_Manual de buenas prácticas

para proyectos de restauración de Quercus en ambientes mediterráneos

Manual de buenas prácticas para proyectos de restauración de Quercus en ambientes mediterráneos

Asociación Semillistas

MINISTERIO
DE DERECHOS SOCIALES
Y AGENDA 2030

tree-nation

patagonia

Indice

1. Motivación del manual **3**
2. A quién va dirigido **4**
3. Germinación de semillas ortodoxas **5**
4. El contenido de humedad en las bellotas **8**
5. Almacenamiento óptimo de bellotas **12**
6. Hidratación de las bellotas almacenadas **15**
7. Germinación de bellotas en campo **17**
8. Emergencia de bellotas en campo **18**
9. Germinación de bellotas en laboratorio **20**
10. Crecimiento de la raíz **20**
11. Tratamientos pregerminativos **21**
12. La fecha de siembra **23**
13. Cálculo del contenido de humedad en semillas **24**
14. La medición de %mcfw de las bellotas **25**
15. Obtención rápida del peso seco de una muestra de bellotas con horno microondas **27**
16. Elección de la báscula **28**
17. Elección del micrositio de siembra **29**
18.- Predación por ratones y jabalís **30**
19. Pequeña introducción al uso de microorganismos en la restauración forestal **32**
20. Estudios de siembra directa y plantación de Quercus **33**
21. %mcfw bellotas en la cosecha **35**
22. Bibliografía **40**

1. Motivación del manual

La restauración forestal lleva más de un siglo llevándose a cabo en todo el mundo a través de técnicas de trasplante de plantas criadas en vivero. En Semillistas llevamos 5 años dedicados a la construcción de una metodología que permita realizar las restauraciones utilizando semillas directamente. Los motivos que nos llevan a querer cambiar la manera de afrontar la restauración forestal se deben a los problemas asociados a las prácticas de trasplante en climas semiáridos: necesidad de riegos estivales, encarecimiento de los proyectos, impacto del ecosistema a restaurar, imposibilidad de gran escala, etc. Además de estos motivos, tenemos fe en un principio: “la mejor acción en restauración es la que imita los procesos de regeneración natural” (M. Fukuoka).

Las pequeñas asociaciones que en cada pueblo hacen su trabajo de restauración están muy limitadas por la técnica del trasplante, ya que el número de árboles que son capaces de gestionar (en referencia a los riegos estivales) es muy pequeño. Con un sistema de siembra directa exitosa las pequeñas asociaciones podrían multiplicar el alcance de sus acciones. Pensamos que hay una brecha, un nicho de mercado si se prefiere, en el que se puede profesionalizar la restauración ecológica y, en el ámbito rural, las personas que sí aman sus montes, pueden vivir económicamente de la restauración agroforestal. Este manual, y el proyecto S2S en Semillistas, se dirigen hacia caminar la recuperación de la soberanía de nuestra tierra, que históricamente nos ha llegado delegada a las administraciones y/o grandes empresas. Nos parece esencial que, en casi cada pueblo de todo el mundo, exista una empresa/organización 100% local que sepa cosechar y sembrar sus propias semillas para restauración de bosques y pastos.

El camino de Semillistas para hacer posible la siembra forestal se ha basado en buscar soluciones para los cuellos de botella, que en el pasado, hicieron del método de plantación la técnica predilecta en la reforestación. Éstos son: bajas y/o incontrolables tasas de germinación y alta predación de semillas. La solución la encontramos al explorar el conocimiento en biotecnología de semillas. Esto ha implicado ordenar un conocimiento disperso, o incluso inaccesible (secretos industriales), sobre el uso de semillas.

En el presente manual se expone una metodología para ayudar a los proyectos de restauración mediterráneos a encontrar soluciones para hacer posible la siembra directa de bellotas con garantías y éxito. Mejorar las semillas ortodoxas requiere una implicación mayor de una organización y estamos construyendo otro tipo de propuesta (proyecto S2S, SeedToSeed) para que las pequeñas entidades puedan acceder a esta tecnología.

En último lugar, aportamos nuestra experiencia en una serie de aspectos que consideramos imprescindibles para la realización de un proyecto de restauración por parte de pequeñas y medianas organizaciones.

2. A quién va dirigido

Este manual está dirigido a personas y/o organizaciones que tengan algún tipo de experiencia en la siembra de bellotas. Existen una serie de manuales en España que exploran muy bien diversos aspectos de la siembra directa. Las guías que nos parecen imprescindibles son la Guía Bellotera de Reforest-Acción, la Guía Práctica del IFAPA, los manuales de ARBA, la Guía Rápida de J. Castro (UGR) y las Técnicas de Reforestación de Montoya. Estas guías están disponibles para descargar en internet (mirar bibliografía).

El presente manual pretende profundizar en algunos aspectos que estas guías dejan fuera, por lo que sólo tendrá sentido para aquellas personas que tengan experiencias belloteras y que tengan la sensación de que todavía algo se les escapa en cuanto a la comprensión del tránsito entre “la bellota en el árbol” y “la encina establecida”.

El aspecto fundamental de nuestro manual es la comprensión de la influencia del contenido de humedad de las bellotas en la fisiología de la germinación. Bajo la luz de este concepto, podremos entender mejor qué errores cometimos en el pasado y cómo adaptar nuestras dinámicas de trabajo con las bellotas en la situación particular de cada año del futuro.

Para poder profundizar en este aspecto del contenido de humedad se requiere unos conocimientos básicos de matemáticas: saber observar una gráfica (eje x - eje y), utilizar fórmulas, despejar ecuaciones sencillas de grado 1, cálculo de porcentajes, etc. Además se requieren unos conocimientos básicos en restauración ecológica y sus conceptos asociados: diversidad genética, germinación, establecimiento, hábitats, tipos de suelo, etc. Es por esto que recomendamos este manual para personas u organizaciones que ya tengan un recorrido en la siembra de bellotas y que este conocimiento les pueda servir para afinar el trabajo que ya hacen. Si una persona tiene buena capacidad conceptual, pero no tiene mucha experiencia en siembra de bellotas, se recomienda primero empaparse bien de los manuales ya existentes, para luego ponerle la puntilla final con este manual.

No pretendemos decir que en Semillistas tengamos todas las cuestiones aclaradas, pero están lo “suficientemente” resueltas para aportar una metodología que garantice el éxito de nuestras siembras. Cada año, cada vez que las bellotas empiezan a madurar, nos damos cuenta de aspectos que nos eran invisibles hasta entonces, en el infinito juego de buscar regularidades en la naturaleza que podamos utilizar de forma práctica en nuestras tareas de regeneración.

Aunque el manual sugiere una serie de “recetas” óptimas que se pueden seguir en el uso con las bellotas, es más importante comprender el conocimiento sobre la fisiología de la germinación de las bellotas, para poder adaptar las decisiones que cada año tomamos desde que empezamos a cosechar hasta que acabamos de sembrar. No hay que olvidar que la naturaleza es un sistema complejo, que cada año es diferente. Sólo la comprensión, la observación y el aprendizaje continuo puede garantizar una actividad de regeneración exitosa y permanente.

3. Germinación de semillas ortodoxas

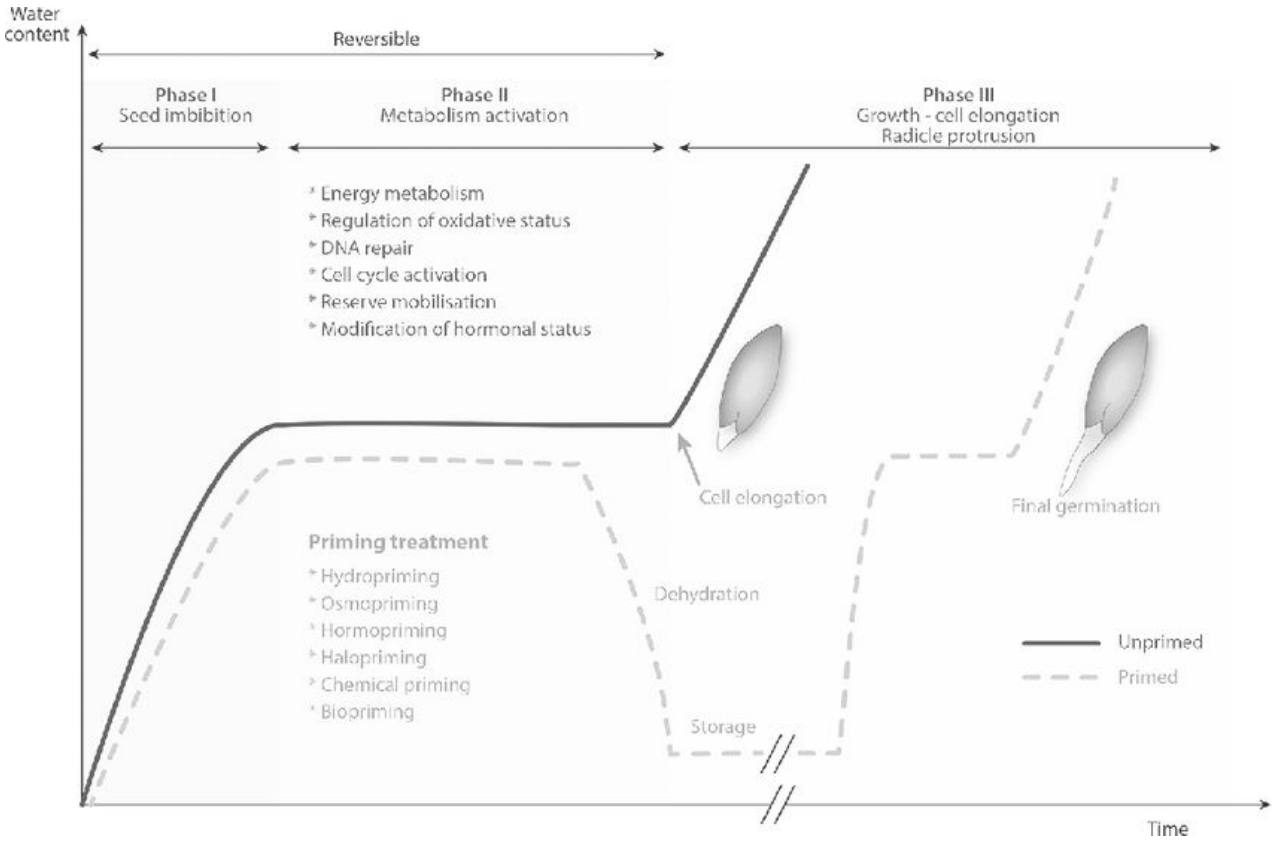


Gráfico 1. Fases de germinación

En general, las semillas se pueden clasificar en ortodoxas (pueden almacenarse secas), recalcitrantes (no pueden secarse para almacenamiento) y de comportamiento intermedio. Las semillas ortodoxas son las de nuestros huertos y la gran mayoría de nuestros árboles, arbustos y pastos. Las semillas de lentejas que tenemos en un tarro en la cocina están vivas, respiran. Esto se debe a que tienen tolerancia a la desecación. Al madurar en la planta, las lentejas están cargadas de humedad y, tras completarse la maduración, se van secando hasta un contenido de humedad bajo. En las semillas recalcitrantes (bellotas), el fin de la maduración de la semilla en el árbol también coincide con el máximo valor de humedad en la semilla, pero a medida que se seca, la bellota muere.
Antes de empezar a hablar de bellotas, vamos a situarnos en la comprensión básica de la germinación de semillas ortodoxas. Y aprovecharemos al mismo tiempo para introducir el concepto de contenido de humedad de las semillas.

Cuando una semilla de lenteja está almacenada y seca, tiene un pequeño porcentaje de humedad (la llamamos “seca” pero no está completamente seca). Si está bien almacenada, estará entre 5% y 10%mc (%moisture content-contenido de humedad). Esto significa que de cada 100 g de semillas hay 5-10 g de agua (más adelante lo definiremos mejor). Si esa lenteja “seca” la sembramos en suelo húmedo, la semilla empieza a absorber agua y su contenido de humedad aumentará (FI, Fase I, de imbibición). Tras unas 12 horas de imbibición, la lenteja no podrá absorber más agua y su contenido de humedad interno (%mc) se estabilizará. En esta fase de contenido de humedad estable (FII, Fase II), la semilla aumenta su metabolismo (respira más) y realiza tareas de reparación de ADN, movilización de nutrientes, ARN, descomposición de almidones en azúcares y de proteínas en aminoácidos, y un sin fin de detalles. Cuando la semilla de lenteja ha hecho todo lo que tiene programado genéticamente para prepararse para germinar, entonces descompone las grasas, el embrión se elonga, se rompe la cubierta de la semilla y vemos salir la punta de la raíz (FIII, Fase III). Al iniciarse la FIII, la semilla vuelve a absorber humedad rápidamente (trazo continuo de la gráfica más arriba). El tiempo de dura la FI y la FII, y el %mc de la FII, son específicos de cada especie.

Lo que acabamos de describir es la germinación estándar de una semilla ortodoxa, la germinación “de un tirón”. Un conocimiento que pasó inadvertido en la historia de la agricultura y que se conoce desde los años 70, es la posibilidad de volver a secar las semillas en proceso de germinación mientras se encuentren en FII. Las semillas, mientras no emitan radícula (FIII), pueden volverse a secar repetidas veces sin morir. Si empieza a elongarse la raíz y el suelo se seca, la semilla muere (existen excepciones). Es decir, si sembramos lentejas, las regamos y, antes de que germinen, se secan (p.e. por demasiada insolación), estas nuevas lentejas secas siguen vivas esperando el siguiente riego. Cuando se rieguen de nuevo, podrán germinar más rápido porque en el ciclo anterior de hidratación-deshidratación ya han realizado gran parte de los pasos necesarios para poder germinar. Este efecto se llama priming, y representa un conocimiento no popularizado con grandes beneficios en la agricultura.

En resumen, una semilla en estado deshidratado está viva, respira. Si llueve, la semilla se hidrata y avanza en su proceso germinativo. Si antes de alcanzar la FIII, se vuelve a secar, la semilla sigue viva, ya no es la misma que antes, está más cerca de la germinación. Si alcanzara la FIII y se seca, la semilla muere.

Si miramos las semillas de un banco de semillas del bosque, cada una tendrá una historia sobre el número de veces y la duración de sus ciclos de hidratación-deshidratación. En función de esta historia, tendrá más o menos probabilidades de germinar en la siguiente lluvia. Así se genera una diversidad de estados fisiológicos en las semillas de una misma especie en el suelo, en una dinámica continua con cada lluvia. Hay semillas que están en la superficie y tras cada lluvia se secarán rápidamente (éstas necesitarán muchos ciclos de lluvias para llegar a la germinación). Otras estarán ligeramente enterradas y en cada lluvia avanzarán mucho en la FII antes de volverse a secar. Otras estarán más enterradas y, con la escasez de oxígeno, a pesar de tener humedad, no podrán respirar adecuadamente para avanzar en FII. Esta diversidad de estados, producto del micrositio donde caigan las semillas procedentes del mismo árbol madre, le da resiliencia al bosque. Las semillas del suelo del bosque, incluidas las que tienen latencia, no están en estado de reposo esperando

el momento con las condiciones perfectas para germinar, están continuamente caminando hacia la germinación con cada lluvia.

Cuando se realiza esta deshidratación de semillas que se encuentran en FII del proceso de germinación, además de ser unas semillas secas nuevas (más cerca de la germinación), se activan en el ADN de la planta mecanismos frente al estrés. Esto hace que en los años de escasas lluvias, las plantas procedentes de semillas imprimadas produzcan más que las no tratadas. En agricultura se utiliza el priming por los siguientes beneficios:

- aumento y homogeneización de la germinación
- mejora de la germinación a temperaturas no óptimas
- mejora de la respuesta de la planta al estrés hídrico y salino
- aumento de la producción

No es objetivo de este manual adentrarse en los entresijos del priming de semillas ortodoxas. Pero esperamos que os abra el apetito por saber más.

Antes de pasar a las bellotas, vamos a explorar un poco más el %mc.

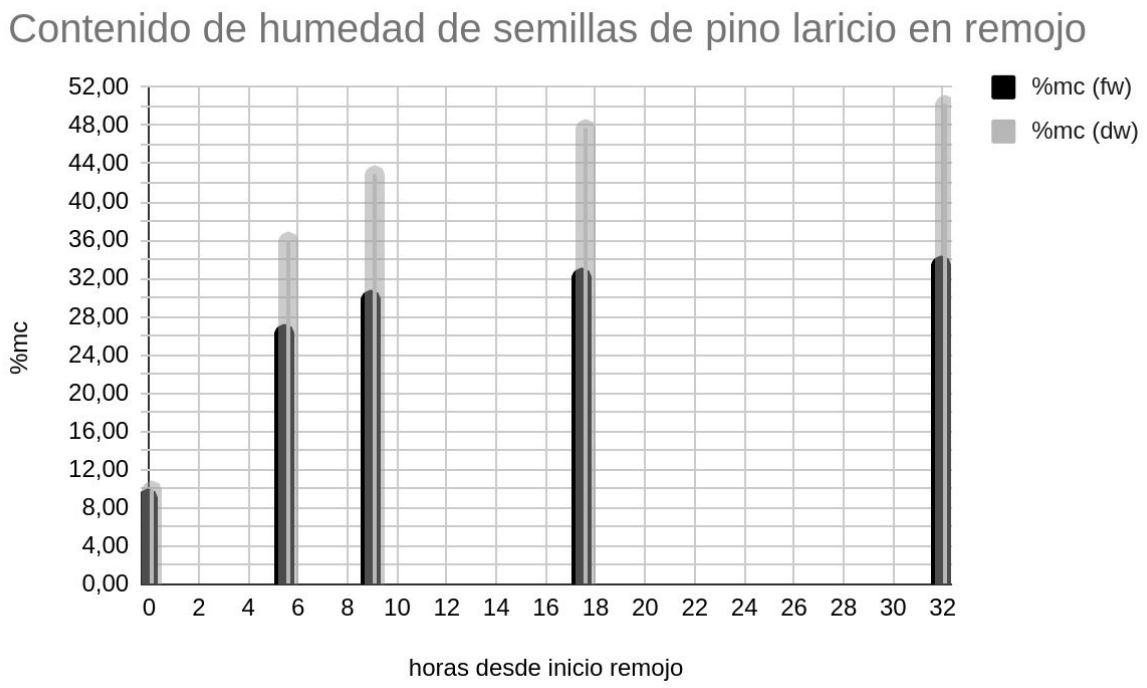


Gráfico 2. Contenido de humedad de Pinus nigra salzmanii (semilla almacenada, FI y entrada en FII) (Semillistas)

Existen dos formas de expresar la humedad que tiene una semilla, dependiendo de si nos basamos en el peso seco (%mcdw) o en el peso fresco (%mcfw):

- basado en el peso seco de las semillas. %mcdw= (PF-PS)/PS*100
- basado en el peso fresco de las semillas: %mcfw= (PF-PS)/PF*100

El PF es el peso que tienen las semillas de las que quiero calcular el %mc. El PS es el peso seco que tienen esas semillas (se calcula eliminando toda el agua que tienen las semillas -con horno- y volviendo a pesar). Así, (PF-PS) es la cantidad de agua que tienen las semillas. Para obtener un porcentaje necesitamos una referencia (qué será el 100%). Esta referencia puede ser el peso seco de las semillas o su peso fresco, en función del ámbito de conocimiento en el que nos encontremos (%mcdw en alimentación, transporte, sustratos…, %mcfw en biotecnología de semillas). El %mc se calcula dividiendo la cantidad de agua entre la referencia que elijamos. En nuestro caso trabajaremos con %mcfw.

Para el %mcfw las fórmulas quedan:

- **%mcfw= (PF - PS) / PF * 100**
- **PS = PF * (1 - (%mcfw / 100))**
- **PF = PS / (1 - (%mcfw / 100))**

Algunas generalidad más sobre el %mc:

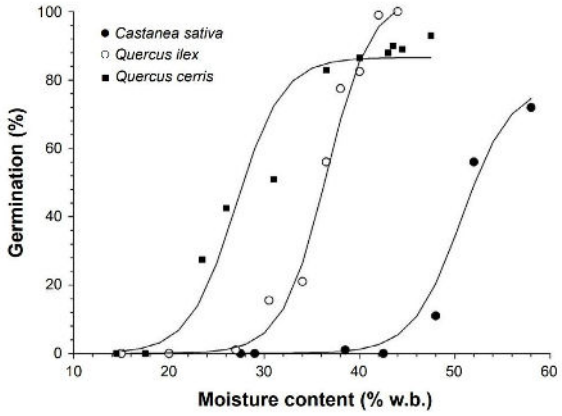
- En las semillas almacenadas al aire libre (sin plástico o vidrio) su %mc fluctúa con las variaciones de la humedad del aire.

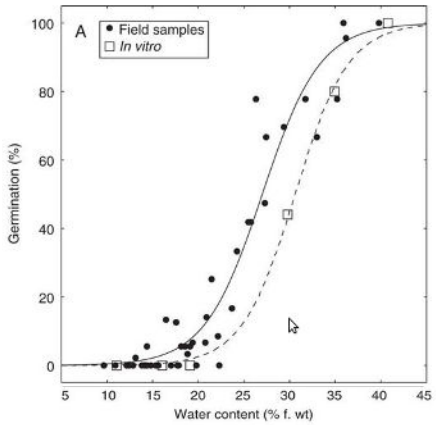
- Si las semillas son almacenadas herméticamente, tendrán un nivel de humedad constante.

- No todas las semillas de un lote tienen el mismo %mc. Existe una variabilidad que hace que cada semilla tenga un %mc distinto pero cercano a la media de un conjunto de semillas. En realidad lo que hacemos es calcular siempre la media de una muestra de semillas. Pero las bellotas tienen una semilla tan grande que con una báscula barata podremos obtener el %mc de bellotas individuales.

- En general, las semillas ortodoxas se pueden almacenar por muchos años entre 5 y 6%mcfw a 4ºC. Como regla general, cada disminución de 1%mc durante el almacenamiento, dobla la vida útil de las semillas.

4. El contenido de humedad en las bellotas





Gráfica 3. Tolerancia a la desecación de bellotas de Q. ilex (izquierda: *Pedro León-Lobos, 2018;* derecha: Joët, 2013).

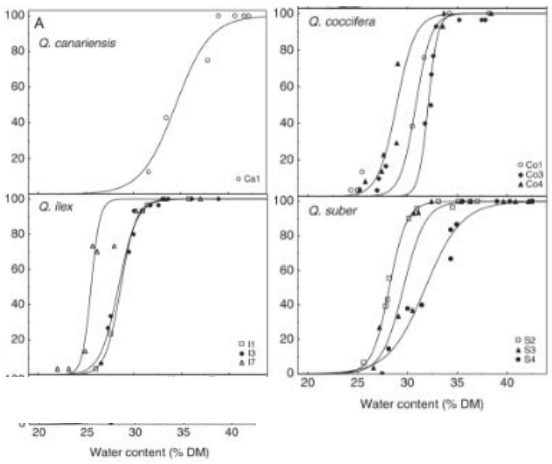
Las bellotas tienen un comportamiento recalcitrante frente a la deshidratación. Esto quiere decir que si las tratamos como a las semillas ortodoxas, al dejarlas secar, las bellotas morirán. Otras semillas como las castañas, también son recalcitrantes. No todas las semillas recalcitrantes se comportan de la misma manera que vamos a describir. Este manual es aplicable a casi todos los Quercus (excepto los Quercus de comportamiento intermedio), y en particular se utilizará el **Quercus ilex** para toda la exposición del manual.

En el momento de la cosecha (noviembre), las bellotas deberían estar en torno a 42-46%mcfw (%mcfw). Las bellotas alcanzan la maduración cuando el contenido de humedad alcanza un máximo, mientras aún está en el árbol (%mcfw mayor del 44%). Después se van haciendo marrones a medida que se van secando (se baja del 44%mcfw). Dependiendo del tiempo que lleven marrones unas bellotas en un árbol (si ningún viento las tira), estarán entre el 44% y el 38%mcfw.
Un color pardo brillante indica %mc alto (~42%mcfw); si empieza a ser mate, disminuye el %mc (~38%mcfw); si no han madurado del todo (son verdes y marrones en la misma bellota) el %mc será alto (43-50%mcfw). Las bellotas recogidas del suelo pueden estar del 20 al 40% (dependiendo de los días que lleven caídas, de la humedad del suelo, insolación, etc). En las del suelo, si el marrón empieza a hacerse claro: muy bajo %mc (~34%mcfw).

De observar la gráfica 3 (izquierda) tenemos: si reducimos la humedad de las bellotas al 40%mc germinan el 100% de las bellotas, al 38%mc se reduce al 80% la germinación, al 36%mc germinan el 60% y al 34%mc sólo el 20%. Si una bellota de Q. ilex llega al alcanzar tras un secado el 34%mc, sólo podrán germinar el 20% de las bellotas. Esta situación puede alcanzarse tras sólo 1 semana de secado. ¡¡¡ Si no controlamos la dinámica de la humedad de una bellota es relativamente fácil echar a perder la viabilidad de nuestra cosecha !!!

La gráfica 3 (derecha) se refiere también a la tolerancia a la desecación de Q. ilex. La de la izquierda son bellotas procedentes de Inglaterra y la de la derecha del sur de Francia. Vemos que la tolerancia a la desecación varía con la procedencia. Al %mcfw al que la viabilidad se ha reducido al 50% de germinación, es del 35%mcfw en las de Inglaterra y del 28%mcfw en las de Francia. Las del sur de Francia toleran mejor el secado. En Semillistas no hemos realizado este estudio para bellotas andaluzas. Esto es porque (además de falta de fondos económicos) lo que sí tienen en común los dos estudios mostrados es que la viabilidad empieza a disminuir cuando las bellotas se secan por debajo del 40%mcfw, aunque en una procedencia más rápidamente que en la otra. No hay ningún estudio académico que nos pueda aclarar cuál es la gráfica de la sensibilidad a la desecación para encinas de España. De observar los pocos datos que hemos obtenido en diferentes estudios de Semillistas creemos que las bellotas de encina de Andalucía se aproximan más a la curva de las encinas del sur de Francia. Como no estamos seguros, para la exposición del manual asumimos los datos del estudio de Inglaterra, que nos introduce más limitaciones en el manejo de las bellotas.

En resumen, en el caso de Q. ilex no debemos bajar nunca del 40%mcfw, si no queremos perder viabilidad. No importa el tiempo que permanezca una bellota a un nivel bajo de humedad, sólo con llegar a ese nivel de deshidratación la viabilidad se reduce. No siempre es posible tener bellotas a un nivel óptimo de humedad. A lo largo del manual veremos qué supone bajar de este nivel de humedad y cómo podemos contrarrestar los problemas que induce.



En cada especie con semillas recalcitrantes, se puede construir una gráfica de su sensibilidad al secado. Esta gráfica será fundamental para trabajar con esa especie. Pueden encontrarse estas gráficas para diferentes Quercus en la literatura académica. Estas gráficas dependen de la procedencia de la especie.
Sensibilidad a la desecación en Túnez (Amimi, 2020).

Otros detallitos:

- La cubierta de la bellota está diseñada de manera que impide la desecación rápida (las semillas ortodoxas se secan del 40%mc al 10%mc en 1-2 días, mientras que las bellota extendidas sólo pierde 1,5%mc al dia). La cubierta provoca una desecación lenta, pero también una lenta re-hidratación y respiración. Casi todo el intercambio de agua y aire de una bellota con el exterior se hace a través del hilio (culo de la bellota). La testa marrón (piel, cubierta) de las bellotas es bastante impermeable.

- Si tras la cosecha, las bellotas marrones (que ya tienen menos de 44%mcfw) se rehidratan, es decir, se siembran en suelo húmedo, la germinación ocurrirá cuando la bellota alcance el 44%mcfw.

En siguiente apartado vamos a explicar la solución académica para el almacenamiento de bellotas y luego veremos la dinámica de germinación en función del %mc inicial. A la luz de estos datos podremos comprender de donde derivan los errores comunes en las siembras de bellotas.

5. Almacenamiento óptimo de bellotas

La razones por las que necesitamos almacenar correctamente bellotas son:

- El secado progresivo provoca rápidamente una pérdida de viabilidad.
- No siempre podemos sembrar tras la cosecha, hay que esperar a las buenas lluvias.

Estas razones tienen un peso especial en Andalucía, o en aquellas zonas con lluvias irregulares.

Pero, si no se pueden secar las bellotas, ¿cómo las almacenamos?

Tradicionalmente las bellotas se han almacenado en sacos o cajas en un lugar fresco sin corrientes de aire.

Hemos medido que en sacos grandes de papel a 15-17ºC se pierde 0'2-0'3%mcfw al día. Si se mejoran las condiciones con más frío en una bodega de humedad justa, podría llegar a ralentizarse el proceso de secado, pero en la mayoría de las condiciones de un proyecto pequeño en España, las bellotas progresivamente se secan.

Pero veamos, que necesita una bellota para promover su almacenamiento a medio plazo:

- Hay que estabilizar la humedad para que no siga secándose. Debemos mantener la humedad de las bellotas por encima de 40%mcfw.
- Necesitamos que no germine. Para ello el %mcfw debe estar más bajo de 44%. Idealmente no superior a una media del 42%.
- Temperatura baja: Cuando bajamos la temperatura a 4ºC, la respiración (metabolismo) de las bellotas es muy lenta (se alarga la vida) y también se lentifica la acción de los microorganismos saprófitos (no olvidemos que tenemos sacos de materia orgánica viva). Cuanto más nos acerquemos a 1ºC, más efectivo será el almacenamiento (Por debajo de 0ºC requiere cuidados especiales). Cuanto más alta sea la temperatura del almacenamiento (»8ºC), mayor respiración y acción de microorganismos, y se va perdiendo viabilidad durante el almacenamiento.

La solución académica es almacenar en bolsas zip, de polietileno de baja densidad (PEbd) de 30-50 micras de espesor (las bolsas zip de las tiendas multiprecio), bellotas entre 40-42%mcfw entre 1 y 4ºC. Este plástico permite el intercambio gaseoso y pueden sostener el lento ritmo de respiración a bajas temperaturas. El PEbd limita el intercambio hídrico (no totalmente) y mantiene estable la humedad de las bellotas a lo largo de los meses. Las bajas temperaturas limitan la acción de los microorganismos. Este almacenamiento mejora la germinación durante los 2-5 meses desde el inicio del almacenamiento . Con 1 año de almacenamiento se reduce al 60% de germinación. Se pueden almacenar casi 4 kg de bellotas en una bolsa zip dentro de una nevera doméstica.

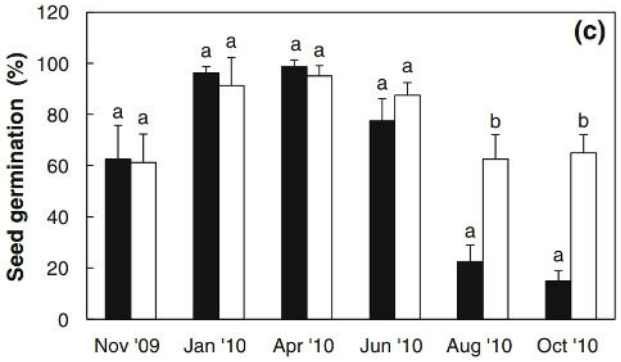
Previamente al embolsado, las bellotas requieren un proceso de eliminación de flotantes, desinfección (lejía al 10% 15 min), secado superficial y ajuste de humedad de almacenamiento. Dedicamos un apartado especial a las cuestiones de cosecha y ajuste de

humedad de almacenamiento. Anticipar que no siempre es posible almacenar bellotas entre 40 y 42%mcfw, ya que por los diferentes grados de maduración de los árboles y por logística de la cosecha, se cosecharán bellotas al 38-39%mc.

Qué es la estratificación fría

Este proceso que hemos descrito de almacenar las bellotas en una bolsa de PEbd a 4ºC, no es una estratificación fría (EF).
Una EF es mezclar las bellotas con un sustrato húmedo (en un tupper o bolsa plástica) y almacenarlo a 4ºC. Con esto se consigue que las bellotas se rehidraten, osea, se encaminen hacia la germinación. En la lenta rehidratación de las bellotas, cuando alcancen el 44%mcfw, las bellotas empezarán una germinación lenta (derivada por el frío). Se puede observar cómo se abre la punta de la cubierta y con los días se va alargando muy lentamente la raíz (mm por día frente a cm por día en germinación a 20ºC). La EF se utiliza para encaminar a las bellotas hacia la germinación, pero lentificando el proceso de emergencia, de tal manera que cuando, tras 2-4 semanas de frío, sembramos las bellotas a una temperatura mayor (10-20ºC), germinan todas muy rápidamente. La EF es un tratamiento pregerminativo. Iniciar la germinación de la semilla en laboratorio, para que cuando la sembremos en campo germine más rápido y más uniformemente.

El siguiente estudio (*Sergio Pasquini, 2015*), compara estos dos métodos de “tratar” con las bellotas. En bolsas con turba húmeda y bellotas se realizó una EF. En bolsas con bellotas al 41%mc se almacenacenaron sin sustrato. Cada 2 meses de almacenamiento se realizaron pruebas de germinación (gráfica 4). En ambos casos hay un aumento de la germinación tras almacenamiento de 3-6 meses, pero en el caso de la turba las bellotas germinaron durante el almacenamiento. Tras 8 meses de almacenamiento a 41%mcfw empieza a disminuir la viabilidad de las bellotas.



Gŕafico 4. Almacenamiento de bellotas de Q. ilex en bolsas PE a 41%mcfw (barras blancas) y en bolsas con turba húmeda (barras negras), ambas a 3ºC (*Sergio Pasquini, 2015*)

Resumen almacenamiento óptimo:

- en bolsas de PEbd de 50 micras (bolsas de 250x350mm con 3-4 kg de bellotas).
- limpiar las bellotas de cúpula y hojas (mismo día o al siguiente de la cosecha).
- retirar las flotantes, desinfectar bellotas (10% lejía 15 min) y secar al 40-42%mcfw (al menos, secar superficialmente).
- introducir las bellotas en bolsas de PE y guardar a 1-4ºC.
- idealmente, cada bolsa necesita espacio para el intercambio gaseoso.
- si almacenamos a más de 42% se desarrollan más microorganismos y germinará alguna bellota.

La desinfección:

La desinfección se realiza con 10-20% lejía (100-200ml en 1000ml de agua) durante 10-20 min (dependiendo del estado de las bellotas) y aclarar con abundante agua.

Si durante el almacenamiento (tras 4-6 meses) se observan hongos creciendo en el culo de las bellotas, se puede extraer las bellotas, desinfectarlas de nuevo, secarlas superficialmente, y volverlas a almacenar en bolsas de PE.

Las bellotas almacenadas por debajo del 40%mcfw no se almacenan óptimamente y tienden a desarrollar más hongos que las almacenadas al 40-42%mc.

Otros detallitos:

- Las bellotas con gusano en las que éste no se haya comido el embrión, pueden germinar (se ha comido en endospermo, pero no la parte de la punta de la bellota que es donde se encuentra el embrión). Aunque estas bellotas tienden a desarrollar hongos si se almacenan, pueden servir para sembrar inmediatamente tras la cosecha. Para el protocolo de almacenamiento, hay que retirar estas bellotas, con la técnica de eliminar las flotantes.

- No se recomienda la rehidratación de bellotas antes del almacenaje. Si las bellotas alcanzaron el 36%, se deberán almacenar a esta humedad, en vez de rehidratarlas hasta el 40-42%mcfw y almacenarlas en ese punto. Esto no lo hemos comprobado, ni hemos visto ningún estudio para Quercus ilex, pero se recomienda no hacerlo. Sabemos que hay otras especies de Quercus que si le puede sentar bien esa rehidratación como forma de reajustar el %mcfw antes del almacenamiento.

- En Semillistas estamos cosechando estos años unas 30000 bellotas/año, que necesitamos almacenar 4-5 meses. Para almacenar esta cantidad de bellotas nos apoyamos en las cámaras frigoríficas de los Braojos de Orgiva, una empresa local dedicada a la distribución de frutas y verduras.

- No es posible almacenar bellotas en bolsas de PE a temperaturas altas. La recomendación es 1-4ºC. A partir de ahí, a temperaturas mayores, es posible que haya una progresiva pérdida de viabilidad. Un año en Semillistas tuvimos que almacenarlas a 6-7ºC y no observamos pérdida de viabilidad a los 4 meses de almacenamiento. Hay que tener cuidado con que exista demasiada actividad metabólica en un recipiente así de cerrado.

6. Hidratación de las bellotas almacenadas

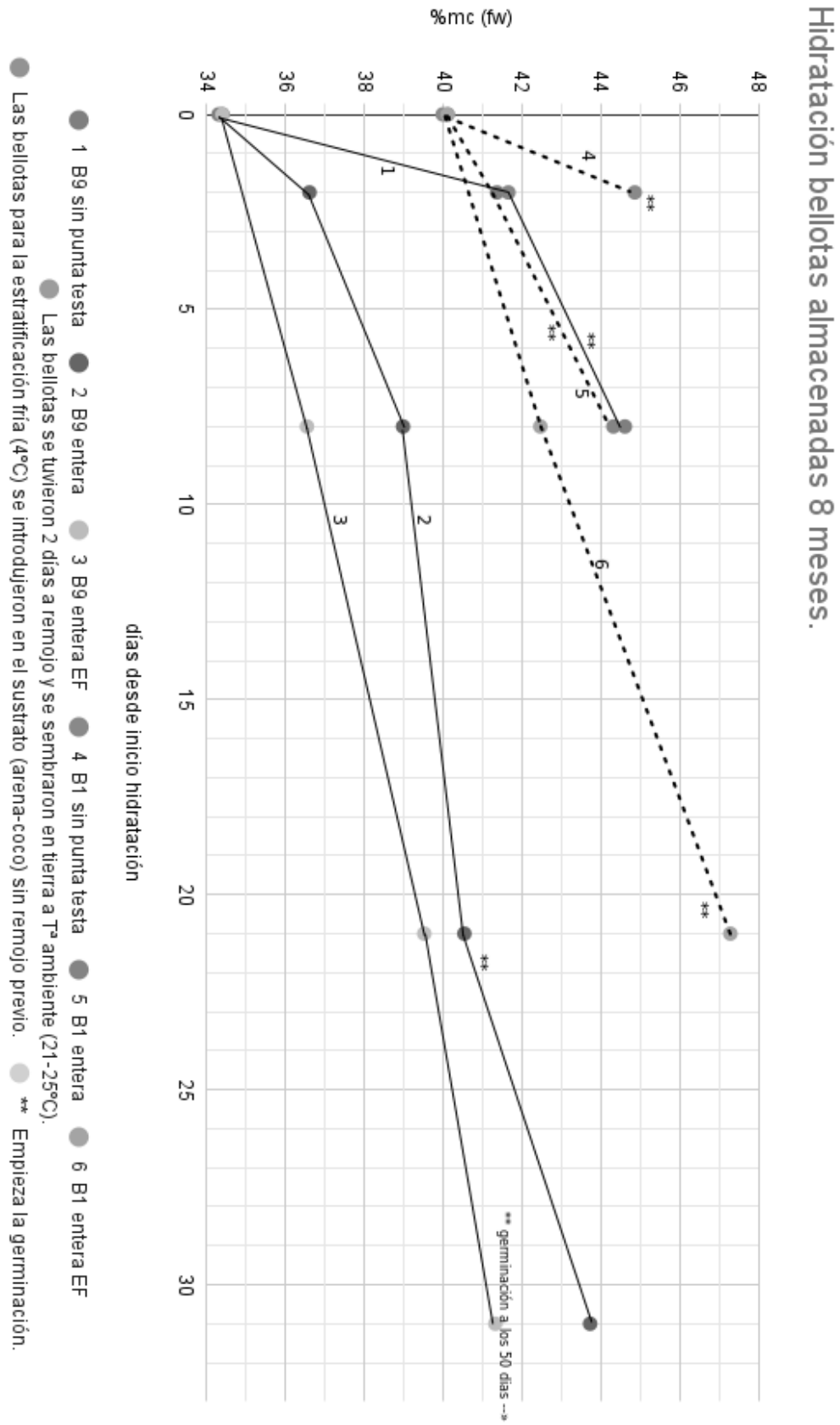


Gráfico 5. Dinámica de rehidratación de bellotas de Q. ilex, en 6 casos.

En este estudio llevado a cabo por Semillistas en 2022, pretendíamos comprender el proceso de germinación de bellotas que se almacenaron a diferentes contenidos de humedad. En el gráfico se muestran a lo largo del tiempo la humedad de 6 grupos de 25 bellotas cada uno:

(Bellotas almacenadas al 40 y 34%mcfw) X (prueba de germinación de bellotas enteras a 20ºC, bellotas enteras a 4ºC y bellotas escarificadas a 20ºC)

Las bellotas escarificadas consistieron en la eliminación de un trozo (1cm) de la cubierta por la parte de la punta de la bellota (“sin punta testa”).

Las bellotas almacenadas con bajo nivel de humedad (34%) tardaron 30 días a 20ºC y 50 días a 4ºC en adquirir en torno al 44%mcfw (germinación). Si previamente se elimina la testa se hidratan muy rápidamente. Estas bellotas con humedad baja son muy propensas a desarrollar hongos durante el almacenamiento. Tardan mucho en rehidratar y germinan un % muy bajo. La EF es un método seguro (control de hongos) para rehidratar estas bellotas.

Las bellotas con 40%mcfw, aumentan la humedad hasta el 44%mc en 6 días a 20ºC. La rehidratación es un poco más lenta a 4ºC que a 20ºC. Si eliminamos la testa, se necesitan menos de 2 días para llegar al 44%.

La eliminación de la testa no es práctico para un proyecto. Sería más práctico el corte de 0,5 cm del culo de la bellota. Esto también provoca una rápida rehidratación. Pero se introducen otros problemas derivados de dejar el endospermo sin protección: ¡microorganismos a comer bellota!. Las técnicas derivadas de cortar el culo de la bellota para acelerar la hidratación (en EEUU ya están diseñando una máquina para que corte automáticamente bellotas), necesitan de biocidas para controlar patógenos.

Lo que nos muestra este estudio es:

- La cubierta de la bellota es el primer limitador para la rehidratación.
- Una vez la bellota se ha rehidratado en torno al 44%mcfw, inicia la elongación de la raíz.
- Cuanto más seca esté la bellota, más tardará en alcanzar el 44%mcfw.
- El ritmo de rehidratación de bellotas es similar en bellotas almacenadas a baja y óptima humedad (aprox. 0’5%mc/día).
- Rehidratar a 4ºC es un poco más lento que a 20ºC.
- Nos da información sobre cómo debemos pregerminar las bellotas antes de sembrarlas en campo. Esto es, cuánto tiempo de pregerminación necesitan para empezar a germinar, dependiendo del contenido de humedad que tengan las bellotas durante el almacenamiento. Más adelante profundizaremos en esto. Por ahora decir que la siembra en campo que consideramos ideal es aquella en que las bellotas se siembran muy cerca del 44%mcfw, e, independientemente del estado de las bellotas durante el almacenamiento, deberíamos lograrlo, si no, tendremos el problema que exponemos en el siguiente apartado.

7. Germinación de bellotas en campo

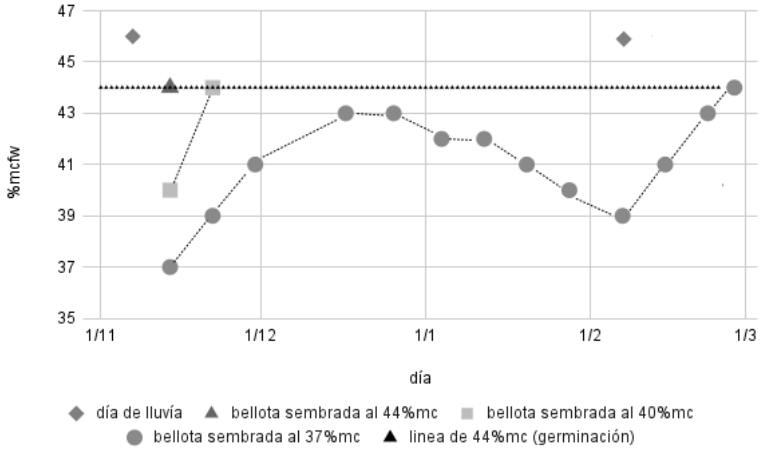


Gráfico 6. Gráfico hipotético de la dinámica de la hidratación de las bellotas sembradas en campo a diferentes %mcfw, con dos eventos de lluvia, en noviembre y en febrero.

Dependiendo de las lluvias, la exposición del suelo, las nodrizas y la humedad inicial de las bellotas, es posible que las bellotas sembradas no alcancen rápidamente el 44%mc necesario para germinar.

Las bellotas sembradas a más del 40%mc alcanzarán rápido el 44%mc. También podrían sembrarse al 44% si se realiza un tratamiento germinativo antes de la siembra.

Las bellotas sembradas al 37%mcfw no consiguen germinar con la primera lluvia. Antes de alcanzar el 44%mc empiezan a secarse de nuevo (debido a que el suelo superficial se va secando). Cuando en febrero vuelve a llover, estas semillas se rehidratan y llegan en marzo al 44%mc.

Así, si tenemos bellotas almacenadas con bajo %mc y se siembran en ese estado, no podremos asegurar la germinación inmediata. Estas bellotas estarán expuestas al ritmo de deshidratación del suelo, de manera que es probable que las bellotas no lleguen a germinar y vuelvan a secarse. Este es un problema típico en los pequeños proyectos de reforestación. No almacenan óptimamente las bellotas y éstas se encuentran en un nivel muy bajo de %mcfw en el momento de sembrarlas. Aunque se las tenga 2 días a remojo, seguirán teniendo un nivel bajo de %mcfw y tardarán mucho tiempo en germinar.

Es importante asegurar la germinación inmediata tras la siembra para que la raíz de la bellota empiece a profundizar lo antes posible antes del verano. En el caso hipotético mostrado, las bellotas con bajo contenido de humedad podrían haber empezado a desarrollar la raíz en noviembre, pero al no alcanzar el 44%mcfw, esperarán a las lluvias de febrero para hacerlo.

Las bellotas sembradas a más de 40%mc pueden sembrarse a poca profundidad (3 cm), ya que rápidamente germinarán (si el suelo se seca superficialmente no será un problema porque la raíz ya habrá profundizado). Las sembradas al 37%mc deberían sembrarse a 6 cm de profundidad, para intentar mantener la humedad del suelo alrededor de la bellota hasta que pueda rehidratarse completamente y lograr germinar. Cuanto más profundo se

siembren las bellotas, menos aire tendrán y se lentifica aún más la germinación. Popularmente se pisa y aprieta el hoyo donde se han sembrado bellotas, para que el suelo se seque menos, aunque la respiración disminuya.

8. Emergencia de bellotas en campo

La germinación ocurre cuando la raíz rompe la cubierta y empieza a elongarse.
La emergencia ocurre cuando vemos el tallo asomarse por encima del suelo.
Las bellotas tienen germinación hipogea, esto es, el interior de la bellota no se convierte en los primeros cotiledones, sino que de la bellota surge la raíz hacia abajo y el tallo hacia arriba. La bellota se queda bajo el suelo enganchada a la planta durante 1-2 años.

¿Cuándo ocurre la germinación y cuándo la emergencia?

Germinación y emergencia de Q. ilex tras una siembra en campo con bellotas pregerminadas cerca del 44%mcfw (ensayos de Semillistas):

	semanas del 1º mes tras la siembra								
Siembras	**1s**	**2s**	**3s**	**4s**	**2º mes**	**3º mes**	**4º mes**	**5º mes**	**6º mes**
a 10-20ºC	Germinación		Emergencia						
a finales de febrero a 1100 mts	Germinación				Emergencia				
en diciembre a 1600 mts	Germinación								Emergencia

Aunque la emergencia sea tardía, la raíz se desarrolla desde el primer momento tras la siembra, aunque a diferente velocidad dependiendo de la Tª.

Cuanto más frío, el tiempo necesario para completar la germinación aumenta, la velocidad de crecimiento de la raíz disminuye y la emergencia se retrasa.

No parece relevante el momento de la emergencia para la supervivencia tras el primer verano. Las bellotas sembradas en diciembre y que emergieron en junio, tuvieron una supervivencia del 88% tras el verano.

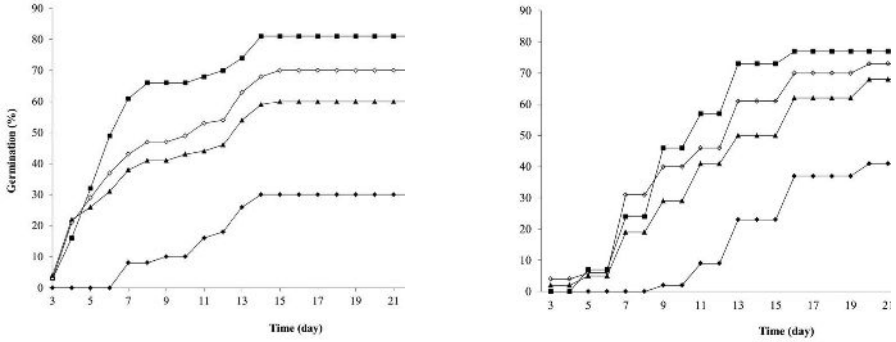
Detallitos:

- ¿Por qué las bellotas sembradas a 10-20ºC tardan 2 semanas en completar la germinación si se siembran cerca del 44%mcfw? Las bellotas de un mismo lote no tienen el mismo %mcfw. Unas tendrán un valor menor que la media y otras un valor mayor. Así, sembrar cerca del 44%mcfw asegura que gran parte de las bellotas podrá germinar en unos pocos días tras la siembra. Pero otra parte, con %mcfw menor que la media del lote, tardarán algo más en alcanzar el 44%mcfw.

- En zonas de mucho frío (como la siembra en diciembre a 1600 mts), las siembras pueden retrasarse para cuando las temperaturas aumenten o cuando el suelo se descongele. En nuestro caso, se sembraron antes de las heladas, y el suelo se congeló de enero a marzo. La germinación de estas bellotas fue menor (50%) que

las bellotas sembradas a 1100 mts en febrero (65%). Esto podría deberse a daños en las bellotas debido a las fuertes heladas.

9. Germinación de bellotas en laboratorio



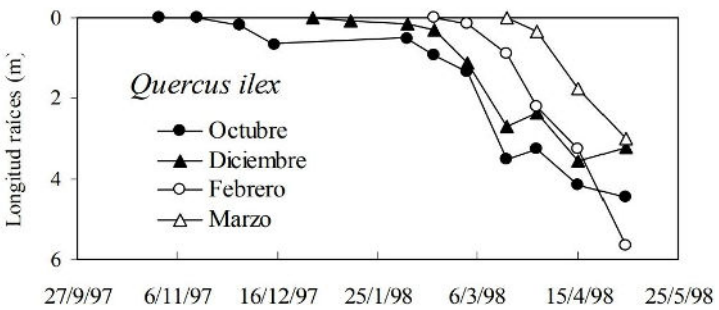
Germinación a 20ºC Germinación a 10-20ºC

Gráfico 7. Germinación tras cosecha (Caliskan, 2014)

Las distintas líneas de germinación corresponden a diferentes procedencias geográficas. La germinación a 10ºC por la noche y 20ºC por el día, es un poco más lenta (2-3 días) que a 20ºC. Por debajo de 10ºC las bellotas germinan más lentas, pero sobre todo, una vez han germinado la raíz crece muy despacio.

Si las bellotas están cerca del 44%mcfw cuando se siembran en un sustrato húmedo a 20ºC, la germinación es rápida y se completa (en todas las bellotas) en menos de 2 semanas.

10. Crecimiento de la raíz



Utilizando plantones (*Corchero, 2002*):
El gráfico 8 se refiere al crecimiento de raíces (suma de la longitud de raíces cortas de cada plantón) desde un plantón trasplantado en la fecha indicada. Se observa que hasta marzo apenas crecen las raíces.

Utilizando bellota directamente en un contenedor largo (*Pemán, 2008*):
En una siembra de bellotas, cerca del 44%mcfw, en contenedor de 1 m de profundidad, la raíz supera los 30 cm al mes de siembra, los 60 cm a los dos meses y más de 1 m antes de llegar el verano. Durante el verano no deja de crecer la raíz, aunque muy lentamente. Este estudio no muestra los datos de la temperatura del ensayo.

No tenemos datos académicos concluyentes sobre el efecto de la fecha de siembra en el desarrollo radícular. La recomendación es sembrar en campo aunque el tiempo sea frío (« 5ºC). La raíz se desarrollará lentamente a la espera de la primavera.

11. Tratamientos pregerminativos

En función del estado de las bellotas durante el almacenamiento será necesario hacer alguno de los siguientes tratamientos pregerminativos, con el objetivo de sembrar en campo bellotas que estén lo más cerca posible del 44%mcfw.

La secuencia de trabajo será:

1. tenemos bellotas almacenadas a %mcfw conocido.
2. en función de cuando queramos sembrar, se saca una cantidad de bellotas del almacenamiento y se le realiza su tratamiento pregerminativo.
3. cuando acabe el tratamiento pregerminativo se siembran las bellotas en campo.

Tabla de tratamientos pregerminativos recomendados en función del %mcfw durante el almacenamiento:

bellotas almacenadas	**tratamiento recomendado**
42%mcfw	2 días de remojo a 4 ó 20ºC
40%mcfw	- 7 días en sustrato húmedo a 15-20ºC - EF 4ºC durante 10-15 días - 4 días de remojo a 4ºC
38%mcfw	EF 4ºC durante 20-30 días
36%mcfw	EF 4ºC durante 30-40 días
34%mcfw	EF 4ºC durante 50 días, poco rentable por la pérdida de viabilidad

Más de dos días de remojo es contraproducente para la bellota ya que no puede respirar y se promueve fermentación anaerobia. A partir de 2 días de remojo, si se quiere seguir hidratando las bellotas hay que introducirlas en un sustrato húmedo (a 20ºC o 4ºC). En 2024 queremos estudiar el efecto de mantener las bellotas a remojo más de 2 días, a diferentes temperaturas (4 y 20ºC) y con/sin aireación del remojo (con bomba de aire).

Algunas bellotas durante el almacenamiento habrán sido casa de gusanos (aunque hayamos retirado las flotantes antes de almacenarlas; en ese momento el gusano apenas había comido o estaba en estado de larva todavía, por eso no flotaba la bellota). Por tanto, es necesario poner las bellotas en agua tras almacenamiento y retirar las flotantes. Estas flotantes podrían germinar y dependerá del gusto de cada cuál si usarlas (no germinarán todas debido a que parte de ellas tendrán el embrión comido y tienen menos nutrientes).

Al sacar las bellotas del almacenamiento es muy probable que necesite una desinfección de lejía (10% 15 min) ya que el culo de algunas bellotas habrá desarrollado hongos. Se pueden cortar algunas bellotas para ver si los hongos han llegado al endospermo o si se han quedado en la testa. Es posible que en las bellotas de bajo %mc de almacenamiento hayan traspasado los hongos. Además, al cortar las bellotas veremos si mantienen un color blanco (» 40%mcfw) o se han amarilleado y se han oscurecido partes (« 40%mcfw). Observar las imágenes del anexo.

En caso de realizar un tratamiento pregerminativo largo (y se observe desarrollo de hongos), se puede realizar otra desinfección antes de sembrar. En el caso no deseable de que las raíces ya han salido (por su delicadeza al transportarlas y sembrarlas), la desinfección se puede hacer igualmente (reducir al 5% 10 min y aclarar bien). Igualmente, si se observa un desarrollo alto de hongos se recomienda lavar frotando las bellotas y desinfectar con más potencia (hasta 20% lejía 30 min).

Se prefiere la EF (4ºC) para promover la germinación en las bellotas de bajo %mc (es decir, hacer que las semillas alcancen el 44%mcfw). Si se introducen las bellotas en sustrato húmedo a 20ºC para hidratarlas, hay riesgo de proliferación de microorganismos, si el tiempo a 20ºC es largo o si no se han cuidado detalles de desinfección de sustrato, recipiente, bellotas y agua. A 4ºC es más seguro.

Para realizar una EF se necesita utilizar un volumen 3 veces mayor de sustrato que el de bellotas. La humedad del sustrato tendrá que estar a capacidad de campo (60% de la humedad de saturación del sustrato aprox o prueba del puño).

La logística de las siembras de una organización debe tener en cuenta que se necesitará un tiempo para hacer la EF de las bellotas. Si llueve lo suficiente y se puede sembrar, las dos primeras semanas se puede empezar a sembrar con las bellotas que tengan en el almacenamiento el %mcfw cercano al óptimo (con un remojo). Las bellotas almacenadas con bajo %mcfw se pueden poner en EF en el momento de la lluvia y sembrarlas 3-4 semanas más tarde.

En resumen, es necesario saber a qué contenido de humedad se encuentran las bellotas para elegir el tratamiento pregerminativo que más se ajuste a nuestro caso. Para este tratamiento se prefiere un remojo en agua o una EF a 4ºC con sustrato húmedo.

12. La fecha de siembra

Las bellotas de Q. ilex se recogen en noviembre (octubre y diciembre también, dependiendo de altitud, Tª, etc).

Las siembras se pueden realizar desde la cosecha hasta una fecha que depende de la altitud (es decir, de la Tª media). Dicho de otra manera, cuanto antes empiece el verano a una altitud, antes debería sembrarse. Para hacerse una idea, las siembras se realizan:

- 0 - 300 m.s.n.m. : entre noviembre y diciembre
- 300 - 800 m.s.n.m. : entre noviembre y enero
- 800 - 1200 m.s.n.m. : entre noviembre y febrero
- 1200 - 1600 m.s.n.m. : entre febrero y marzo (cuando se descongele el suelo)

Cuanto antes se siembre, mejor desarrollada estará la raíz para afrontar el verano (el verano llega antes a menor altitud). Si la Tª media es menor de 5-10ºC la raíz crece muy lentamente, y se puede retrasar la siembra.

Pero la fecha de siembra depende de las lluvias. Siempre hay que sembrar con suelo húmedo en profundidad. Necesitamos almacenar correctamente las bellotas hasta las buenas lluvias. Esta es la clave en ecosistemas mediterráneos de lluvias esporádicas. Hasta que el suelo no tenga humedad suficiente para que la bellota pueda hacer crecer su raíz hacia la profundidad, es muy arriesgado sembrar (ya que no sabemos cuando volverá a llover). La bellota podrá germinar, pero si no ha llovido suficiente, no podrá penetrar profundamente en el suelo. Dependiendo del tipo de suelo, altitud, fecha, et, harán falta unos 100 litros de lluvia lenta, como mínimo.

Si el suelo está muy expuesto (falta de vegetación), tiene orientación sur, está a poca altitud o es muy arenoso, éste se secará rápido en superficie. Hay que sembrar en estos casos lo antes posible después de las lluvias. Una vez haya germinado, la raíz profundizará aunque superficialmente el suelo esté seco.

13. Cálculo del contenido de humedad en semillas

Vamos a explicar primero el cálculo del %mc en cualquier semilla y en el siguiente capítulo hablaremos de las bellotas. Recomendamos jugar un poco con estos procedimientos, antes de tener la urgencia y necesidad. Podéis probar con las lentejas que tengáis en casa.

Estamos realizando medidas precisas. Si una semilla se pierde, si un trocito de bellota se extravía, las mediciones saldrán alteradas. Se requiere orden y atención. Con una hoja de cálculo podemos ahorrarnos tiempo.

Ejemplo de juego con cálculos de %mcfw de un conjunto de semillas:

- tenemos un conjunto de semillas en una bolsa plástica. Hemos calculado su %mcfw con un grupo reducido de semillas, por ejemplo %mcfw = 9%. Esto lo hacemos con el método de microondas (capítulo 16) o en un horno a 103ºC durante 17 horas.
- podemos coger otro grupo de semillas de la bolsa y ver cómo aumenta su %mc si lo ponemos a remojo o si lo dejamos al aire.
- en el momento de sacar ese grupo de semillas de la bolsa su %mcfw es 9%. Medimos su peso fresco en ese momento, con las fórmulas del capítulo 3, Pfresco1=2,5 gr. Sabiendo esto, podemos calcular el peso seco de ese grupo de semillas (Pseco = 2,275 gr). El peso seco permanecerá constante mientras las semillas se hidratan o cogen humedad del aire.
- Introducimos las semillas en agua.
- Cada cierto tiempo podemos pesar el grupo de semillas y calcular el nuevo %mcfw. Por ejemplo, a las 2h del remojo, después de secar las semillas superficialmente con una toalla de papel, se pesan (Pfresco2 = 2,6 gr). Y se calcula el nuevo %mcfw, ya que sabemos el Psico que tienen (%mcfw=12,5%).

Resumen:

- medimos el %mcfw de la bolsa almacenada ---» 9%mcfw
- pesamos una muestra ---» Pfresco1 = 2,5 gr
- calculamos el peso seco de la muestra ---» Pseco = 2,5*(1-9/100) = 2,275 gr
- después de hidratar 2 horas la muestra, pesamos el nuevo peso fresco ---» Pfresco2 = 2,6 gr
- calculamos el %mc nuevo de la muestra ---» %mcfw = (2,6-2,275)/2,6*100=12,5%

Detallitos:

- Para el cálculo, tanto del %mcfw en microondas o horno, cómo el seguimiento del %mcfw de unas semillas a remojo, es prudente realizar varias réplicas, para prevenir errores y averiguar el grado de desviación de la media que tenemos.
- Si la muestra de la que queremos hacer un seguimiento de su %mcfw, la ponemos a germinar y entra en fase II, la respiración de la semilla (consumo de azúcares) hará que el peso seco de las semillas disminuya con el tiempo y no podremos utilizar el método anterior para hallar el valor del nuevo %mcfw después de varios días en fase II. Esto depende de la precisión que tengamos y del ritmo de respiración de cada especie. En una semilla pequeña, tipo pino, el error que introducimos en el cálculo del %mcfw tras 5 días en fase II, si utilizamos el peso seco inicial de las semillas, es del orden de 0,5%mcfw.

14. La medición de %mcfw de las bellotas

Para medir el %mcfw de las bellotas se pueden seguir varias estrategias, dependiendo de cuándo calculemos el %mc. Además, podemos calcular en microondas el %mcfw de todas las bellotas juntas o se puede calcular el %mcfw de cada bellota por separado (así tendremos una idea de la variabilidad de %mc del conjunto de bellotas cosechadas). Si hacemos la medición del %mcfw con bellotas por separado, podremos calcular la media y la desviación estándar de cada lote.

Medición del %mcfw (estrategia 1):

- tras la cosecha tenemos las bellotas por lotes (de cada árbol por separado o juntas por grado de maduración).
- limpiar de restos de hoja y cúpula de cada saco de bellotas.
- desinfectar con lejía las bellotas.
- extender las bellotas para secado (al sol no!!) y esperar a que sequen superficialmente (ventilador y remover las bellotas)
- separar 2 grupos de 10 bellotas (G1 y G2) y secarlas superficialmente si quedan restos de agua.
- pesar G1 (PFG1) y dejar secándose junto a las bellotas extendidas (que no se mezclen).
- calcular el %mcfw de las otras 10 bellotas (G2) en microondas o horno (todas juntas o por separado). Obtenemos la media para el siguiente paso.
- suponemos que la media del %mcfw de G1 y G2 al inicio era la misma, así que ya podemos calcular el peso seco de G1 (del conjunto de bellotas) y calcular así el %mcfw mientras se secan:
  - el %mc de G1 será el mismo que en G2 ---» %mcfwG2 = %mcfwG1
  - calculamos el peso seco de G1 ---» PSG1 = PFG1 * (1 - %mcfwG2 / 100)
  - a intervalos de tiempo, pesamos las bellotas G1 ----» PFG1nuevo
  y calculamos el nuevo %mcfw---»%mcfw = (PFG1nuevo - PSG1) / PFG1nuevo * 100
- cuando G1 tenga el %mcfw adecuado, se almacenan en bolsas de PE a 4ºC (al almacenar las bellotas deben estar secas superficialmente, sin restos de agua).

La medición en microondas es rápida, se puede hacer mientras las bellotas están extendidas secándose superficialmente.

Estrategia 2:
Se evitan sorpresas si nada más recibir las bellotas de la cosecha se calcula el %mcfw. Así, al día siguiente, cuando se proceda a la limpieza, ya tenemos datos para tomar decisiones. Se pueden dar estas casuísticas:

- el %mcfw es superior al 42’5%: se procede como explica la estrategia 1.
- el %mcfw está entre 40% y 42%: se procede como anteriormente, pero no es necesario calcular %mcfw nuevamente. Inmediatamente después de que las bellotas extendidas se sequen superficialmente tras la desinfección, se embolsan. El secado superficial debe estar completo. Ya que las bellotas extendidas pierden 1,5%mc al día, darles unas pocas horas de secado para asegurarse que superficialmente están bien secas.

- el %mcfw está entre el 36% y el 40%: las bellotas no podrán almacenarse óptimamente. Se procede como el caso “entre 40 y 42%”. Al recibir estas bellotas de la cosecha, podemos almacenarlas bien tapadas con plástico para evitar que se sequen más. Si es poca cantidad, mejor embolsar y meter en la nevera.
- el %mcfw es menor del 36%: a no ser que sean las únicas bellotas que tengamos cosechadas, recomiendo descartar estas bellotas. En caso de preferir almacenarlas, proceder como en el caso “entre 36 y 40%”.

Al haber realizado un seguimiento del %mcfw sabremos a qué %mcfw hemos almacenado las bellotas. Podemos realizar una medida de seguridad, volviendo a medir el %mcfw unas dos semanas después de iniciar el almacenamiento. Con este dato asegurado podremos elegir cómo pregerminamos las bellotas para sembrarlas en campo.

15. Obtención rápida del peso seco de una muestra de bellotas con horno microondas

Método de Leslie F. Backer (Backer, 1987):

1. En primer lugar, seque una toalla de papel. (La cantidad de humedad en la toalla de papel es muy pequeña y no supondrá una gran diferencia si no se realiza este paso).

2. Pesar la toalla de papel con una balanza y anotar su peso (Ppapel)

3. Con la toalla sobre la balanza, poner la/s bellotas sobre la balanza y anotar el peso (Pfresco). Mirar capítulo 17 para elección de báscula.

4. Cortar la bellota en rodajas de 2-3mm, cuidando que ningún pequeño trozo se pierda. Este paso sólo es para semillas grandes, como las bellotas.

5. Coloca la toalla y los trozos de bellota en el horno microondas.

6. Caliente en el microondas durante intervalos de cuatro minutos. Cada cuatro minutos; saque la muestra y pésela. Cuando la diferencia de peso sea pequeña, empiece a pesar a intervalos de dos minutos hasta que no haya ningún cambio de peso. La falta de peso indica que se ha eliminado la humedad (Pfinal)

7. Si se realizan varias mediciones seguidas en el microondas, compruebe si la bandeja de vidrio del microondas se está calentando. Si es así, deje que la bandeja se enfríe antes de realizar otra prueba. Si una muestra empieza a humear o aparece carbonizada, inicie otra prueba (con el microondas a menos potencia) después de que el microondas y la bandeja se enfríen.

8. Calcule:

- el peso seco: Pseco= Pfinal - Ppapel.
- el %mc fw = (Pfresco-Pseco)/Pfresco * 100

El método preferido para calcular el %mcfw es utilizando un horno de precisión para mantener las bellotas a trozos a 103ºC ± 2ºC durante 17h. Durante 2024, desde Semillistas sacaremos a la luz la documentación necesaria para transformar un horno de cocina doméstico en un horno de precisión de laboratorio.

16. Elección de la báscula

Las básculas pueden adquirirse con diferentes grados de precisión, coste y fiabilidad. Desde 0,1 mg con calibración manual a 1000€, hasta 1 mg sin calibración a 20€. Para el uso en un proyecto de reforestación podemos optar por las básculas baratas, pero tendremos que tener en cuenta el error que introducen, que depende, además de su precisión, del peso de la muestra.

Para hacerse una idea, mostramos unos ejemplos de errores, en función de la cantidad de semilla pesada y la precisión de la báscula:

PF (gramos)	báscula (gramos)	error máximo del %mcfw	PF (gramos)	báscula (gramos)	error máximo del %mcfw	PF (gramos)	báscula (gramos)	error máximo del %mcfw	PF (gramos)	báscula (gramos)	error máximo del %mcfw
0,1	0,0001	-0,2282	1	0,0001	-0,0228	5	0,0001	-0,0046	25	0,0001	-0,0009
0,1	0,001	-2,3030	1	0,001	-0,2282	5	0,001	-0,0456	25	0,001	-0,0091
0,1	0,01	-25,3333	1	0,01	-2,3030	5	0,01	-0,4569	25	0,01	-0,0912

Una bellota pesa entre 2 y 10 gramos. Si pesamos bellotas individualmente necesitaremos una báscula 0,001 g. Si pesamos un conjunto de bellotas, con una precisión de 0,01 g será suficiente.

En el mercado chino hay básculas de 0,001 g que miden hasta 50 g máx y otras de 0,01 g que miden hasta 300 g. Ambas rondan lo 20-30€. Aunque estas básculas no tienen calibración manual, para el uso en el ajuste de la humedad de las bellotas no necesitamos más. En todo caso, para ganar precisión, antes de ir a las básculas más caras, podemos comprar pesas de precisión para saber el error que están introduciendo nuestras básculas baratas.

17. Elección del micrositio de siembra

Qué es una nodriza
La nodriza ideal para cada especie (Quercus ilex: retama = 60% de luz)

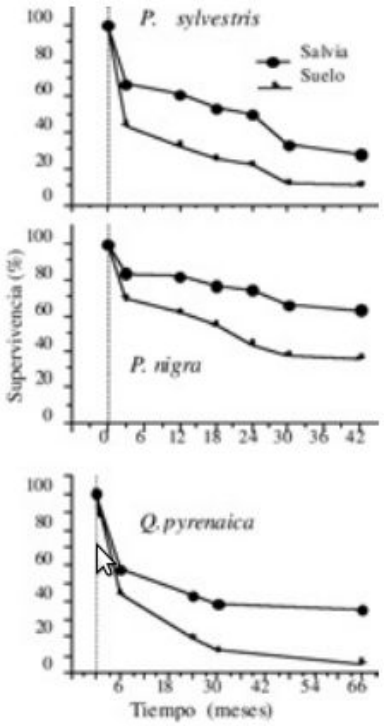


Figura 1. Porcentaje de supervivencia de los plantones de Pinus sylvestris, P. nigra y Q. pyrenaica bajo matorral (Salvia) frente a la técnica tradicional (Suelo) a lo largo del periodo de muestreo (cuatro años para P. sylvestris y P. nigra; seis años para Q. pyrenaica

"La supervivencia de los plantones también dependió de la planta nodriza. El efecto varió desde un elevado incremento de la supervivencia bajo leguminosas y matas (d+=1,74 y d+=0,98, respectivamente), hasta un efecto negativo de las cistáceas (d+=-1,52), único grupo que no favoreció la supervivencia de los plantones. En cuanto a los gradientes ambientales, la facilitación por los matorrales fue mayor a baja altitud (d+=1,90) que en cotas altas (d+=0,80), mayor en la solana (d+=1,52) que en la umbría (d+=0,90), y mayor en los años secos que en el año lluvioso." (texto y Figura 1 de Castro 2004).

El lado norte de las nodrizas.
Las zonas no tocadas del monte (p.e. 1m² de aulagas secas semiaplastadas, el mulch de debajo de un romero…) son zonas sin movimiento de jabalís y cabras.

Las zanjas de infiltración. Zonas con pendiente, arcillosas…

18.- Predación por ratones y jabalís

Ecología

La dispersión de bellotas por ratones. (Muñoz 2011), (Sunyer 2015), (Sunyer 2016), (Villalobos 2020), (Gomez 2002)

La historia de la interacción entre el curculio y el ratón. (Perea 2012)

La dispersión de esporas por parte de jabalís.

El olor de las bellotas (Engman 2020). Volátiles para llamar microorganismos. 2 años de vida de una bellota tras la germinación.

Restauración

Muestreo de existencia de ratones y jabalís.
Fecha del muestreo. Ciclos anuales del ratón.
El hambre en los años de poca lluvia.

Formas de frenar ratones y jabalís:

- físicas.
  - comportamiento de ratón y jabalís: protector de Reque (Reque 2015) (Foto 2). Lenta construcción. No requiere extraer el protector posteriormente.
    - la memoría del jabalí y la no memoría del ratón
    - el primer intento del ratón y la insistencia del jabalí

  - solución semillistas para ratones. Materiales baratos (0,3€/unid), lenta instalación, cuidados posteriores (requiere extraer el protector posteriormente).

  - seed shelter (Foto 3). Patente UGR. Material no biodegradable, una única empresa tiene los derechos (0,43€/unid), preparación previa, fácil instalación, no requiere extraer el protector posteriormente.. (Castro 2015)

  - piornos (Foto 4). En experimentación en Semillistas. Requiere seed shelter. Relativa fácil instalación (pincha una mijilla-utilizar protectores). Creemos que si se instala bien metido sin romper el piorno, el jabalí no querrá molestar su hocico con los pinchos del piorno.

  - pastor eléctrico para jabalís. El truco de los señuelos (Foto 1). Coste de instalación y mantenimiento. Estamos estudiando cuánto tiempo hay que dejar el pastor activo hasta que los jabalís se desinteresen por las bellotas. Utilizamos un sensor del voltaje del pastor, conectado a internet, para actuar rápido y reducir en costos de mantenimiento (Fence alarm. Luda.Farm).

Gráfica costes:

% supervivencia respecto del nº de semillas sembradas.
Costes de implantación = coste total de siembras en Sierra Lujar a pie de carretera a 1-2h de viaje ida/vuelta
coste total = operativos + organizativos
línea azul-pastor : pastor eléctrico, seed shelter, monitoreo remoto comercial
línea roja- pastor our tech: pastor eléctrico (normativa CE), nuestro protector de ratones y nuestro monitoreo remoto.
línea amarilla-sin pastor : caso piornos. seed shelter.

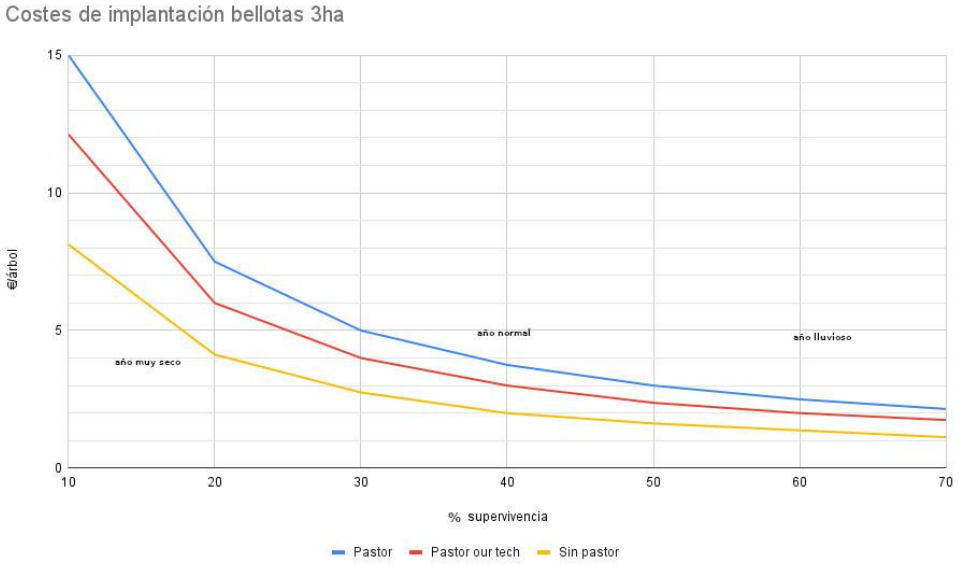


Gráfico para el caso de Sierra Lujar entre 1000 y 1600 mts

- repelentes. Sin ninguna solución a nivel académico todavía.
  - difícil introducción en la bellota. Rompen las bolas con repelente y acceden a la bellota.
  - tóxicos. Cuidado con adelfa, torvisco…
  - cayena. Capsaicina. (Villalobos 2019)

    Disminución de la germinación.
    Las experiencias de semillistas.

Otras posibles opciones:

- Observación de los movimientos de las poblaciones de jabalís y rastreo de zonas sin ratones. Muy arriesgado.
- lana de acero para ratones.
- ¿Podemos hacer algo para eliminar un olor durante 2 años? ¿carbón?

Hacia el futuro:

- ¿Cómo aprovechar que un ratón puede comer la bellota (por ejemplo tras el primer verano de la plántula) y así el jabalí ya no actuará?
- Seed shelter con material biodegradable.

19. Pequeña introducción al uso de microorganismos en la restauración forestal

20. Estudios de siembra directa y plantación de Quercus

Antes de empezar a hablar sobre la germinación de bellotas, vamos a dar un repaso a diversos estudios que muestran la efectividad de la siembra directa de bellotas.

- EXPERIENCIA DE REGENERACIÓN DE ENCINAR EN LA SIERRA NORTE DE SEVILLA. (Tejeiro, 2004).

	Mes 0	Mes 8	Mes 16	Mes 41
Bellotas	100	41,07	38,39	29,91
1 savia	100	34,82	27,68	18,30
2 savias	100	28,57	14,73	8,48

Supervivencia de 288 semillas o plántulas tras X meses tras siembra o plantación. El mes 0 corresponde a noviembre y se sembró sobre suelo desnudo de vegetación.
Dehesa en Sevilla a 300 m.s.n.m. Cavado manual. Sin riego en verano.
Hay que interpretar bien los datos. Las bellotas vivas el mes 8 corresponden a las que realmente germinaron y por tanto la supervivencia a los 41 meses es 29,9% respecto a las semillas sembradas, pero un 78,8% respecto a las que realmente germinaron. En cambio, en el caso de plantación a 1 savia, al mes 8 sólo sobrevivían el 34%, o 18% al mes 41. Es decir si comparamos la supervivencia real (semillas germinadas/plantas vivas a los 41 meses y plantas 1 savia plantadas/plantas vivas a los 41 meses) tendremos una supervivencia de 78,8% y 18,3%, respectivamente.

- SIEMBRAS PROFUNDAS CON AYUDA DE TUBOS PROTECTORES. RESULTADOS DE ENSAYOS COMPARATIVOS DE SIEMBRAS Y PLANTACIONES BAJO CONDICIONES ÁRIDAS EN VÉLEZ-RUBIO. (EGAÑA, 1997)

	6 + 9 cm + tubo	**6 cm + tubo**	**6cm sin tubo**
siembra	56%	13%	0%
plantación	51%	14%	4%

Siembra en Vélez Rubio a 1000 m.s.n.m. Pendiente 20%, orientación oeste. Subsolado a 50 cm. Sin riego. En cuadro indica la supervivencia a 1 año. El año de estudio sólo llovieron 100 litros en octubre. Se sembró en enero sobre suelo desnudo.
La siembra profunda (primera columna) se realiza a 9 cm bajo la superficie del suelo (se realiza un hoyo de 9 cm y a partir de ahí se siembran a 6 cm bajo este nuevo nivel del suelo).
Al igual que el ejemplo anterior, hay que tener en cuenta que no todas las semillas germinaron y el % de supervivencia mostrado es en relación al total de bellotas sembradas, no a las bellotas que sí lograron germinar.
La baja supervivencia de las siembras no profundas (13%) se debe, probablemente, a la no germinación debido a un suelo demasiado seco en el momento de la siembra.

Del mismo modo, la alta supervivencia de las siembras profundas puede ser debido a alta germinación (a esa profundidad sí había humedad para completar la germinación), más que una alta supervivencia de las plantas que sí germinaron.
Es importante saber a qué se refiere el % de supervivencia para un buen análisis de datos.

21. %mcfw bellotas en la cosecha

Para finalizar, una tentativa….

Se deben recoger del árbol (no del suelo) y que todas las bellotas estén maduras (con poco verde y mucho marrón, así nos aseguramos que ya han bajado del 44%mcfw) (en Semillistas este año estamos estudiando hasta qué punto se pueden recoger bellotas verdes). El momento de la cosecha es crítico, cuando están maduras caen del árbol. Cada árbol tiene un momento de maduración diferente, y es importante recoger bellotas de árboles de distintas fechas de maduración (variabilidad genética del momento de la floración).

El objetivo de este apartado es comprender mejor en qué estado están las bellotas en el momento de la cosecha, para decidir mejor la forma de almacenamiento. La variabilidad genética de cada encina lleva a una gran disparidad de casos posibles en la maduración de las bellotas. En este apartado analizaremos algunos casos para facilitar la comprensión de esta variabilidad y así que cada proyecto pueda tomar sus propias decisiones.

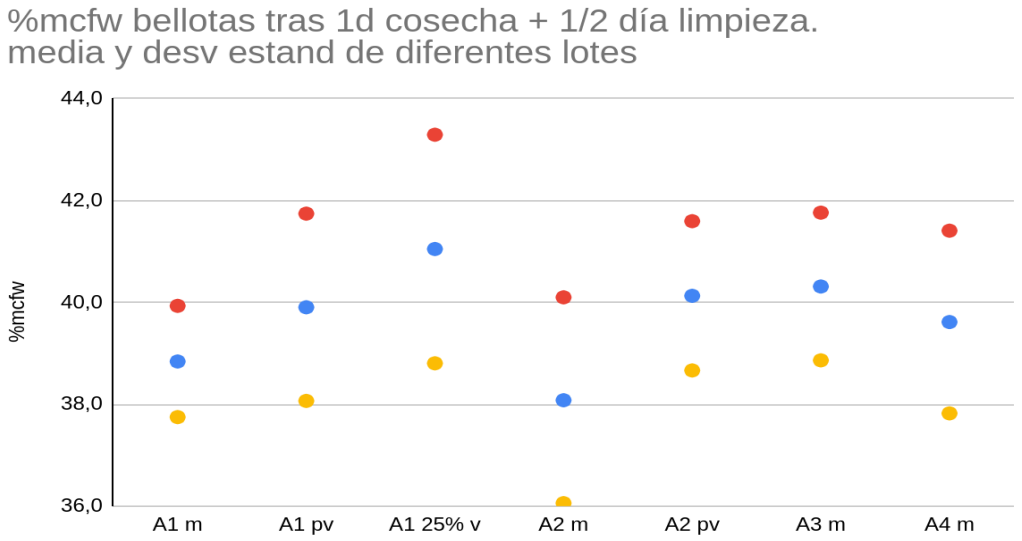


Gráfico 9. Media (azul) y desviación estándar (rojo-amarillo) del %mcfw de bellotas tras 1 día desde la cosecha. (Semillistas)

En el gráfico 9, “m”: 100% marrones. “pv”: marrones con punta verde (menos del 10% de la bellota verde). “25% v”: verdes amarronadas con 20 al 30% de la bellota verde. Las bellotas se mantuvieron en sacos de papel a 15-18ºC hasta la limpieza (en todo el proceso del árbol hasta la medición del %mcfw estimamos que no se ha perdido más de 0’5%mc). La cosecha fue a finales de noviembre y durante la cosecha se mezclaron las bellotas de diferentes árboles con características similares de maduración.

Características de cada lote:

A1 50-70% están verdes amarronadas, resto m y pv

A2 95-97% marrones , de las cuales 20-30 % pv (3-5% verdes amarronadas)

A3 100% marrones, muy poco de pv.
A4 15% verdes amarronadas, resto marrones de las cuales (la mitad con pv y 20-30% rajadas)

Se midió el %mcfw de bellotas individuales (justo tras la limpieza), de 10 a 15 bellotas de cada lote, excepto A2pv y A4m, que sólo se midieron 5 bellotas. Se usó una báscula de 0,1 mg de precisión.

El lote A1 tiene bellotas en estados de maduración bastante diferentes. Las bellotas que ya están marrones tienen en torno al 39%mcfw, las de punta verde ~40%mcfw y las que tienen un 25% verde, ~41%mcfw. El lote tenía bellotas verde amarronadas con mayor % de verde, de las que no se midió el %mcfw, pero que sabemos que es mayor (43-48%mcfw). Este caso es el más complejo en la decisión de cuánto dejar las bellotas secar antes del almacenamiento, ya que existe mucha disparidad entre las bellotas del lote. Debido al alto % de bellotas verdes, decidimos dejarlas secar 1 día extendidas y luego almacenarlas. Así, nos aseguramos que la mayoría de las verdes amarronadas han bajado del 44%mcfw, aunque las marrones se queden en 38%mcfw de media.

El lote A2 es más homogéneo. Las marrones tienen 38%mcfw de media, mientras que las de punta verde tienen 40%. Estas bellotas las almacenamos en ese instante.

El lote A3 es más homogéneo todavía. Todas son marrones y se encuentran entre 39% y 42%. Tienen más %mcfw que las del lote A2, debido a que las bellotas marrones del lote A2 llevarían más tiempo en el árbol secándose.

El lote A4 es menos homogéneo. Las que están marrones tienen entre 38% y 41’5%mcfw. Las que tienen punta verde deberían estar 1% por encima (no se midió). Es un lote parecido al A2, pero A4 debe llevar menos tiempo de maduración en el árbol y sus bellotas marrones todavía tienen casi 40%mcfw de media (un indicador de que en el lote A4 las bellotas marrones llevan menos tiempo maduras en el árbol, lo tenemos en que este lote tiene más bellotas verdes amarronadas que el A2). Se las dejó secar unas 8 horas extendidas para que las de punta verde bajaran un poco su humedad.

Conclusiones:

- Cada árbol tendrá bellotas dentro de un margen de contenido de humedad diferente, dependiendo de su estado de maduración.
- Si la mayoría de las bellotas ya están marrones, no sabremos el tiempo que llevan así en el árbol y podrán tener un %mcfw del 36% al 42%. Si no tenemos el clima seco de Andalucia, es posible que el secado en el árbol, cuando las bellotas ya están marrones, no sea tan acusado.
- Si están marrones, pero hay un alto % de bellotas con punta verde, sabremos que las marrones estarán en torno al 39-40%mcfw y las de punta verde al 40-42%mcfw.
- Si en la cosecha hay un alto % de verdes amarronadas, el contenido de humedad de estas bellotas estará por encima del 42-44%mcfw, aunque las bellotas que ya estén marrones habrán bajado al 39-40%mcfw.

Recomendaciones:

- Tras la cosecha, lo más rápido posible, debemos limpiar y calcular el %mcfw para decidir si se secan un poco más o se almacenan.

- Si cosechamos muchos árboles, para reducir el número de lotes que mantendremos separados para el cálculo del %mcfw, durante la cosecha podemos juntar las bellotas que estén en momentos de maduración similar (en función del % de verdes que contengan).
- Si cosechamos pocos árboles, los podemos gestionar por separado, ya que cada uno tendrá un %mcfw dentro de unos límites diferentes.
- No es posible mantener separados los lotes en función del tiempo que lleven marrones en el árbol, ya que no lo sabemos (a no ser que se le haga un seguimiento de su maduración). Si queremos ser muy cautos podríamos no mezclar bellotas marrones de árboles diferentes ya que las bellotas de cada árbol llevarán un tiempo de secado diferente. Esto no es práctico por la carga de trabajo que supone, a no ser que tengamos de cada árbol una cosecha muy abundante.

Vamos a analizar otra cosecha, esta vez a principios de noviembre.

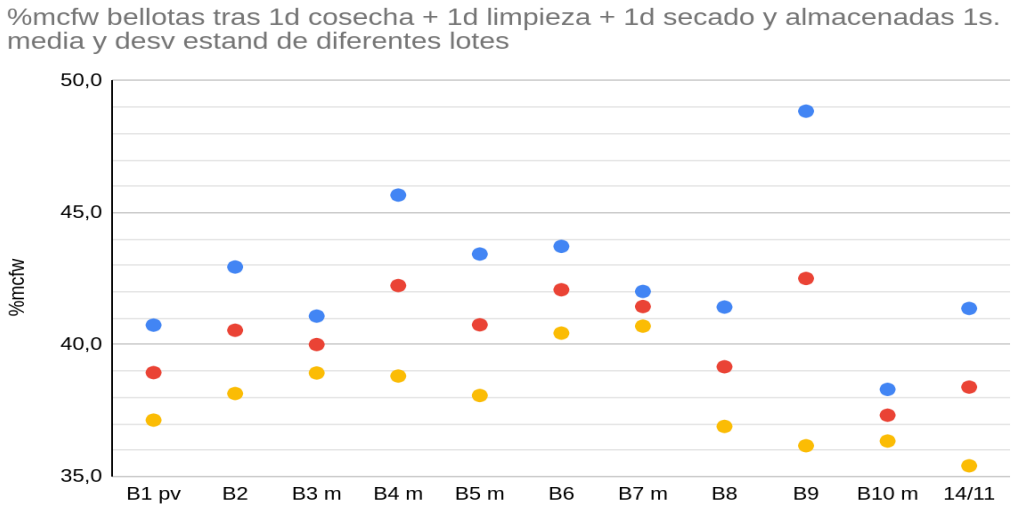


Gráfico 10. Media (rojo) y desviación estándar (azul-amarillo) del %mcfw de bellotas tras cosecha (1 día), limpieza (1 día), secado extendido (1 día) y almacenamiento a 4ºC en bolsas PE (1 semana). (Semillistas)

En los lotes B1 B2 B6 B8 14/10, el 10% de las bellotas son verdes amarronadas, y el 90% marrones o punta verde. Donde indica “m”: el lote tiene casi 100% bellotas marrones. Si indica “pv”: el lote tiene casi todas con puntas verdes. El lote 14/11 tuvo 2 días de secado extendido (por error).

En esta cosecha se mantuvieron las bellotas de cada árbol separadas, sin juntar bellotas que estuvieran en estados similares de maduración. Aunque cada árbol tenía varios pies, suponemos que derivan de la misma bellota original. Se midió el %mcfw de bellotas individuales, entre 5 y 10 bellotas de cada lote. Básculas de 0,1 mg de precisión.

El proceso de limpieza fue lento y no deberían haberse dejado secar 1 día tras la limpieza. Así tendríamos en torno a 1’5%mc mayor en cada lote. Esto sería válido para los lotes B1, B3, B8, B10 y 14/11.

Para poder comparar este gráfico con el anterior, se asumirá que al gráfico 10 le podemos sumar 1,5%mc, ya que las bellotas del gráfico 9 no tuvieron 1 día de secado extendidas.

Podríamos haber juntado con éxito los lotes 100% marrones, B3, B4, B5, B7 (con la excepción de B10, donde sus bellotas llevarían tiempo en árbol, marrones y sin caer). Sin contar con B10 tendríamos bellotas entre el 38 y el 45%mcfw, con una media aproximada del 41'5%mcfw. Sin contar con el secado de 1 día, tendrían de media 43%mcfw. Por tanto el secado de 1 día fue beneficioso para ajustar el contenido de humedad al óptimo para el almacenamiento.

Las bellotas 100% marrones del gráfico 9, A3, tienen 40%mcfw de media. Este % es menor que en las bellotas 100% marrones del gráfico 10 (41,5%mcfw de media), probablemente debido al secado en el árbol sin caer.

Las bellotas B1, B2, B8 y 14/11 con 10% de verdes amarronadas tienen de media 39%mcfw (si el lote 14/11 hubiera tenido sólo un día de secado). El lote de las mismas características B6, tiene %mcfw=42 de media. A excepción de B6, los otros lotes hubieran tenido 40,5%mcfw de media si no se hubieran secado 1 día extendidas. Este % es sólo un poco más bajo que el lote A4 del gráfico 9, lote que tiene características similares a B1, B2, B8 y 14/11. Podríamos haber juntado estos lotes del gráfico 10 durante la cosecha. Al juntar lotes, parece bastante probable acertar con que su %mcfw es similar, pero en los dos casos expuestos hay un lote que marca la excepción.

Indicaciones para elección del tiempo de secado de las bellotas, sin cálculos de %mcfw

Contexto:
Si durante la cosecha se guardan en sacos cerrados que ventilen (papel, rafia, etc), que no les dé el sol, ni el calor y se guardan en lugar fresco (10-15ºC) una noche, perderán sólo 0,2-0,4%mcfw;
si al día siguiente de la cosecha se limpian, desinfectan y extienden para secado superficial, en ese momento (1 días tras cosecha) las bellotas tendrán los siguientes %mcfw:

- en árboles de maduración uniforme.
  - si están marrones estarán entre 38% y 42%mcfw, así que a almacenar rápido.
  - si están verde amarronadas estarán entre 43% y 48%mcfw, y necesitarán 2-3 días de secado (extendidas en interior a 17ºC, cada día 1,5%mcfw de pérdida)

- en árboles de maduración no uniforme.
  - separar los árboles de cosecha en función del %de bellotas que verdean.
  - si verdean más de 65%, necesitará 2-3 días de secado.
  - si verdean menos del 15%, almacenar rápido.
  - grados intermedios, por sensación de cada cual.

(verde amarronadas significa que el lote tiene bellotas desde el 100% verde, hasta el 15% verde. Una bellotas con menos de 15% verde le llamamos punta verde)

22. Bibliografía

Tejeiro, 2004. Studies on holm oak regeneration in Huelva mountains. C.J. Porras Tejeiro, P. Brun Esquiliche, J. Copete Gutiérrez y R. Pérez Méndez.

Egaña, 1997. Siembras profundas con ayuda de tubos protectores. Resultados en ensayos comparativos de siembras y plantaciones bajo condiciones áridas en Vélez-Rubio. C. Carreras Egaña, J. Sánchez Hoyos, P. Reche Pérez, D. Herrero Hinojo, A. Navarro Encinas, J.J. Navío Oliver

Pedro León-Lobos, 2018. Comparison of seed desiccation sensitivity amongst Castanea sativa, Quercus ilex and Q. cerris. Pedro León-Lobos, and Richard H. Ellis

Joët, 2013. Ecological significance of seed desiccation sensitivity in Quercus ilex. Joët, T., Ourcival, J.-M. and Dussert, S.

Amimi, 2020. Variation in seed traits among Mediterranean oaks in Tunisia and their ecological significance. Nabil Amimi, Stéphane Dussert, Virginie Vaissayre, Hana Ghouil.

Sergio Pasquini, 2015. Seed storage in polyethylene bags of a recalcitrant species (Quercus ilex): analysis of some bio-energetic and oxidative parameters. Pasquini, Sergio;Mizzau, Michela; Petrussa, Elisa; Braidot, Enrico; Patui, Sonia; Gorian, Fabio; Lambardi, Maurizio; Vianello, Angelo.

Caliskan, 2014. Germination and seedling growth of holm oak (Quercus ilex L.): effects of provenance, temperature, and radicle pruning. Servet Caliskan

Corchero, 2002. Crecimiento radical en campo de Pinus halepensis y Quercus ilex plantados en diferentes momentos. Silvia Corchero de la Torre, María Gozalo Cano, Pedro Villar Salvador, Juan L. Peñuelas.

Pemán, 2008. ¿SEMBRAR O PLANTAR ENCINAS (QUERCUS ILEX SUBSP. BALLOTA)? IMPLICACIONES DE LA MORFOLOGÍA Y FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA RADICULAR. Jesús Pemán García y Eustaquio Gil Pelegrín.

(Backer, 1987). Use a Microwave Oven to Determine the Moisture Content of Sunflower. Leslie F. Backer and Arnold W. Walz.