



**HAL**  
open science

## Regeneración natural de *Pinus pinaster* Ait.. en bosques de dunas atlánticas: factores ambientales y silvicultura

Maya Gonzalez, Arthur Guignabert, Laurent Augusto, Florian Delerue,  
Francis Maugard

### ► To cite this version:

Maya Gonzalez, Arthur Guignabert, Laurent Augusto, Florian Delerue, Francis Maugard. Regeneración natural de *Pinus pinaster* Ait.. en bosques de dunas atlánticas: factores ambientales y silvicultura. 8° Congreso Forestal Español, Sociedad Española de Ciencias Forestales, Jun 2022, Lleida, España. hal-04643002

**HAL Id: hal-04643002**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04643002v1>**

Submitted on 10 Jul 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



2022  
Lleida

27·1  
junio · juny  
julio · juliol

Cataluña  
Catalunya

## 8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
**Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022**  
**ISBN 978-84-941695-6-4**  
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



## Regeneración natural de *Pinus pinaster* Ait.. en bosques de dunas atlánticas: factores ambientales y silvicultura

GONZALEZ, M.<sup>1</sup>, GUIGNABERT, A.<sup>1</sup>, AUGUSTO, L.<sup>1</sup>, DELERUE, F.<sup>2</sup> y MAUGARD, F.<sup>3</sup>

1. UMR ISPA, Bordeaux Sciences Agro-INRAE, Villenave d'Ornon, France.
2. ENSEGD, Talence, France.
3. Office National des Forêts, Bruges, France.

### Resumen

En los últimos años, en los bosques de las dunas atlánticas en el sur-oeste de Francia, se han observado problemas de regeneración natural del pino marítimo (*Pinus pinaster* Aiton) lo que ha llevado a desarrollar estrategias de manejo forestal adaptadas. En este contexto surgió el proyecto de colaboración ECODUNE entre la oficina nacional de bosques (ONF por sus siglas en francés), investigadores del instituto nacional de investigación agronómica (INRAE, por sus siglas en francés) y de Bordeaux Sciences Agro. Para determinar el proceso de regeneración y los factores potencialmente limitantes, varios dispositivos de observación y de experimentación se han desarrollado. Para tener en cuenta los posibles efectos del cambio climático, estos dispositivos se han focalizado en el estrés hídrico, y las posibles interacciones con el sotobosque. Los resultados sugieren que el efecto de la sequía sobre la supervivencia de las nuevas plántulas está modulado por la presencia de sotobosque, la humedad del suelo y de la micro-topografía de la germinación de las semillas. Además las cortas progresivas mejoraron la supervivencia de las plántulas. En consecuencia, la regeneración natural es un proceso de carácter multifactorial en el que el contexto local juega un papel importante.

### Palabras claves

Regeneración de pinos, facilitación, cortas de regeneración graduales y progresivas, herbivoría, sotobosque.

### 1. Introducción

El establecimiento de nuevos árboles es un paso clave para la dinámica y sostenibilidad de los ecosistemas forestales. En el bosque de pino marítimo de Aquitania, la regeneración natural (mediante la siembra después de la corta) permite preservar la diversidad genética y la capacidad de estos bosques para adaptarse a los cambios climáticos. Esta práctica está en consonancia con la multifuncionalidad del bosque dunar que cumple los objetivos de protección, acogida de público, conservación de la biodiversidad y producción de madera. Desde hace más de quince años, existen importantes dificultades para la regeneración natural en los bosques estatales dunares gestionados por la ONF, y en particular dentro de una zona central del bosque dunar (Maugard & Magnin, 2020).

El proceso de regeneración involucra diferentes etapas del ciclo de vida del árbol durante las cuales varios tipos de interacciones, tanto bióticas como abióticas, pueden llevar a una limitación de estas etapas (Calama et al., 2017). Los primeros pasos que pueden ser limitantes para la renovación son la producción y dispersión de semillas, que permitirán un abastecimiento de semillas de los diferentes sitios y que dependen de las características de los árboles maduros y de las condiciones climáticas. Las siguientes etapas del ciclo de regeneración, la germinación y la supervivencia de las plántulas, dependen de muchos factores abióticos (p.ej., temperatura, humedad, tipo de suelo), pero también de interacciones bióticas (p.ej., competencia, facilitación, herbívora). En particular, la vegetación espontánea que se restablece después de la explotación

silvícola puede tener diferentes tipos de efectos en esta regeneración. Durante los períodos secos, la vegetación cercana puede facilitar la supervivencia de los pinos jóvenes al reducir el estrés hídrico o la radiación solar. Sin embargo, cuando esta vegetación es abundante, también puede ejercer una competencia nociva por los recursos e incluso provocar la muerte de pinos jóvenes. Se conocen otros tipos de interacciones que afectan al establecimiento de especies leñosas en general y al pino marítimo en particular. Por ejemplo, una fuerte presencia de grandes herbívoros podría reducir la probabilidad de reclutamiento de pinos jóvenes, al igual que la presencia de plagas (p. ej., Artrópodos como el escarabajo del pino). Estos procesos ecológicos que pueden afectar el establecimiento del pino marítimo son potencialmente numerosos y ocurren en diferentes etapas de la fase de renovación del rodal. Además, la regeneración natural del pino marítimo ha sido muy poco estudiada dentro de los bosques dunares de Aquitania.

## 2. Objetivos

El objetivo del proyecto EcoDune fue identificar los procesos ecológicos responsables del fracaso de la regeneración en determinados bosques dunares de Aquitania. Usando estudios observacionales y experimentos in situ se cuantificó la regeneración para determinar la posible interacción entre las prácticas silvícolas y la variabilidad regional en cada una de las etapas de la regeneración desde la lluvia de semillas hasta el establecimiento exitoso de las plántulas. También se identificaron los factores limitantes para la regeneración natural del pino marítimo. En particular, se estudiaron las posibles interacciones entre factores bióticos como el tipo de vegetación, la presencia de herbívoros y el microclima (en particular, el estrés hídrico relacionado con la sequía).

## 3. Metodología

Se seleccionaron **cinco sitios de observación** para cuantificar las diferentes etapas del proceso de regeneración y caracterizar la variabilidad regional según las prácticas silvícolas. Dos de estos sitios estaban ubicados dentro del área principal de fracasos de regeneración (S3 y S4) y otros tres dentro de bosques estatales recientemente conocidos por tener éxito (S1, S2 y S5). En el resto del artículo, estos sitios serán numerados de S1 a S5 de acuerdo con el gradiente norte-sur, con un + (éxito) o un - (fracaso) indicando su supuesto estado de regeneración. El estudio de la gestión silvícola consistió en comparar dos factores que interactúan: i) el tipo de corta: la tala rasa como se practica actualmente (todos los árboles cosechados de un golpe) o la corta de siembra (manteniendo 70 árboles semilleros por hectárea); ii) una adición de semillas ("siembra de seguridad", (5 semillas m<sup>-2</sup>) o no. Esta gestión alternativa de corta de siembra aseguraría i) la dispersión de semillas y la posibilidad de aparición de nuevas durante varios años, ii) la limitación del impacto de un año climáticamente desfavorable reduciendo el estrés hídrico en caso de un período seco prolongado. Se distribuyeron sistemáticamente diez zonas de monitoreo por tipo de tala, cada uno constaba de cuatro cuadrados de 4m<sup>2</sup>: tres sembrados y uno sin sembrar. Cada cuadrado sembrado contenía veinte semillas ligeramente enterradas según un patrón preciso, cantidad que corresponde a los 3 kg ha<sup>-1</sup> utilizados por la ONF durante las regeneraciones difíciles. Se instalaron trampas para semillas a nivel de cada zona de monitoreo para cuantificar la lluvia de semillas. Además se realizó un seguimiento de la germinación y supervivencia de pinos jóvenes durante tres años con el fin de cuantificar la regeneración relacionada con estas prácticas.

Se seleccionó **un único sitio experimental**, ubicado en la zona de fracaso de la regeneración para estudiar el efecto de las interacciones planta-planta sobre la supervivencia y el crecimiento del pino en relación con el estrés hídrico y la herbivoría entre 2015 y 2017. Para ello, se cultivaron semillas en condiciones controladas y luego se trasplantaron los pinos jóvenes bajo madroños (arbusto principal del sotobosque de estos bosques) o en zona abierta, y en parcelas cerradas o no a la entrada de herbívoros grandes y medianos (las vallas dejaban entrar pequeños roedores).

Se plantaron un total de 288 plántulas en abril de 2015 y 288 en abril de 2016, luego se realizó el seguimiento de la altura, la supervivencia y la causa de la mortalidad cada 4 semanas en primavera/verano y 6-8 semanas en otoño/invierno después de la siembra hasta abril de 2017. La humedad del suelo, y del aire, se midieron mediante sondas, y también se realizaron mediciones de la biomasa en los pinos a partir de 2015 al finalizar el estudio.

#### 4. Resultados

##### Sitios de observación

Tres años después de la regeneración, la densidad de siembra fue más alta en los sitios S2+ y S5+ y más baja en los sitios S3- y S4-, lo que confirma las diferencias en la regeneración según las zonas en cuestión (Figura 1). El corte de siembra tuvo un efecto muy significativo en todos los sitios, mientras que la siembra tuvo un efecto positivo significativo solo en tres de ellos (S2+, S3- y S5+). La interacción entre el sitio y el tipo de corte también fue muy significativa, y mostró un fuerte impacto de las condiciones específicas del sitio en el éxito de la regeneración. También cabe señalar que estas dos prácticas tuvieron efectos independientes (es decir, el efecto de la siembra no varió según el tipo de corte).

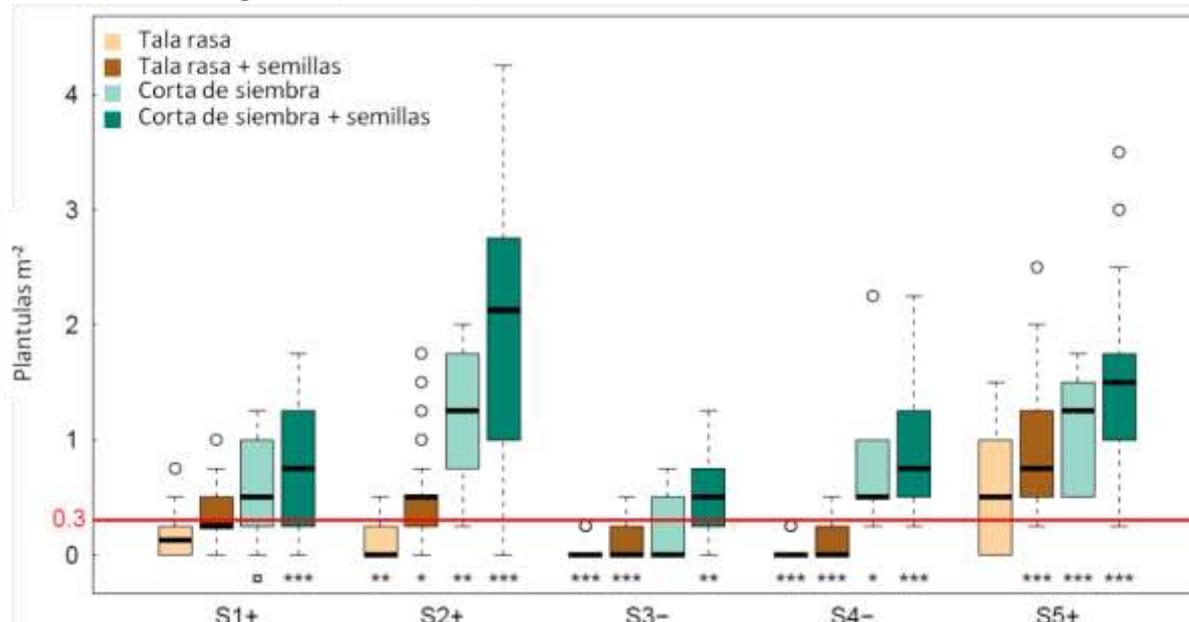


Figure 1. Densidad de plántulas tres años después de la regeneración de la parcela según los dos factores cruzados del tipo de corte y la adición de siembra de seguridad. La línea roja representa el umbral de 0,3 plántulas m<sup>-2</sup> que indica una regeneración exitosa (=3000 plántulas ha<sup>-1</sup>; Sardin, 2009). Los asteriscos indican una desviación significativa del valor umbral (\*\*\* p<0,001; \*\* p<0,01; \* p<0,05; □ p<0,1).

La tala rasa sin siembra de seguridad no dio como resultado una densidad de semilla suficiente para asegurar la regeneración en todos los sitios excepto en S5+ (Figura 1). El uso de siembra de seguridad además de la tala rasa permitió alcanzar o superar el umbral de 0,3 plántulas m<sup>-2</sup> para S1+, S2+ y S5+, pero fue en gran medida insuficiente para los dos sitios en el área de fracasos (Figura 1). Esto confirma que la ruta actual (es decir, tala rasa + siembra de seguridad) no es adecuada para la renovación forestal en esta área.

El corte de siembra sin siembra tuvo un efecto muy positivo, ya que permitió que cuatro de cinco sitios tuvieran una regeneración satisfactoria, estando S3- en el límite del umbral predefinido (Figura 1). Agregar siembra de seguridad al corte de siembra aumentó la densidad de siembra en todos los sitios, lo que permitió que todos se regeneraran (Figura 1).

##### Sitio experimental

La sequía estival fue la principal causa de mortalidad en nuestro sitio experimental durante los dos años estudiados. El impacto de la sequía varió según su severidad (estimada en base a la cantidad de precipitación), con una mortalidad de hasta el 90% de las plántulas como se observó en 2016 (19 mm de lluvia en julio/agosto frente a 106 mm durante el mismo periodo en 2015). La mortalidad asociada con los herbívoros también fueron significativas en el sitio de estudio, con dos tipos de herbívoros actuando en dos períodos distintos: roedores en primavera/verano y ungulados en otoño/invierno.

La interacción positiva entre el pino y el madroño tiende a desaparecer o incluso revertirse cuando la sequía persiste y el estrés hídrico está en su apogeo (agosto/septiembre). Como consecuencia durante el verano, el efecto del madroño sobre la mortalidad de las plántulas debido a la sequía fue nulo.

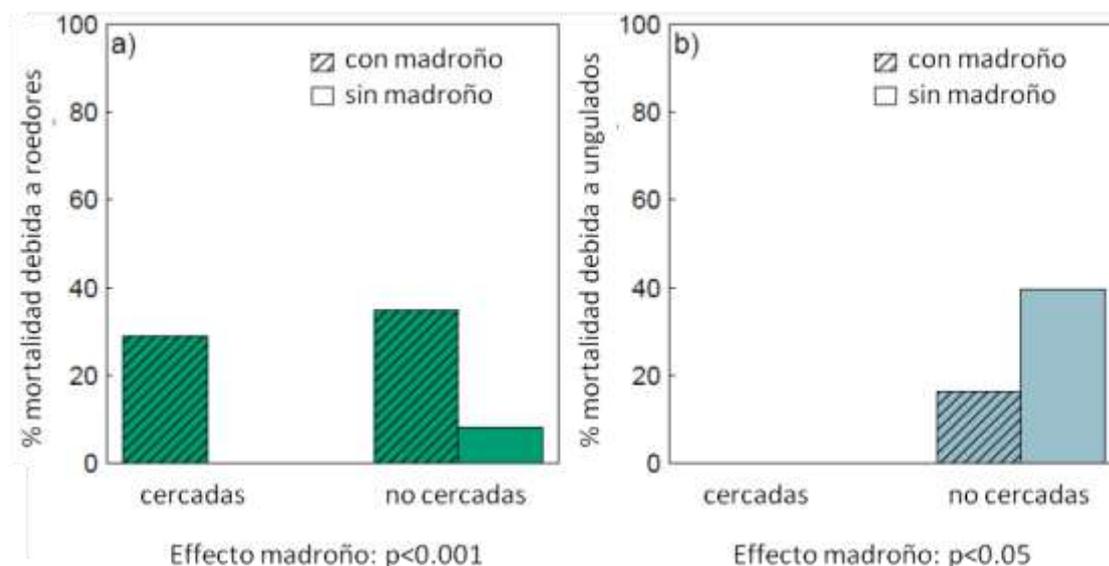


Figura 2. Mortalidad de plántulas debida a roedores (a) y ungulados (b) en presencia o ausencia de madroños, en áreas cercadas (exclusión de ungulados y lepóridos) y áreas no cercadas (todo tipo de herbívoros) por separado.

La presencia de arbustos también tuvo fuertes efectos indirectos sobre la supervivencia de las plántulas, que difirieron según el tipo de herbívoro considerado (Figura 2). Observamos un fuerte aumento en las tasas de depredación de roedores bajo madroños con una mortalidad del 31,92 % bajo arbustos y solo del 4,3 % en áreas sin madroños (Figura 2a). Estos resultados corroboran los observados en numerosos estudios sobre el impacto de los roedores en la regeneración leñosa. Por el contrario, la mortalidad asociada a los ungulados se observaron principalmente en áreas sin arbustos con una mortalidad del 16,2 % bajo arbustos y del 39,64 % (Figura 2b), mostrando una facilitación indirecta de los madroños.

## 5. Discusión

Las dos prácticas silvícolas evaluadas (cortas progresivas y siembra de semillas) tuvieron un efecto significativo en la mejora de la regeneración en todos los rodales (Guignabert et al. 2020a). Sin embargo, los efectos en cada una de las etapas (germinación de semillas y supervivencia de plántulas) muestran diferencias entre los sitios, lo que sugiere la importancia de los factores locales en el éxito general del proceso de regeneración (Rodríguez-García et al., 2010). Estas dos prácticas tienen dos ejes de influencia en el ciclo de regeneración: la cantidad de semillas disponibles para la germinación, utilizando siembra de seguridad, por lo que intervienen en la lluvia y germinación de semillas y la modificación del hábitat y el microclima a través de la copa de los árboles semilleros, lo que afecta la germinación y la supervivencia.

El estudio de las interacciones que se establecen entre las plántulas de pino y el sotobosque de madroños ha permitido mostrar las sutilezas, de estas interacciones planta-planta, tanto directas como indirectas (Guignabert et al. 2020b). Este par de especies está involucrado en varios tipos de interacciones: facilitación directa a través de un efecto del madroño en el microclima que mejora la supervivencia de los pinos jóvenes temporalmente a principios de verano, mientras que a finales de verano existe una competencia hídrica demasiado importante entre las dos plantas provocando un aumento de la mortalidad de las plántulas. El madroño también juega un papel indirecto en la supervivencia de las plántulas de pino a través de su efecto sobre la herbívora ejercida sobre las plántulas; por un lado atrae a los roedores (susceptibilidad por asociación) y por el otro evita que los ungulados accedan a las plántulas (efecto de ocultación o resistencia por asociación). Además, los datos sobre el crecimiento de las plántulas de pino también muestran el efecto competitivo de la presencia de arbustos en las plántulas.

## 6. Conclusión

Si bien nuestros resultados permitieron comprender mejor los mecanismos implicados en el ciclo de regeneración del pino marítimo, parece difícil plantear un único factor que explique los fracasos de la regeneración en determinados sectores. Para asegurar la regeneración natural de las rotaciones del pino en sistemas dunares costeros recomendamos las siguientes acciones: 1) el mantenimiento de árboles semilleros durante algunos años permite obtener una regeneración exitosa en todos los bosques de dunas, gracias al suministro plurianual de semillas pero también a través de cambios en el microclima bajo su dosel; 2) el control de la vegetación espontánea para reducir la competencia con las plántulas de pino; 3) la regularización de los planes de caza para reducir la presión de los herbívoros sobre las plántulas. No obstante esas acciones deberán ser evaluadas a través de sus impactos sobre la biodiversidad de estos bosques.

## 7. Agradecimientos

Los autores agradecen a Didier Canteloup (agente jubilado de la ONF) por haber iniciado este proyecto, a Sylvie Niollet, Céline Gire, Christophe Chipeau (agentes del INRAE) y todo el equipo técnico del ONF por su ayuda en el trabajo de campo y a Emilio González por haber repasado el español del resumen y Irene Castañeda-Gonzalez por haber repasado el español del texto completo.

## 8. Bibliografía

Calama, R., Manso, R., Lucas-Borja, M.E., Espelta, J.M., Piqué, M., Bravo, F., Del Peso, C., Pardos, M., 2017. Natural regeneration in Iberian pines: A review of dynamic processes and proposals for management. *For. Syst.* 26. <https://doi.org/10.5424/fs/2017262-11255>

Guignabert, A., Augusto, L., Delerue, F., Maugard, F., Gire, C., Magnin, C., Niollet, S., Gonzalez, M., 2020a. Combining partial cutting and direct seeding to overcome regeneration failures in dune forests. *For. Ecol. Manage.* 476, 118466. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118466>

Guignabert, A., Augusto, L., Gonzalez, M., Chipeaux, C., Delerue, F., 2020b. Complex biotic interactions mediated by shrubs: Revisiting the stress-gradient hypothesis and consequences for tree seedling survival. *J. Appl. Ecol.* 57, 1341–1350. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13641>

Maugard, F., Magnin, C., 2020. Améliorer la réussite de la régénération naturelle du pin maritime dans les forêts dunaires d'Aquitaine. Rendez-vous Techniques, ONF.

Rodríguez-García, E., Juez, L., & Bravo, F. (2010). Environmental influences on post-harvest natural regeneration of *Pinus pinaster* Ait. in Mediterranean forest stands submitted to the seed-tree selection method. *European journal of forest research*, 129(6), 1119-1128.