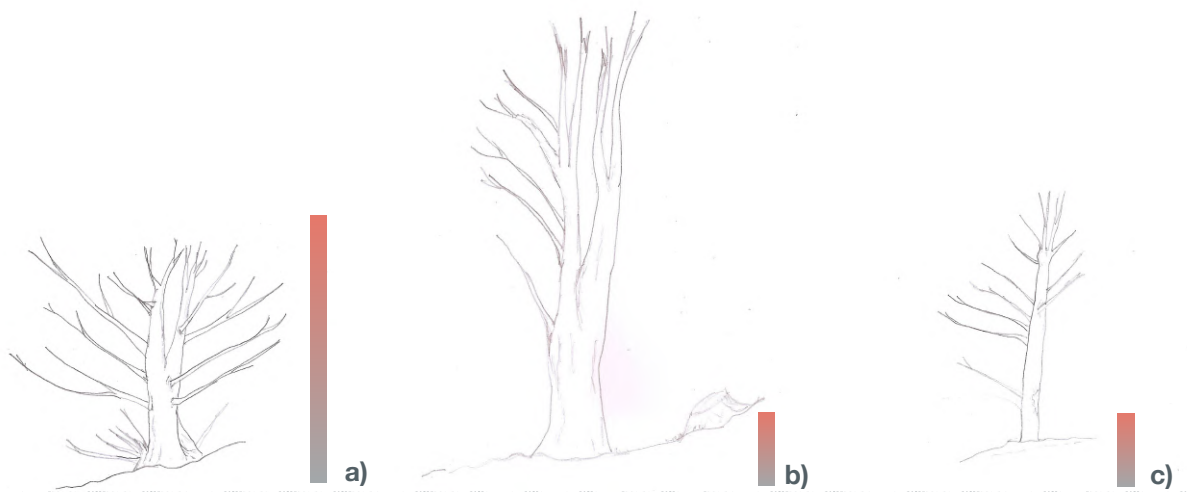


Figura 2. Descripción gráfica de la arquitectura de copas que desarrollan las tejas reproductoras en relación con las condiciones de luz en que han crecido a) Borde de claro 4C en Arritxurieta; b) Dominante en el dosel 2A en Minteguizar; c) Sumergida en el dosel., 8A en Arritxurieta. Barra roja indica nivel de producción de semillas

Por otro lado se detecta también que las variadas formas que presentan los árboles, reflejan en parte las condiciones de luz en las que han crecido. Así, las tejas que mantienen gran cantidad de ramas a lo largo de todo el fuste, o de formas más globosas, indican que en el pasado se han desarrollado en condiciones de más luminosidad, lo que ha favorecido un crecimiento más hacia los lados que en altura. Mientras que las tejas que han desarrollado formas más esbeltas con escasas ramas a lo largo del fuste, evidencian que se han formado en un entorno arbolado, y que han recibido más luz por la parte superior de las copas que por los lados. Este aspecto también es señalado por Krouchi, *et al* (2014) cuando estudia los bosques de Tellian Atlas y concluye que tanto el tamaño, como la forma (mono podica o poli cormica) de individuos de distintas edades, son en parte el reflejo de las condiciones locales de sombra en las que han crecido.

Estos tipos morfológicos sin embargo, no siempre se corresponden con la disponibilidad de luz actual, puesto que en algunos casos las condiciones del bosque han cambiado. En algunos casos el dosel se ha cerrado por el desarrollo de los árboles circundantes, mientras en otros casos en que los árboles han crecido más restringidos, el bosque se ha abierto por la generación natural de claros, o también más recientemente por las claras destinadas a liberar pies de tejos de la competencia. Esto hace por tanto, que parámetros como la altura o los diámetros de fuste y de copas de estos pies, no siempre sean el reflejo de las condiciones actuales de luz y espacio disponible.



a) Conteo de semillas bajo tejo hembra muy productiva en borde de claro (4C_Arritxuri)
b) Pie de tejo hembra sumergida en el bosque

Tampoco la forma o tamaño de las tejas hembra se relacionan con el nivel de producción de semillas registradas en sus copas, puesto que como ejemplifican gráficamente las barras de la figura 1, el esfuerzo reproductivo de cada una no se condice con estas características.

4.2 Especies vecinas a tejas madre

Se analiza la posición de otras especies arbóreas y arbustivas en el entorno inmediato de los tejos hembra evaluados en relación con la producción de semillas.

Tal como se analizó en el estudio del año 2017 y que también confirman otros autores (Svenning & Magård, 1999), el espacio disponible en el que se desarrollan los pies de tejo, tiene un efecto positivo para la producción de órganos reproductivos. Esto se refleja en que Minteguizar, donde los árboles disponen de media de un espacio vital de 22m²/pie, ocurre que el 60% de los tejos resultaron ser reproductivos de ambos sexos, mientras que en Arritxurieta un espacio de 7m² /pie arrojó solo un 22% de tejos reproductivos.

Esta diferencia también es acusada entre sectores cuando se analiza el espacio disponible específicamente para las tejas hembra, siendo que incluso en Minteguizar estas disponen de más espacio que la media de los árboles del rodal, mientras que en Arritxurieta el espacio disponible es casi el mismo para tejas reproductoras que para el resto.

Tabla 3. Espacio medio disponible y extensión de copas (m) en tejas reproductoras en relación al total

Zona	Distancia vecinos Tejas (m)	Distancia vecinos todos (m) *	Diámetro copas (m)
Arritxurieta	2,9	2,7	8,1
Minteguizar	6,5	4,7	8,5

* resultados 2017

Todo esto tiene relación con los parámetros de tamaño de las hembras que como ya se ha dicho son más altas y de mayor diámetro en Minteguizar, y por lo tanto disponen de mayor espacio. Sin embargo, esto no muestra relación con el diámetro de las copas como expresión de su extensión o su espacio disponible, puesto que tal como muestra la tabla, casi no hay diferencias entre ambos sectores.

Por otro lado, con respecto a las especies que se encuentran más vecinas a las tejas madre, tal como muestra la siguiente gráfica (fig. 3) se ha podido constatar, que la principal diferencia entre sectores radica en que en Arritxurieta, las tejas madre se desarrollan preferentemente en espacios donde roble es más dominante, mientras en Minteguizar la frecuencia con que roble se encuentra cerca de tejas madres es mas equilibrada con respecto a haya y tejo.

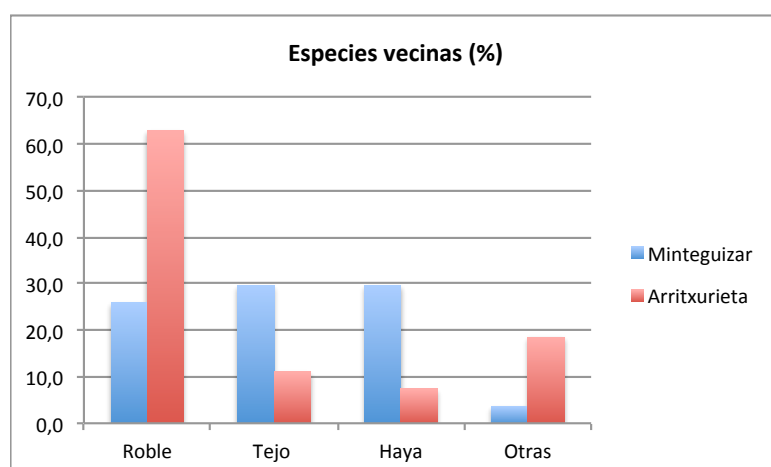


Figura 3. Frecuencia con que aparecen otras especies como vecinos más cercanos a las tejas madre

En el caso de Minteguizar, la mayor frecuencia de pies de tejo como vecino a las tejas madres revela una distribución más agrupada de los pies reproductores, lo que probablemente le ha permitido distanciarse de los competidores como haya, que en esta zona alcanzan gran desarrollo.

En Arritxuri sin embargo, la escasa presencia de otros pies de tejos en el entorno de la teja madre, indica que la distribución de tejas reproductoras en el espacio es más dispersa. La escasa participación de haya como acompañante se debe en parte a su menor presencia en el bosque con respecto a roble y a que roble y tejo como también ya se ha señalado en otros estudios, muestran requerimientos similares para su establecimiento y podría ser que se favorezcan mutuamente.

Así, al parecer esta relación también es importante para la reproducción de tejo y a pesar de la cercanía a la que roble se puede desarrollar con respecto a una teja hembra, al parecer, no restringe del todo su desarrollo, permitiendo la extensión lateral de sus copas.

Estas condiciones de rodal en el entorno de las tejas reproductoras también muestran que Arritxurieta es mas diverso en *Otras especies*, donde hasta en un 20% de sus vecinos cercanos corresponden a pies arborescentes de avellano, acebo y espino.

4.3 Producción de semillas por sector

Tal como se señala en el capítulo anterior, debido a la gran variabilidad de la disposición en el bosque, así como de las formas y tamaños de las tejas productoras, que hacen difícil su clasificación, no se ha encontrado una clara relación entre características morfológicas de los pies hembra y su capacidad reproductora. Si se puede decir sin embargo, que existe una correspondencia entre el mayor tamaño medio de las tejas en Minteguizar y la mayor producción de frutos. Esto se traduce, como se aprecia en la siguiente tabla, en que en base a los individuos estudiados durante la temporada, Minteguizar produjo en total un 17% más de semillas que Arritxurieta. Además a pesar de que ambos sectores presentan una alta variabilidad en la producción entre individuos, en Arritxurieta es mucho más acusada sobrepasando el 100% según evidencia el Coeficiente de variación (CV).

Tabla 4. Numero total de semillas contabilizados en cada evaluación (semillas en árbol)

Zona/ fecha	1º semana	3º semana	5º semana	7º semana	Total	Media (CV)
Minteguizar	1442	1456	1046	137	4081	451 (80%)
Arritxurieta	312	1404	1570	87	3373	365 (115%)

Esta diferencia en producción entre poblaciones puede estar explicada en parte por las condiciones de rodal que caracterizan a ambos sectores y que tienen que ver por un lado con las condiciones de menor densidad de árboles y una relación hembra/macho mucho más equilibrada en la población de Minteguizar que en la de Arritxurieta (Errotuz, 2017).

En este sentido es razonable esperar una mayor producción de semillas en la población de mayor desarrollo y más amplio espaciamiento entre individuos, así como con una mayor proporción de individuos con estructuras reproductivas. Además, tal como determinó dicho estudio, la proporción de individuos macho, aunque menor que los tejos hembra en ambos sectores, es sensiblemente menor en Arritxurieta, donde además los tejos en general son de menor tamaño y están más restringidos en espacio para su desarrollo.

Aunque se sabe que la disponibilidad de espacio tiene relación con la proporción de sexos, e incluso con la capacidad de los machos de producir estróbilos, algunos autores han encontrado que este esfuerzo reproductivo es siempre menor en condiciones de bosques densos que en zonas abiertas. En este sentido también autores como Svenning & Mafard (1999) en bosques de Dinamarca, que determinaron el estatus reproductivo según número de estróbilos por rama, encontraron que la probabilidad de reproducción sexual y producción de estróbilos aumenta fuertemente con el diámetro de los árboles y con la apertura del dosel, a la vez que dicha producción y la actividad sexual, se reduce notoriamente bajo doseles muy densos. Aunque en tal estudio la definición del sexo del individuo no se relacionó con la apertura del dosel, si se encontró que las hembras empiezan a reproducirse a edades más tempranas que los machos, en condiciones más favorables.

Por otro lado, si se analiza la producción total por árbol, también se constata una amplia variabilidad entre individuos por sector, ocurriendo por lo tanto que en ambos sitios una parte importante del total de la producción la explican solo unas pocas tejas, mientras que el resto produce cantidades bastante menores.

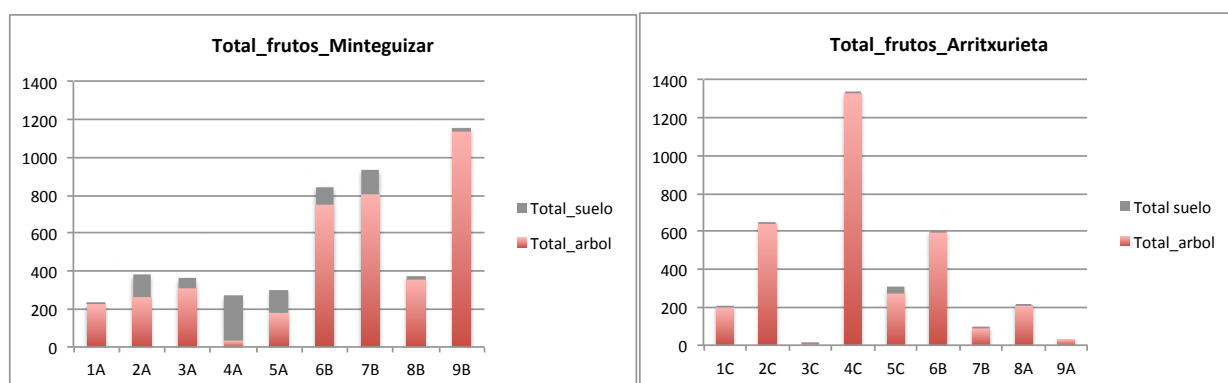


Figura 4. Variabilidad del esfuerzo reproductivo de las tejas estudiadas por sector, en número total de frutos encontrados en el árbol y en el suelo.

Así, y como se aprecia en la figura 4, en el caso de Minteguizar las tejas 6B, 7B y 9B llegan a representar el 56% del total de producción de la temporada, mientras en Arritxurieta las tejas 2C, 4C y 6B representan el

76% de todas las semillas contabilizadas. En todos los casos se trata de valores que oscilan entre los 600 y 1.300 semillas/árbol.

En este sentido el estudio de Krouchi et al (2014) en bosques del Atlas, determina una gran variabilidad en la proporción de hembras, según el tipo de rodal, sin embargo la producción de estructuras masculinas no muestra esta variabilidad y parece igual de abundante en todos los sitios, lo que puede ser indicativo de una marcada relación entre la estructura de las masas y la capacidad reproductiva de los tejos hembras.

Por otro lado, si se comparan los pulsos de producción de los dos sectores a lo largo del período evaluado, como se puede ver en la siguiente gráfica, estos revelan cuatro hitos importantes que ayudan a explicar la dinámica reproductiva de ambas poblaciones y son los siguientes:

- El inicio de la producción es más adelantada en la población de Mintegui, la que al parecer se inició mucho antes que el comienzo de las mediciones el 15 de septiembre (1º semana)
- Un momento de producción abundante para ambas poblaciones se produce a finales de septiembre (3º semana).
- Producto de un inicio más tardío en Arritxurieta, el máximo de producción se produce al menos dos semanas más tarde que el de Mintegui, registrado el 12 de octubre (5º semana).
- La producción ha caído drásticamente en ambas poblaciones a principios de noviembre (7º semana).

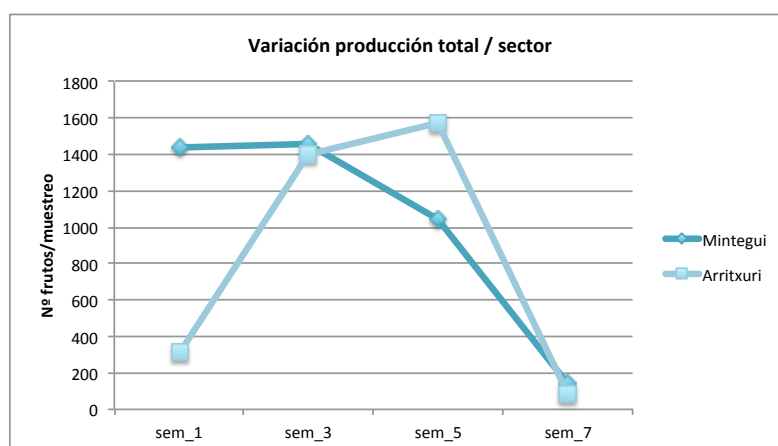
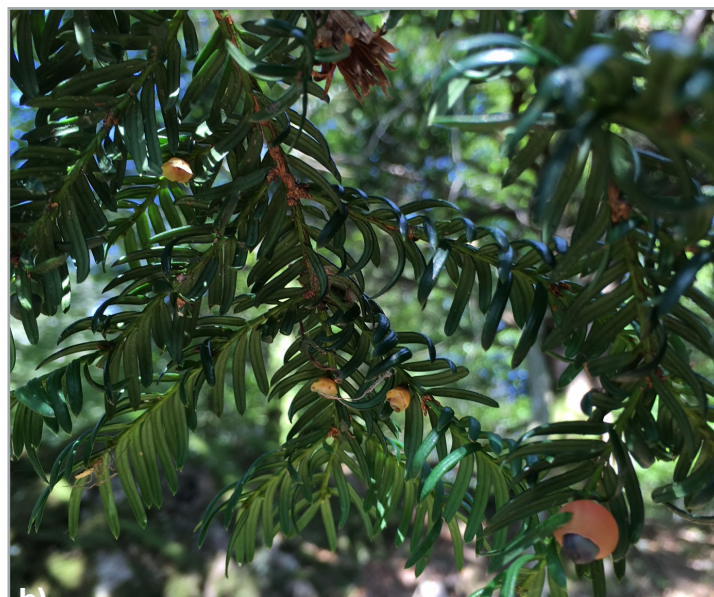


Figura 5. Producción total de semillas por sector, registrada en cada evaluación realizada cada 15 días (entre el 15 de septiembre y el 01 de noviembre de 2018).



- a) Parte de la copa con semillas maduras en momento de alta producción (árbol 9B_Minteguizar)
- b) Rama con semillas maduras antes de caer y restos de semillas ya caídas en árbol de fructificación adelantada (árbol 6B_Minteguizar)

4.4 Producción de semillas por árbol

Un aspecto importante que se registra sobre el esfuerzo reproductivo de cada árbol a nivel individual, es que las tejas mas productivas de cada sector, también comienzan antes la formación de sus arilos. Tal como muestran los valores de la gráfica, al momento de comenzar las evaluaciones, estos individuos ya presentaban valores medios de producción de semillas de más del 80% que el resto de árboles. Este es el caso de la teja 6B (línea naranja) de Mintegui cuyo máximo se alcanzó antes del inicio de las mediciones, y la teja 4C (línea morada) en Arritxuri que comenzó más temprano que el resto de su sector.

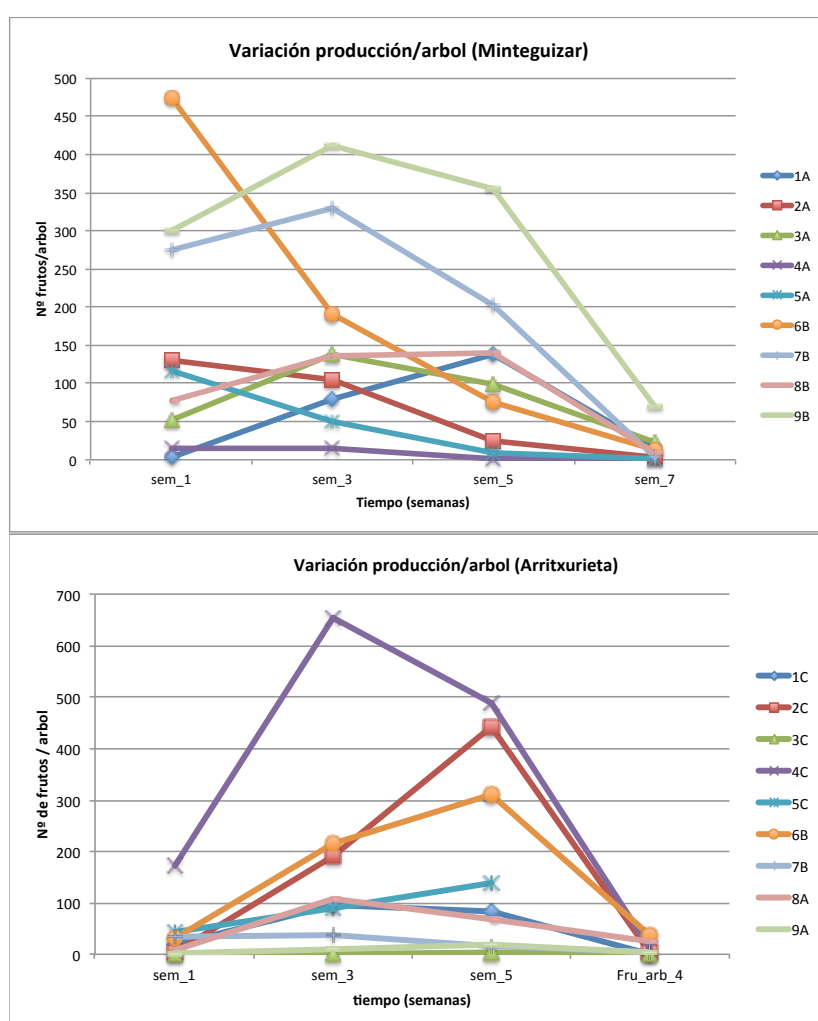


Figura 6. Variación en la producción de semillas por árbol a lo largo del período de evaluación

Estos datos muestran también, que aunque una teja hembra más pequeña puede llegar a producir igual cantidad total de semillas que una de mayor tamaño durante una temporada, la diferencia entre ambas radica básicamente en la longitud del periodo productivo, más concentrada en pocas semanas en el caso

del individuo de menor tamaño (4C_Arritxurieta) y más extendida en el caso del más grande (6B_Minteguizar). De cualquier manera ambas tienen también en común dos aspectos con respecto a la disponibilidad de luz en sus copas:

- Estar ubicadas el borde de un claro
- Encontrarse en la parte norte o noreste del claro

Sobre este factor relacionado con la ubicación de las tejas dentro del bosque, la posición de las más productivas no se encuentra tan relacionado con la distancia a los árboles vecinos como a la disponibilidad de luz que tiene la parte de la copa con exposición sur y oeste. Así en estas condiciones de fuertes pendientes orientadas predominantemente hacia el sur y al oeste, las aperturas de dosel y la posición dominante en la topografía, son condiciones ventajosas para que las tejas hembras logren mantener parte de sus copas mejor iluminadas y puedan llegar a ser las más productivas.

Tal como se aprecia en la tabla 5 la ocurrencia de claros y aperturas de dosel, es uno de los factores que se revela como importante en la producción de semillas.

Tabla 5. Relación de posición con respecto a los claros de las hembras más productoras

Zona	Teja	Producción (%)	Posición en el claro	Tipo de claro	Edad del claro
Minteguizar	6B	18	Norte	Caída árboles	> 3 años
	7B	20	SO	Cortas	1 año
	9B	28	NO	Cortas	> 3 años
Arritxurieta	2C	19	Norte	Veg_arbustiva	antiguo
	4C	40	SO	Veg_arbustiva	antiguo
	6B	17	Centro	Veg_arbustiva	antiguo y cerrado

La alta producción de semillas explicada por un solo individuo en proporciones de entre el 17 y el 40% del total por sector, se relaciona positivamente con la heterogeneidad del dosel. Estas aperturas del dosel se han generado debido a sucesos naturales como caídas de grandes árboles, o zonas de vegetación arbustiva, y también a los claros creados en Minteguizar por la corta de árboles de otras especies, principalmente haya. Así también como muestra la tabla alguna de las tejas recientemente liberadas (7B) ya presenta valores altos de fructificación por lo que es de esperar que su producción sea mejor aún en años futuros.

Otro factor importante en la producción de semillas que ha sido señalado por algunos autores, tiene que ver con la cercanía a cursos de agua como los lugares más frecuentes en que se encuentran las tejas madre. Así lo han corroborado Fernandez Gonzalez *et al.* (2014) en Sierra de Francia, montañas del Sistema Central donde se confirma el rol esencial en la regeneración que juegan las grandes hembras localizadas en las cabeceras de los cursos de agua. También Krouchi *et al* (2014) cuando estudia la distribución espacial de los árboles de tejo en bosques del Atlas, e identifica dos patrones, uno agregado y otro de tipo lineal que se produce precisamente a lo largo de los cursos de agua.

En este sentido, se puede decir que se trata de un efecto que podría darse en Mintegui, donde la secuencia de tejas estudiadas de 1 a 9 avanza desde la zona más xerica de la ladera, hacia la más húmeda cercana al curso de agua permanente (arroyo Minteguizar). Tal como muestra la gráfica, efectivamente la producción de las tejas madre cercanas al arroyo es mayor en más de un 70% que las que se encuentran más alejadas. En la población de Arritxurieta sin embargo no se encuentra esta relación y ninguno de los tres árboles que representan más del 70% de la producción, están especialmente cerca del único manantial que surge en torno a la zona B

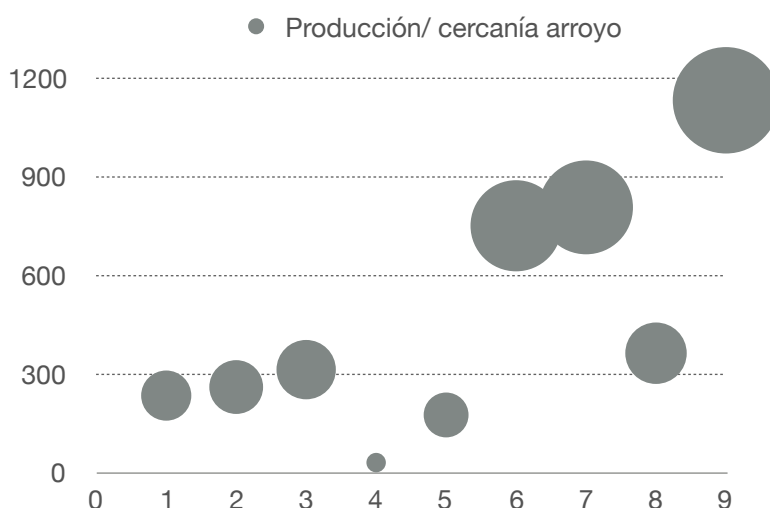


Figura 7. Relación de producción total de semillas por árbol, según cercanía al curso de agua (árbol 1 más alejado y árbol 9 más cercano)

Según todo o anterior la mayor producción de semillas en Minteguizar se relaciona con mejores condiciones para el desarrollo de los pies hembra y se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- Condiciones de rodal de mayor desarrollo, con pies de mayor tamaño y espacio vital.
- Mayor proporción de tejos reproductivos de ambos sexos, a escala de rodal
- Población que se desarrolla en torno a un curso de agua permanente.

4.5 Semillas y depredación

El tamaño de las semillas se ha utilizado como una medida del esfuerzo reproductivo de las tejas en general y también como un parámetro indicador de cada sector. Aunque se trata de una evaluación sencilla, este análisis puede ser útil si se repite en temporadas futuras, lo que puede dar información sobre la variabilidad de este parámetro en relación con la abundancia de la producción.

Los valores de peso de semilla con arilo carnoso, hablan por un lado, de una leve diferencia entre poblaciones, ocurriendo como en todos los otros parámetros, que las de Minteguizar son ligeramente más grandes que los de Arritxurieta. Pero además, por la información recopilada a este respecto, se constata sin embargo que se trata de tamaños relativamente pequeños, si se comparan con las producciones registradas en otros bosques de Europa que arrojan una media de 57 mg/semilla.

Tabla 6. Peso medio de semillas (c/arilo) por zona

Zona	mg/semilla con arilo
Arritxurieta (n=30)	25
Minteguizar (n=27)	29

Más específicamente, Thomas *et al* (2003) encontraron que las semillas de climas oceánicos eran significativamente más pesadas que las de climas secos, siendo en Sussex de 69,5 mg/sem y en Derbyshire, de 44,9 mg/sem. Esto sin embargo no estuvo relacionado con la tasa de germinación ni el tamaño de las plantas en las primeras semanas, y solo se encontró que las semillas mas pequeñas presentaron un patrón más errático de germinación.

Esto puede ser indicativo por tanto, de que las condiciones de desarrollo de estas tejas tienen ciertas características más limitantes para el crecimiento y la fructificación o simplemente que la temporada evaluada, ha producido frutos más pequeños, de lo cual solo se podrá tener más conocimiento con evaluaciones futuras.

Sobre la ocurrencia de semillas en el suelo en el entorno de las tejas evaluadas y de sus distintos estados de maduración o depredación, en general se encontró mayor cantidad de semillas frescas y con arilo, en el entorno de las tejas madre de Minteguizar que en las de Arritxurieta. En el primer sector se registró que la semillas caídas constituían el 20% de las semillas contabilizadas en las copas de los árboles, mientras en el segundo las semillas del suelo apenas alcanzaron el 2% del total en los arboles. Aunque estas semillas caídas representaron parte de la producción generada en el período entre evaluaciones, desconocemos cuanta de esta fue consumida en dicho período, por lo que la suma de ambos registros no necesariamente indica el valor de producción total de cada sector.

Tabla 7. Relación de semillas registradas en el árbol y en el suelo por sector

Zona	Total árbol	Total suelo	Proporción suelo (%)
Arritxurieta	3286	62	2
Minteguizar	4081	792	20

Con respecto a las semillas en el suelo en otros estadios de maduración e indicios de depredación, que no se incluyeron en un conteo sistemático, si se puede decir sin embargo que en Minteguizar además de una mayor proporción de semillas frescas en el suelo, también se apreció una mayor variedad de condiciones y estas incluyeron tanto semillas con y sin arilo, así como evidencias de consumo por la fauna, principalmente de restos regurgitados. Estos restos que fueron llamativamente abundantes en los períodos de mayor producción de semillas, se encontraron depositados preferentemente sobre micro sitios irregulares especialmente colonias de briófitos formadas sobre rocas, sobre troncos de árboles caídos o incluso sobre los contrafuertes de los árboles más grandes y ramas de los propios tejos. (ver imagen pag. siguiente)

Como se sabe los principales consumidores y dispersadores de las semillas de tejo son las aves frugívoras, como el mirlo, el zorzal y el tordo, además de arrendajos, estorninos y petirrojos, y dependiendo de la especie se ha registrado un consumo de entre 6 a 10 frutos por visita, mientras que en zorzal común, se han encontrado hasta 23 semillas regurgitadas (García & Valbuena, s/f)

La aparente abundancia de aves frugívoras en la zona de Minteguizar, pudo ser un factor positivo para la regeneración de la especie así como para la llegada de propágulos de otras especies a través de las aves que visitan el lugar. Sin embargo para que las nuevas plantas prosperen, hace falta que estas semillas se lleguen a depositar en los claros ya existentes, que como se ha señalado en el estudio anterior, se mantienen sin regeneración de ningún tipo. Además hasta el momento esta mayor capacidad reproductiva de las tejas hembras de Minteguizar, aun no se ha traducido en regeneración de tejo, tampoco bajo dosel, por lo que es evidente que hay otros factores también involucrados en este proceso.

En este sentido, la co especificidad de las masas se ha señalado como una de las principales causas de baja regeneración, tal como lo señala Devaney (2013) en bosques de tejo, haya y arce en Irlanda, donde encuentra que la distancia a los adultos hembra tiene una clara relación con la regeneración, que aumenta gradualmente hasta 15 m de distancia de los adultos, para luego disminuir. En dicho estudio la mayor proporción de plantulas jóvenes estuvo relacionada con bajas densidades de adultos y explica en parte lo que puede ocurrir en Minteguizar, donde en zonas de tejas muy agrupadas, se produce suficiente semillas que incluso son consumidas y depositadas, pero no se ofrecen las condiciones de dosel adecuadas para que prospere la regeneración. A esto se suma también que como ya se identificó también (Errotuz, 2017), se trata de un sector con claros de tamaño pequeño, que no presentan vegetación arbustiva y cuyas pendientes muy pronunciadas no favorecen el establecimiento de nuevas plantas.



Distintos estados y evidencias de depredación en semillas encontradas en el sotobosque de Minteguizar

1-4) restos de cubierta carnosa y semillas tras su ingesta (regurgitadas); 5) semillas con parte carnosa parcialmente consumida; 6) semillas limpias sin arilo, tal vez tras ser consumidas; 7) semillas sin consumir con arilo maduro o deshidratado aún adherido a la cubierta seminal.

Por otro lado la escasa proporción de semillas ariladas o con indicios de depredación en el suelo de Arritxurieta, hacen pensar por un lado, en que la distribución menos agregada de las tejas madre, lleva a que también la diseminación de restos sea más dispersa, o por otro lado a que el tipo de depredación dominante en la zona sea de otro tipo. En este sentido se sabe que la depredación originada por mamíferos, facilita la dispersión lejos del árbol madre al no depositar los restos en la misma zona que han consumido las semillas y operan como dispersadores de distancias medias, siendo zorros, jabalíes, garduñas, comadreja y tejones los mamíferos en cuyos excrementos se han encontrado semillas de tejo.

Aquí también cabe considerar la mayor presencia de otros elementos de heterogeneidad en las masas de Arritxurieta, como pueden ser las especies arborescentes, y fruticasas como acebos y espinos, o la mayor ocurrencia de madera muerta, ya señalada en estudio anterior (Errotuz, 2017), y que oscilo entre los 5 y 35m³/ha en todos los tramos de bosque analizados. Estos elementos ofrecen las estructuras verdes adecuadas para una mejor dispersión de semillas especialmente en el caso de aves frugívoras, al ofrecer lugares donde se depositar los restos consumidos.

Así la mayor ocurrencia de micro sitios de germinación, como las mayor frecuencia de apertura de claros en Arritxurieta, son los factores que se relacionan con la ocurrencia de regeneración, que según se concluye en estudio anterior, todos los claros registrados en este sector, presentaron alguna especie sucesora, entre las que se incluían tanto especies arborescentes como espino o acebo, e incluso de tejo cuando los claros fueron de más de 150 m².

Según todo lo anterior se puede decir que algunas de las condiciones que favorecen una mejor dispersión de semillas en Arritxurieta y que pueden tener efectos positivos en los procesos de regeneración de tejo son los siguientes:

- a. Distribución desagregada de tejas hembra dentro del bosque
- b. Condiciones de rodal más heterogéneas por claros y aperturas del dosel.
- c. Mayor ocurrencia de estructuras verdes para dispersión como madera muerta y especies arbustivas

4.6 Análisis nutricional de las tejas

Los suelos de Artikutza heredan gran parte de sus propiedades del material geológico parental. En la zonas donde se localizan los rodales de *Taxus baccata*, la litológica está formada fundamentalmente por leucogranitos (Minteguizar) y por esquistos pizarras y grauvacas sedimentarias (Arritxurieta) que dominan todo la zona norte de la cuenca (Figura 8).

Estos suelos han sido descritos por Merino *et al.* (1995) como suelos de textura relativamente ligera, típicamente franco arcillosa, franca, o franco arenosa, de fuerte carácter ácido, (PHs entorno a 4.5) y ricos en materia orgánica que es típicamente superior al 8%, una baja disponibilidad de fósforo y una también baja capacidad de intercambio catiónico. Esto, como consecuencia de la dominancia de minerales de baja carga como la caolinita y gibbsita, en los suelos de esquistos o la vermiculita, clorita, caolinita e illita en suelos sobre leucogranitos. La saturación de bases en el complejo de cambio es de entrono al 30%, estando dominado por Aluminio libre y con niveles de Manganese moderados y, en ocasiones elevados. Merino *et al.* No dan información sobre la profundidad de estos suelos, pero los describen como típicamente leptosoles dísticos, Cambisoles dísticos o humbricos y, sobre granitos regosoles umbricos, lo que denota que son frecuentemente de escasa profundidad. De hecho, en las zonas analizadas esta apenas sobrepasa los 25 cm.

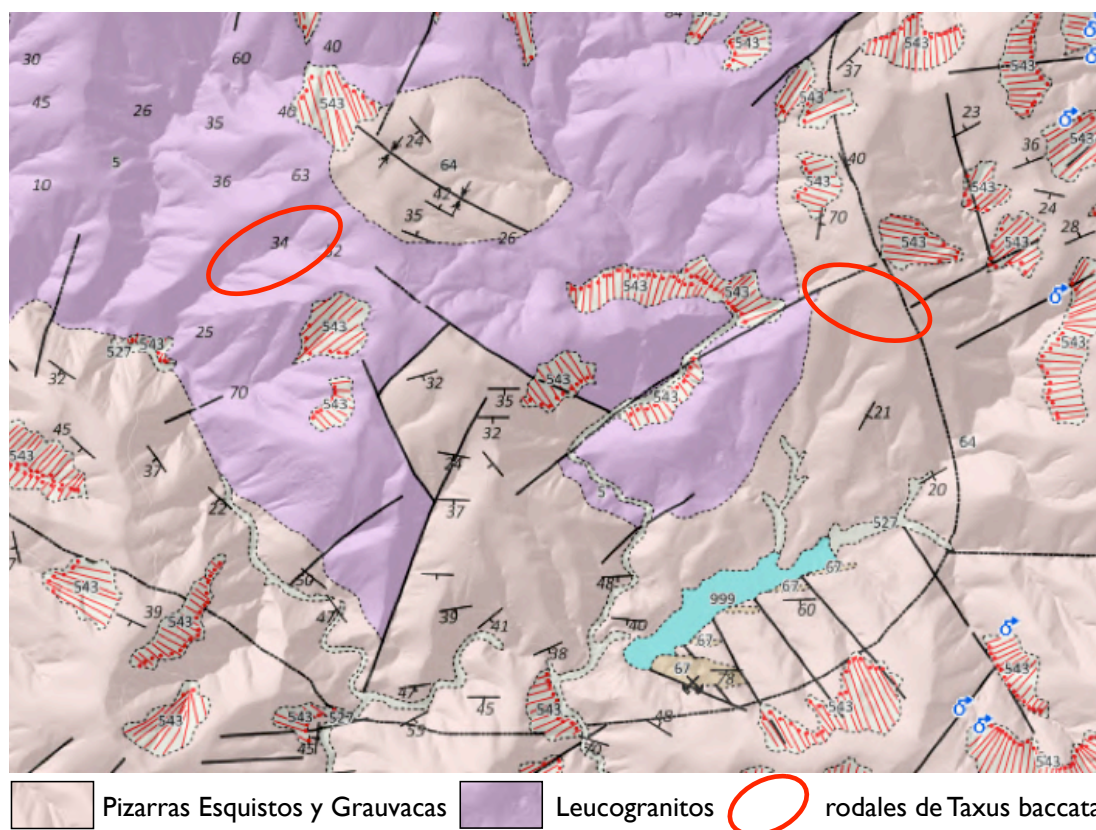


Figura 8. Litología dominante en las zonas donde se encuentran los rodales de Tejo de Mintegi (izquierda) y Arritxuri (derecha). Elaboración propia a partir del mapa geológico de Navarra 1:25.000.

4.6.1 Características de los suelos

Algunas propiedades físico químicas de los primeros 25 cm de los suelos de Minteguizar y Arritxurieta se presentan en la tabla 8. Como puede observarse, encajan perfectamente en la descripción anterior. Los de Minteguizar presentan una textura ligera (de franco-arcillo-arenosa a franco-arenosa), dominada por la arena gruesa y el limo, con menor proporción de arcilla que Arritxurieta. Son también extremadamente ácidos (ph 4.6) si bien en el rango normal de muchos suelos forestales de la Euskal Herria atlántica. Son muy ricos en materia orgánica, con una tasa C/N (carbono nitrógeno) relativamente alta, lo que denota menor mineralización. Desde el punto de vista de la nutrición forestal, presentan niveles moderadamente bajos de Potasio y Magnesio. Son estos suelos de una gran erodabilidad, en los que la fertilidad está muy ligada a su materia orgánica, asociada en gran parte a la fracción de arena y por tanto susceptible de ser erosionada y degradada en ausencia de cubierta vegetal o por el tránsito de maquinaria o los arrastres propios de labores forestales. Sin duda son suelos que han debido de sufrir en el pasado por el uso mas intensivo y que están en un proceso de recuperación de su fertilidad en las ultimas décadas.

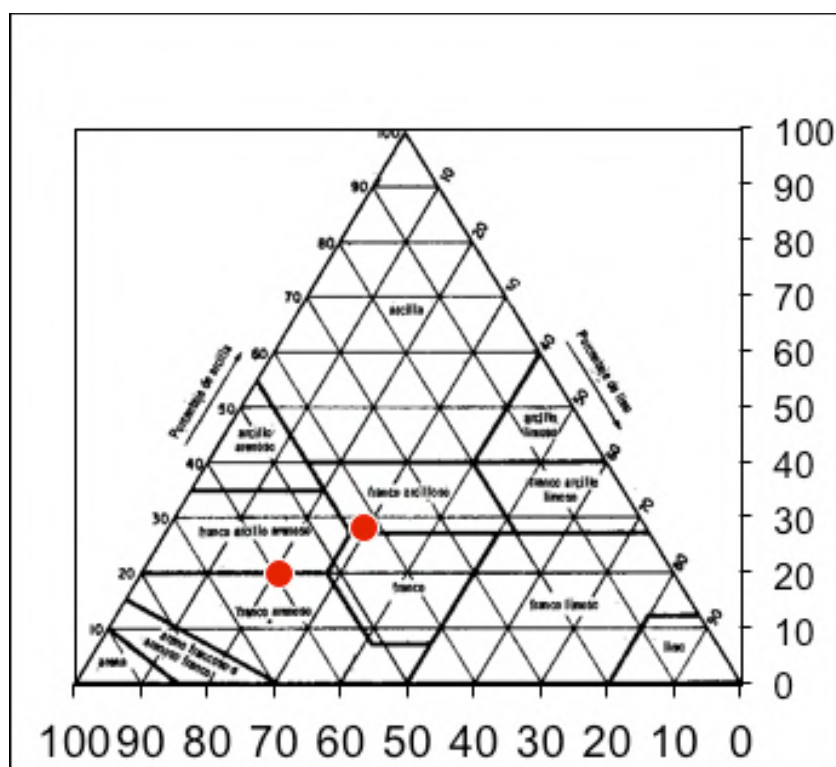


Figura 9. Textura de Arritxuri y Mintegi (en rojo), ver texto para más explicación.

Los suelos de Arritxurieta presentan texturas mas francas, con una fracción de arcilla que llega al 30% y muy poca proporción de limo. Si bien son ricos en materia orgánica, presentan una proporción menor a los suelos de Minteguizar. La naturaleza de los minerales de arcilla, no parece compensar el menor contenido en materia orgánica y los de Arritxurieta son suelos con una menor capacidad de intercambio catiónico,

mayor saturación de aluminio y menor disponibilidad de elementos nutritivos. Así los niveles de fósforo y potasio son moderadamente bajos y los niveles de magnesio muy bajos. Son suelos menos erosionables que los de Minteguizar, pero que sin duda han sufrido pérdida de fertilidad (muy asociada a la materia orgánica) en periodos anteriores de uso mas intenso. En profundidad (25cm) donde la arcilla se hace más abundante, pueden presentar limitaciones de drenaje, lo que puede ser una limitante para *Taxus baccata*.

Tabla 8. propiedades físico-químicas de los suelos primeros 25 cm de suelo de Arritxurieta y Minteguizar. Analizadas en el laboratorio de Fraisoro de la DFG. Los asteriscos denotan niveles moderadamente bajos (*) y bajos (**) desde un punto de vista de nutrición forestal.

Parámetros suelo	Minteguizar	Arritxurieta
pH (agua)	4,6	4,8
Materia orgánica (%)	12,3	9,70
Nitrógeno total (Kjedahl) (%)	0,40	0,37
Relación Carbono/ Nitrógeno	18	15,1
Fosforo Olsen (ml/l)	7	*6
Potasio (mg/l)	* 57	*61
Magnesio (mg/l)	32	**27
Acidez de cambio (mes/100ml)	3,27	3,06
Aluminio de cambio %	60,70	60,9
CIC (meq/100ml)	**5,38	**4,86
Calcio extraíble (mg/l)	330	275
Sodio extraíble (mg/l)	14	10
Clase Textural (ISSS)	Franco Arcillo arenosa (franco arcillosa)	Franco Arcillosa (Arcillosa gruesa)
Arena Gruesa %	23,6	28,9
Arena fina %	35,9	13,8
Limo %	20,4	29
Arcilla %	20,1	28,2

4.6.2 Estado nutricional

Al no tratarse de una especie forestal de interés comercial, no se han descrito umbrales de referencia para contenidos foliares de nutrientes en masas adultas de *Taxus baccata*, por lo que la evaluación de su estado nutricional se hace a partir de valores típicos para otras coníferas y debe tomarse con precaución. En términos generales, y en concordancia con lo que ocurre en el suelo, los tejos de Arritxurieta presentan un peor estado nutricional con lo que pueden ser deficiencia severas de fósforo, un fuerte desequilibrio Nitrógeno/Fósforo. Los contenidos foliares de nutrientes se presentan en la tabla 9

Tabla 9 Contenidos foliares de nutrientes de *Taxus baccata* en los sectores estudiados a partir de una muestra mezcla. (* denota una posible deficiencia moderada y ** una posible deficiencia más severa, a partir de valores de referencia usuales en otras coníferas). En el caso de la relación N/P + denota un desequilibrio a favor del nitrógenos. En el caso de Mn + denota niveles muy altos que pueden causar toxicidad en otras coníferas.

Parámetros hojas	Minteguizar	Arritxurieta
Nitrógeno	1,48 %	1,41 %
Fosforo	*0,12 %	**0,1 %
Relación N/P	+12,3	+14,1 %
Magnesio	0,24 %	0,19 %
Potasio	0,77 %	0,70 %
Cromo	<2,50 ppm	<2,5 ppm
Cobre	5,1 ppm	4,2 ppm
Hierro	151 ppm	102 ppm
Plomo	< 2,50 ppm	<2,5 ppm
Manganeso	+1275 ppm	+1905 ppm
Zinc	235 ppm	196 ppm
Níquel	4,19 ppm	<2,5 ppm
Cadmio	< 0,7 ppm	<0,7 ppm

En ambas áreas llama la atención el alto contenido foliar de Manganeso que alcanza niveles que serían tóxicos en otras coníferas (Kenneth et al 1993, Fernando& Lynch 2015), pero del que desconocemos su efecto en esta población, ya que en general, las plantas difieren enormemente en su capacidad de acumular manganeso en sus tejidos sin llegar a sufrir efectos de toxicidad. Sin embargo, se sabe que

Taxus baccata es una especie que no se desarrolla bien sobre suelos fuertemente ácidos, ni tampoco tolera condiciones de anegamiento en el suelo, dos factores que contribuyen a movilizar Manganeseo.

En un ensayo de vivero con diferentes niveles de pH en el suelo, Gilliam *et al.* 1985) encontraron crecimientos significativamente peores de *Taxus baccata* subsp. *cuspidata*² cuando el pH descendía entre 6.2 y 4.1 lo que se correlacionaba con un aumento del Manganeseo foliar que en consecuencia aumentaba de 200 ppm hasta 2600 o incluso 4000.ppm. Considerarse que en este estudio se han analizado muestras mezcla del follaje de entre 8 y 10 individuos, por lo que cabe esperar concentraciones significativamente superiores a los 1275 ppm y los 1905 ppm a nivel de árbol individual en Minteguizar y Arritxurieta, respectivamente.

Los altos niveles foliares de Manganeseo se corresponden bien con las altas concentraciones encontradas en la solución del suelo por Merino *et al* (1985), así como también las encontradas en las aguas superficiales del río a su paso por el poblado de Artikutza, descritas por Elozegi *et al* (2013). La acidez del suelo y los periodos puntuales de anegamiento en episodios de precipitaciones duraderas, podrían explicar la alta movilidad y disponibilidad de Manganeseo.

La intolerancia a altos niveles de Manganeseo sería coherente con le hecho de que tejo se desarrolla pobremente sobre suelos extremadamente ácidos o con muy mal drenaje y que son las condiciones en que se moviliza.



Perfil de muestra de 25 cm de profundidad de los suelos; a) Minteguizar; b) Arritxurieta

²(subespecie originaria de Japón, considerada también como una variedad de *Taxus baccata* o incluso como una especie independiente con el nombre de *Taxus cuspidata*)

5. Conclusiones

5.1 Sobre el esfuerzo reproductivo

Según los datos registrados en la presente temporada, existe una gran variabilidad en la producción de semillas entre individuos de una misma población, no existiendo una clara relación entre los parámetros morfológicos que describen forma y tamaño de las tejas hembra, con la fructificación registrada.

Esta variabilidad ha sido especialmente acusada en Arritxurieta donde un solo árbol llegó a explicar el 40% de la producción, ocurriendo que una alta producción de semillas se relaciona positivamente con la posición en el dosel de la teja madre, la cercanía a los claros y en algunos casos con una posición sobresaliente en la topografía.

El esfuerzo reproductivo en Minteguizar fue un 35% superior al de Arritxurieta, explicado por una producción total 17% mayor y semillas un 18% más grandes. En contraste con Arritxurieta, esto se relaciona con el mayor desarrollo de la masa, la mayor proporción de tejos reproductivos, un mejor estado nutritivo y probablemente la mayor cercanía de las tejas a los cursos de agua.

Se evidencia un período productivo más corto para Arritxurieta que se extiende por el lapso de un mes y medio, mientras que para Minteguizar su máxima producción ocurre muy temprano en la temporada, presentando un período productivo probablemente de más de dos meses. A nivel individual las tejas más productivas de ambos sectores comienzan antes la maduración de sus semillas.

Una mayor producción de semillas en Minteguizar, no implica hasta la fecha la ocurrencia de regeneración, ni en claros ni bajo dosel. En Arritxurieta sin embargo, aunque presenta condiciones más desfavorables para la *fructificación*, tiene condiciones de rodal más diversas que favorecen la regeneración al presentar mayor ocurrencia de claros y de especies arborescentes, así como mayor volumen de madera muerta en el piso del bosque.

Hay mayor evidencias de depredación de semillas ariladas por aves, en el entorno de las tejas de Minteguizar, mientras en las de Arritxurieta casi no hay registros. Esto hace presumir que la dispersión tras el consumo está relacionada con el nivel de agregación de las tejas reproductoras en el bosque, así como con la distribución de micro hábitats donde las semillas pueden ser depositadas.

En Minteguizar se registra evidencia de consumidores dispersadores de semillas que podrían tener un papel importante en la ocupación de los claros y de la expansión de los núcleos de tejo. Hace falta sin embargo que los claros tengan las estructuras verdes necesarias como posaderos para las aves, y por otro lado, que se libere espacio en el entorno de las tejas para favorecer procesos de colonización natural.

En Arritxurieta se registra condiciones más restrictivas para la productividad de las tejas reproductoras, por lo que se muestra más urgente la necesidad de liberar tejas hembras y mejorar su estado nutricional, como se recomienda en este informe.

5.2 Sobre el estado nutricional

Los suelos sobre los que se desarrollan las tejas de Artikutza son ricos en materia orgánica, con baja disponibilidad de elementos nutritivos en la solución del suelo y muestran un carácter fuertemente ácido además de una reducida disponibilidad de fósforo. Todo esto como consecuencia de una baja capacidad de intercambio catiónico y una alta saturación de aluminio.

También estos suelos pueden presentar contenidos moderadamente altos de Manganeso libre, típicos de suelos de granitos y esquistos de la península ibérica, pero que pueden ser muy altos en algunos lugares de Artikutza. En concordancia con esto, los contenidos foliares de Manganeso presentan niveles elevados que son tóxicos en otras coníferas y que en este caso podrían explicar la defoliación que presentan algunos tejos.

Dado el régimen de humedad y temperatura, el rápido drenaje tanto externo como interno (como consecuencia de las fuertes pendientes y de la textura dominada por las arenas gruesas) las principales limitaciones para el crecimiento de la vegetación tienen que ver con; a) la limitada profundidad (entorno a los 25 cm en las zonas muestreadas), b) la fuerte acidez (pHs de 4.8-4.6) y c) la poca capacidad de intercambio catiónico debida al contenido y naturaleza de las arcillas. Además, en zonas cóncavas, fondos de valle y zonas planas pueden aparecer problemas de anegamiento.

Taxus baccata esta considerada una especie capaz de crecer en un amplio rango de concisiones edáficas, pero con muy mal desarrollo en suelos extremadamente ácidos o que presenten condiciones reductoras propias de suelos con drenaje limitado permanente y suelos turbosos. La especie parece tener su optimo en suelos ligeramente ácidos, neutros o ligeramente básicos y sobre litologías calizas que dan lugar a un complejo de cambio con menor saturación de Aluminio y otros metales libres (Thomas & Polard 2003). En este sentido, en Artikutza parece encontrarse en el limite de su rango edáfico de distribución.

Los contenidos foliares de nutrientes se corresponden bien con los valores edáficos y denotan una deficiencia de fósforo, especialmente notable en Arritxurieta, donde el follaje de tejo presenta tan solo 1.0 mg/gr de Fósforo y una proporción Nitrógeno / Fósforo de 14, que sin ser extrema, si denota un desequilibrio nutricional.

6. Recomendaciones

Sobre las actuaciones en marcha

Los resultados acerca de las condiciones que se asocian a una buena *fructificación*, confirman que las cortas de liberación sobre tejos hembras puedan tener efectos muy positivos sobre la productividad de semillas, especialmente en la tejera de Arritxurieta. Específicamente en este sector se recomienda liberar los árboles identificados como 3C y 6B puesto que aun mantienen una frondosidad adecuada y pueden responder mejor y más de prisa a la liberación.

Por otro lado una buena producción de semillas en Minteguizar en contraste a la casi nula regeneración que se registra, hace más evidente la necesidad de continuar con acciones que enriquezcan los claros con los elementos estructurales que ofrezcan lugares de posaderos a las aves visitantes y mejoren su colonización.

Durante los primeros años de acciones de mejora de las condiciones para la regeneración en Minteguizar, es factible plantearse la posibilidad de emprender acciones de conservación *ex situ*, recogiendo semillas frescas del suelo a finales de septiembre, momento de más producción, para su viverización y posterior introducción en espacios abiertos dentro y fuera del núcleo poblacional.

Sobre las tejas liberadas

Será importante monitorear los efectos de las aperturas de dosel centrado especialmente en las tejas liberadas antes y después del 2018. Una periodicidad adecuada para estas evaluaciones podría ser cada 2 o 3 años. Específicamente sería recomendable hacer un seguimiento en Minteguizar a las tejas 7B, 8B con un año de liberación y la 9B con mas de 3 años de liberación

Sobre calidad de las semillas

Sería recomendable también realizar una evaluación anual del calibre de las semillas ariladas, mediante colecta y pesado de lotes de semillas. Esto permitirá conocer la variación de este parámetro en relación con la *vecería* de la especie, tendiente a determinar la relación del nivel de productividad con el tamaño de las semillas. Como otro elemento para evaluar la viabilidad de estas poblaciones, también puede ser aconsejable en futuras temporadas realizar un análisis de viabilidad de las semillas producidas en ambos sectores.

También instalar trampas de semillas diseñadas para excluir a distinto tipo de frugívoros como aves o mamíferos podría dar información respecto a cuales son los principales agentes involucrados en su dispersión.

Sobre el estado nutritivo

Al tratarse de masas naturales que adaptan su tasa de crecimiento y su masa foliar a las condiciones ecológicas imperantes, es difícil establecer una recomendación de corrección de los déficits nutricionales

observados. De hecho, las diferentes tasas de crecimiento y los episodios de mortalidad que se pueden producir forman también parte de la dinámica natural.

Dicho esto, parece lógico pensar que los individuos de tejo van a responder en vigor y en capacidad reproductiva a un aporte puntual de Fósforo y probablemente también a un aporte de Potasio y Magnesio puesto que entre otras cosas, su mayor disponibilidad ayudaría a mitigar el efecto negativo del bajo pH y el posible efecto negativo del Manganese libre que se ha descrito anteriormente.

Esto es especialmente cierto en el caso de los tejos de Arritxurieta que se han liberado de sombra circundante y necesitan desarrollar nuevo follaje, muy costoso en nutrientes, para aprovechar la ventana de oportunidad que les ofrecen la apertura del dosel. Debe tenerse en cuenta que los tejos adultos que se encuentran en posiciones dominantes o incluso bajo dosel, no presentan grandes demandas nutricionales puesto que cuentan con la translocación interna a partir del follaje senescente, como primera fuente de nutrientes para sus nuevas hojas. Esto no es el caso de los individuos que sean liberados, que en respuesta a una mayor disponibilidad de luz, deberán de incrementar su área foliar y por tanto también su demanda de nutrientes.

Así puede considerarse dar un apoyo nutricional específico tanto a los tejos que vayan siendo liberados como a los tejos con problemas de defoliación, especialmente en el caso de Arritxurieta. Se recomienda para esto la aplicación de unos 150 gr/árbol de roca fosfórica 0 27 0, que aporta Fósforo de liberación lenta y 100 gr/árbol de dolomita calcinada como fuente de Magnesio.

Alternativamente, pueden considerarse 200 gr/árbol de una formulación 0 16 8 2 ó (N P K Mg) o similar, que también aporte Potasio. Como se ve, todas estas formulaciones están libres de nitrógeno. Una vez que los árboles desarrollen su nueva copa, serán capaces de translocar los nutrientes internamente y a través de la capa superficial del suelo, mantenerlos *in situ* durante décadas, por lo que, si responden adecuadamente a esta aplicación habrán mejorado su estado nutricional y vigor por un período prolongado de tiempo.

7. Bibliografía

CORTÉS, S., VASCO, F., BLANCO, E. 2000. El libro del Tejo (*Taxus baccata* L.) Un proyecto para su conservación. Edita ARBA.

C.D. GILLIAM, J.T. EASON AND C.E. EVANS (1985) Effects of Soil pH on Four Field-Grown Nursery Crops, J. Environ. Hort. 3(3):136-139.

DEVANEY, 2013 Devaney J., O'halloran, J. Janses, M. 2013. The natural regeneration ecology of yew *Taxus baccata* L. Thesis for PhD

ELOSEGI, A, DIEZ, J Y GONZALEZ-ESTABAN, J (2013) Diagnóstico de los ecosistemas ligados al agua de Aartikutza. Donostiako Udala- Ayuntamiento de San Sebastian.

FERNANDO, D. R., & LYNCH, J. P. (2015). Manganese phytotoxicity: new light on an old problem. *Annals of botany*, 116(3), 313-9.

GARCIA, D., OBESO, R.J., 2003. Facilitation by herbivore mediated nurse plants in a threatened tree, *Taxus baccata*: local effects and landscape level consistency. *Ecography* 26, 739–750.

GARCÍA MARTÍ, X., VALBUENA RELEA, L. La semilla del Tejo: Historia de una diáspora. Del ámbito general al caso particular de las tejeras de Sil.

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.

HULME P. E 1996. Natural regeneration of yew (*Taxus baccata*) microsite, seed or herbivore limitation? *Journal of Ecology* 84, 853-861

ISKULO, G., BORATYNSKI, A. 2004. Different age and spatial structure of two spontaneous subpopulation of *Taxus baccata* as a result of various intensity of colonization process. *Flora* 200 (2005) 195-206

KENNETH A. BARRICK AND MARK G. NOBLE (1993) The Iron and Manganese Status of Seven Upper Montane Tree Species in Colorado, USA, Following Long-Term Waterlogging *Journal of Ecology* Vol. 81, No. 3, pp. 523-531

KROUCHI, F., *et al.* 2014. Structural features and conservation status of *Taxus baccata* on some forest of the Tallinn Atlas. En IV Jornadas Internacionales del Tejo. Proyecto LIFE Taxus.

LINARES, J.C., 2013. Shifting limiting factors for population dynamics and conservation status of the endangered English yew (*Taxus baccata* L., Taxaceae). *For. Ecol. Manage.* 291, 119–127.

MERINO, I.; A. ABITARTE, T. TABOADA & I. LARUMBE (1995) Los suelos de la cuenca del Embalse del Añarbe. Propiedades e influencia de sus características en la calidad de las aguas. *MUNIBE (Ciencias Naturales - Natur Zientziak)* N° 47, pp. 17-27

PIOVESAN, G., PRESUTTI SABA, E., BIONDI, F., ALESSANDRINI, A., DI FILIPPO, A., SCHIRONE, B. 2009. Population ecology of yew (*Taxus baccata* L.) in the Central Apennines: spatial patterns and their relevance for conservation strategies. *Plant Ecol.* 205, 23–46.

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

SVENNING, J-CH., MAFARD, 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

VV.AA. 2014. IV Jornadas Internacionales del Tejo. Monestir de Poblet, 23-25 de octubre. Proyecto LIFE + *Taxus* (www.taxus.cat)