

MANUAL DE EVALUACIÓN DEL RIESGO Y LA VULNERABILIDAD A LA SEQUÍA DE RODALES FORESTALES

Herramienta RedBosques_Clima



Diciembre 2023

FUNGOBE. 2023. *Manual de evaluación del riesgo y la vulnerabilidad a la sequía de rodales forestales. Herramienta Redbosques-Clima*. Fundación Fernando González Bernáldez, Madrid.

Este documento ha sido elaborado por:
Lluís Comas, Jordi Vayreda, y Carles Batlles, José Antonio Atauri (FUNGOBE)

Con las aportaciones de: Francisco Lloret (CREAF), Miguel Ángel de Zavala (UAH), Álvaro Hernández (Gobierno de Aragón), Pedro Tíscar (Junta de Andalucía)
Puede enviar sus comentarios a redBosques@fungobe.org

Fotografía de portada: mortalidad de pinos piñoneros en el Parc Natural de Sant Llorenç de Munt i de l'Obac (Barcelona). Autor Lluís Comas.

LIFE RedBosques_Clima (LIFE20 CCA/ES/001624) www.redbosquesclima.eu
Financiado por la Unión Europea a través del programa LIFE20 Climate Action

Duración: septiembre 2021 – agosto 2025

Coordinador: Fundación Fernando González Bernáldez

Socios: Generalitat de Catalunya, CREAF, Generalitat Valenciana, VAERSA, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Gobierno Vasco

Este material refleja el punto de vista de los autores. La Comisión/CINEA no es responsable del uso que se pueda hacer de esa información o de su contenido.

Contenido

1. Introducción.....	1
El índice de riesgo a la sequía	1
2. Muestreo de campo.....	4
Diseño del muestreo	4
El rodal	4
Las parcelas	5
Unidades de muestreo.....	5
Localización e intensidad de muestreo.....	6
Protocolo.....	7
Material e instrumentos.....	8
Ficha de rodal	8
Bloque rodal.....	9
Bloque muestreo	9
Bloque hábitat.....	9
Bloque variables de campo.....	10
Ficha de parcela	11
Bloque parcela.....	11
Bloque pies mayores de $D_n \geq 17,5$	12
Bloque regeneración avanzada y pies menores	13
Cálculo de variables de campo.....	14
Pedregosidad	14
Regeneración.....	14
Densidad	14
Especies arbóreas.....	14
Clases diamétricas	15
Área basal (AB)	15
3. Herramienta RedBosques_Clima	16
Registro e inicio de sesión	17
Administración de rodales.....	17
Entrada de nuevo rodal.....	18
Ficha	20
Mapa.....	21
Comparador	23
4. Composición del índice.....	26

Relación de indicadores	26
Criterio de exposición climática	26
Criterio de exposición geográfica.....	27
Criterio de media de la susceptibilidad funcional	28
Criterio de diversidad de susceptibilidad funcional	30
Criterio de susceptibilidad estructural y de composición	31
Criterio de falta de capacidad de recuperación	32
Normalización de los indicadores	33
A escala de parcela.....	33
A escala de rodal.....	36
Construcción del índice compuesto	36
5. Anexos.....	39
Rasgos funcionales.....	39
Lista de hábitats forestales.....	41
Hábitats de Interés Comunitario	42
Lista de especies arbóreas	43
Ficha de campo	45

1. Introducción

Para la evaluación cuantitativa del riesgo de sequía de los bosques se ha desarrollado un indicador compuesto basado en la selección y combinación de un conjunto de variables que informan de las propiedades de un rodal forestal que se pretende evaluar (indicadores), y organizarlas de forma jerárquica en ámbitos, sub-ámbitos y criterios, para por último llegar a un valor agrupado o sintético mediante un método de ponderación.

En este manual se describe el proceso para calcular el índice de riesgo a la sequía para un rodal cualquiera utilizando la herramienta web "Redbosques-clima" (<https://redbosques-clima.creaf.cat/>). Esta herramienta se ha desarrollado de forma abierta para que cualquier usuario pueda calcular el valor del índice de riesgo para cualquier rodal forestal en el ámbito de la España peninsular. En el informe "Evaluación del riesgo de los bosques frente al cambio climático: índice de vulnerabilidad a la sequía" (FUNGLOBE 2023¹) se describe con todo detalle cada uno de los indicadores propuestos en cada nivel de organización del índice.

El manual incluye una descripción del proceso de cálculo del índice a partir de los indicadores, cómo se toman los datos necesarios en base a parcelas de inventario forestal (de estructura muy simple) y como se utiliza la herramienta web para evaluar el riesgo.

El índice de riesgo a la sequía

Los indicadores propuestos para cada ámbito (exposición y vulnerabilidad), sub-ámbito y criterio siguiendo este marco conceptual se muestran en la Tabla 1. La fuente de datos para el cálculo de estos indicadores es una combinación de datos de campo o de cartografía desarrollada para tal fin.

La obtención de los datos a partir de trabajo de campo se describe en el capítulo 4 de este manual, mientras que las variables cartográficas necesarias para el cálculo de los demás indicadores están incluidas en la herramienta. Para obtener el valor de ellos será necesario completar el formulario de la herramienta con los datos de campo de las parcelas y las sus coordenadas geográficas. Otros indicadores se obtienen del muestreo de campo y se combinan con el valor de determinados rasgos funcionales de las especies muestreadas en la parcela de inventario. En la Tabla 1 y en cada uno de los apartados de la descripción de cada indicador se hace referencia a cómo se obtienen estos datos, ya sea de campo, cartográficos o a partir de los rasgos funcionales de las especies.

¹ FUNGLOBE, 2023. Evaluación del riesgo de los bosques frente al cambio climático: índice de vulnerabilidad a la sequía. Madrid: Disponible en: www.redbosquesclima.eu.

Tabla 1. Marco conceptual de ámbitos, criterios e indicadores utilizado para la valoración del riesgo a la sequía.

Índice	Ámbito	Sub-ámbito	Criterio	Indicador	Fuente de datos	
Riesgo a la sequía	Exposición	-	Exposición climática	Índice de aridez climática	Cartografía	
				Idoneidad climática de las especies	Campo Cartografía	
			Exposición geográfica	Índice de humedad topográfica	Cartografía	
				Radiación solar	Cartografía	
				Pedregosidad	Campo	
			Susceptibilidad	Media de susceptibilidad funcional	Susceptibilidad media al embolismo	Campo Rasgos
	Profundidad media de las raíces	Campo Rasgos				
	Diversidad de susceptibilidad funcional	Diversidad de susceptibilidad al embolismo		Campo Rasgos		
		Diversidad de la profundidad de las raíces		Campo Rasgos		
	Susceptibilidad estructural y de composición	Área basal		Campo		
		Diámetro normal medio		Campo		
		Número de especies arbóreas		Campo		
		Número de clases diamétricas		Campo		
	Vulnerabilidad	Falta de capacidad de recuperación		Falta de capacidad de recuperación	Capacidad media de rebrote	Campo Rasgos
					Diversidad de capacidad de rebrote	Campo Rasgos
			Índice de regeneración		Campo	

El proceso de cálculo del índice del riesgo este compuesto por las diferentes fases:

1. Obtención de los datos de las variables, ya sean de campo o cartográficas, y cálculo de los indicadores
2. Normalización mediante un escalado del 0 al 10 de cada indicador de los datos para la obtención de valores de indicadores que sean comparables entre sí.
3. Agregación jerárquica de los indicadores en criterios, sub-ámbitos, ámbitos y finalmente en el índice mediante la ponderación de cada uno de ellos con diferentes pesos según su importancia en cada nivel.

A continuación, en los apartados siguientes del manual se describen cada uno de estos aspectos del cálculo del valor del índice.

2. Muestreo de campo

El muestreo de campo para la toma de datos para la evaluación del riesgo a la sequía se plantea como un muestreo en parcelas de inventario forestal dasométrico muy básico. Los datos necesarios para cumplir con las variables de los indicadores son pocos y solo se refieren a los pies mayores, a la regeneración, y complementariamente a las coordenadas geográficas y la pedregosidad de la parcela. El modelo de ficha de campo se puede encontrar en el anexo.

Tabla 2. Relación de las variables de campo (y variables calculadas) a muestrear para cada elemento de muestreo y los indicadores en los que se utilizados para calcularlos.

Elemento de muestreo	Variable de campo	Indicador
Cartografía	Coordenadas geográficas	Índice de aridez climática Idoneidad climática de las especies Índice de humedad topográfica Radiación solar
Sustrato	Pedregosidad	Pedregosidad
Pies mayores ($D_n \geq 17,5$ cm)	Área basal de la especie	Idoneidad climática de las especies Susceptibilidad media al embolismo Profundidad media de las raíces Diversidad de susceptibilidad al embolismo Diversidad de la profundidad de las raíces Número de especies arbóreas Capacidad media de rebrote Diversidad de capacidad de rebrote
	Diámetro normal (Área basal específica, Área basal total)	Idoneidad climática de las especies Susceptibilidad media al embolismo Profundidad media de las raíces Área basal Diámetro normal medio Número de clases diamétricas Capacidad media de rebrote
Pies menores y regeneración avanzada ($2,5 \leq D_n < 17,5$ cm)	Número de pies de la CD5, CD10 y CD15	Índice de regeneración

Diseño del muestreo

El rodal

El tamaño del rodal puede ser cualquiera, pero se recomienda que no sea menor de media hectárea. Es importante que sea homogénea en cuanto a la especie dominante y formación silvícola. Así mismo se recomienda que no supere las 50 ha. Si no fuese así, por especie dominante o por tamaño, habría que separarlos en rodales diferentes.

Las parcelas

Para la caracterización de un rodal será preciso establecer un proceso de muestreo que consiste en un reconocimiento completo del rodal, y el levantamiento de parcelas forestales. Las variables necesarias para caracterizar el rodal se medirán todas a escala de cada parcela (Tabla 2), no obstante, hay algunos datos de caracterización del rodal que también hay que anotar. Es por ello por lo que en la ficha de campo hay un bloque de datos de rodal, pero el cuerpo principal de la ficha son bloques de datos para cada una de las parcelas de inventario.

La parcela es la unidad básica de muestreo, con la cual se miden las variables forestales. Se ha diseñado para medir los principales indicadores de forma precisa y rápida, con el uso de instrumentos de medida sencillos. Este protocolo no está exento de un cierto grado de complejidad con lo que se recomienda que el personal de campo esté formado. A mayor experiencia más eficiente será el trabajo llevado a cabo. Se recomienda que el equipo este formado por al menos dos personas, una de ellas con experiencia.

Se utilizarán parcelas de forma circular y a ser posible con corrección de la superficie de muestreo directamente en campo según pendiente. Si no se hace dicha corrección es clave medir la pendiente máxima de la parcela e indicar que no se ha hecho la corrección in situ. La parcela circular es la forma geométrica que tiene la relación perímetro área más pequeña con lo que el error cometido por omisión o comisión, (cuando hay que decidir si medir un árbol que se encuentra al límite de la parcela), se minimiza.

La forma circular es más fácil de plantear en el campo. Se recomienda el uso de un distanciómetro; el distanciómetro incluye la corrección directa de la pendiente de manera que es el sistema más rápido, práctico y robusto. El uso del distanciómetro evita tener que marcar los límites de la parcela. Es recomendable marcar de alguna manera el centro de la parcela e indicar con la máxima precisión las coordenadas geográficas para poder repetir el muestreo en el futuro.

Unidades de muestreo

La mayor parte de la información para calcular los indicadores se basan en los datos de muestreo en las parcelas (Tabla 4). No obstante, a escala de rodal es necesario la cumplimentación de varios datos del rodal y del hábitat principal que lo representa.

En el rodal:

- Hábitat: se clasificará el rodal según las clasificaciones propuestas (CORINE adaptada e HIC) y se indicarán las dos especies arbóreas principales en fracción de cabida cubierta y que forma el vuelo del bosque.

En las parcelas, cada elemento se muestrea en una unidad diferente dentro de la misma (Tabla 4). En este manual se propone varias parcelas circulares concéntricas para medir los pies mayores en una y la regeneración (regeneración avanzada y pies menores) en otra dos, y la pedregosidad en otra:

- Pies mayores de $Dn \geq 17,5$ cm: se muestrean en parcelas circulares de tamaño variable, en función de la densidad de pies. De esta manera se recomienda que sea la suficiente para que se muestreen unos 15-20 pies vivos de diámetro normal (Dn) mayor o igual de 17,5 cm. En cualquier caso se recomienda que no sea menor de 10 m y que no supere los 25 m. En caso de rodales muy densos o con abundancia de pies menores (de $Dn \geq 7,5$ cm) el radio de la parcela se podría reducir hasta 7 o 8 m. No necesariamente todas las parcelas de pies mayores tienen que ser iguales.
- Pies menores de $7,5 \leq Dn < 17,5$ cm: se cuantifican los pies de este tamaño en una parcela concéntrica a la anterior de 10 m de radio. No es necesario especificar de que la especie son, pero si a que clase diamétrica de 5 cm (CD10 o CD15) a la que corresponden.
- Regeneración ($2,5 \leq Dn < 7,5$ cm o CD5): se cuantificarán los pies de este tamaño en una parcela concéntrica a la anterior de 5 m de radio. No es necesario especificar la especie a la que corresponden.
- Sustrato: la pedregosidad se medirá en una parcela concéntrica a las demás de 15 m de radio.

Tabla 3. Relación de variables de campo (y variables calculadas) a muestrear para cada elemento de muestreo y los indicadores en los que se utilizados para calcularlos.

Elemento de muestreo	Variable de campo	Unidad de muestreo
Hábitat	Especies arbóreas principales en FCC	Rodal
Parcela	Coordenadas geográficas	Centro de la parcela
Sustrato	Pedregosidad	Parcela de radio 15 m
Arbolado vivo ($Dn \geq 17,5$ cm)	Especie Diámetro normal	Parcela de radio variable
Pies menores ($7,5 \leq Dn < 17,5$ cm)	Número de pies de las CD10 y CD15	Parcela de radio 10 m
Regeneración ($2,5 \leq Dn < 7,5$ cm)	Número de pies de CD5	Parcela de radio 5 m

Localización e intensidad de muestreo

En los rodales más pequeños puede ser suficiente establecer una sola parcela, pero en los rodales mayores será necesario un cierto número de réplicas que permitan recoger la variabilidad existente.

El número de parcelas va a depender de la superficie del rodal a caracterizar y el tamaño de estas (de pies mayores, ver apartado anterior). La Tabla 4 muestra el número de parcelas en función del tamaño del rodal.

Tabla 4. Número de parcelas en función de la superficie del rodal a muestrear y del tamaño de estas.

Radio (m)	Superficie parcela (m ²)	Superficie rodal (ha)				
		<1	1-5	5-25	25-50	50-100
10	314	3	7	9	12	15

15	707	3	4	5	6	7
20	1.257	-	3	4	5	6
25	1.963	-	3	3	4	5

La ubicación de las parcelas de muestreo puede ser regular, aleatoria o a criterio del personal de campo, pero lo importante es captar la posible variabilidad de las características del rodal.

En el caso de que se quiera replantear posteriormente la parcela para hacer seguimiento a medio/largo plazo es conveniente el marcaje del centro de la parcela. Esto puede ser con un tubo de PVC enterrado, estaca de madera, varilla de rea o de fibra de vidrio o cualquier otro elemento que se asegure que va a durar todo el proyecto sin alteraciones. Esta marca es necesaria para reconocer el centro de parcela en posteriores muestreos. También se puede pintar el pie mayor más cercano al centro con una T invertida de cara al mismo centro, y donde la raya horizontal corresponde a la altura del Dn. Es conveniente que este árbol no vaya a ser seleccionado para cortar, para que se mantenga durante el desarrollo del proyecto. Si este no es el más cercano al centro de la parcela, indicarlo. Este árbol marcado va a permitir encontrar el centro de la parcela.



Figura 1. Imágenes del marcaje de la parcela (izquierda), marcaje del árbol más cercano al centro de la parcela, con una T invertida (centro), y marcaje de la altura donde se ha medido el diámetro normal (derecha). Fotos Lluís Comas.

Protocolo

Se recomienda realizar los trabajos en equipos de dos personas. La secuencia de etapas del muestreo de campo mediante parcelas es el siguiente:

1. Reconocimiento completo del rodal, en el que se escoge la localización de las parcelas:
 - a. Hacer un recorrido previo para poder localizar las zonas donde se vayan a situar las parcelas. Si el rodal es pequeño, recorrerlo todo.

- b. Si el rodal es muy heterogéneo y se pueden distinguir distintos aspectos estructurales o de composición, separar en varios rodales y rellenar tantas fichas como rodales diferenciados se hayan identificado.
 - c. Determinación del número de parcelas, en función de la superficie del rodal y del tamaño que van a tener las parcelas según la densidad general de pies.
 - d. Anotación de los datos relativos a las características generales, hábitat y de muestreo, y toma de fotografías representativas.
2. Toma de datos en las parcelas:
 - a. Localizar el centro de la parcela. Marcarlo si es necesario y tomar las coordenadas geográficas de este.
 - b. Determinar el tamaño de cada una de ellas en función del número de pies vivos.
 - c. Tomar los datos de la parcela relativos a los bloques de pies mayores, pies menores, regeneración y pedregosidad.
 - d. Toma de fotografías de la parcela. Puede ser interesante tomarlas del centro de esta y de la vista hacia los cuatro puntos cardinales (norte, este, sur y oeste).
3. Cálculo de las variables de campo de cada parcela: en la ficha rodal hay un bloque de datos para la anotación de las variables calculadas, o directas en algún caso, necesarias para la valoración del índice de riesgo a la sequía. Estas variables, juntamente con los datos generales de rodal, son los que precisa la herramienta web "Redbosques_clima" para la evaluación.

Material e instrumentos

El material necesario para el muestreo de campo puede variar en función de su disponibilidad. Se proponen varios instrumentos de medición posibles con sus alternativas:

- Ficha normalizada y manual de campo, carpeta, lápiz...
- Pilas de recambio y baterías cargadas, para los instrumentos que lo requieran.
- GPS, o móvil con aplicación y la cartografía correspondiente de detalle (topográfica y se recomienda que la ortofotográfica también, para delimitación y toma de coordenadas del rodal.
- Cartografía papel del rodal a escala de detalle (al menos 1:1.000) topográfica y ortofotográfica si no hay disponibilidad en formato digital.
- Distanciómetro digital, tipo Haglof Vertex IV. Este permite medir si los árboles, vivos en pie, entran en la parcela y la altura dominante del dosel.
- Cinta diamétrica forestal o pi, o forcípula forestal, para la medida del diámetro normal.
- Cámara fotográfica o móvil.

Ficha de rodal

Para cada rodal seleccionado se cumplimenta el apartado "Ficha de rodal" que recoge las principales variables que permiten caracterizarlo. También se reúnen en esta ficha las variables que se obtienen directamente de las parcelas

de forma que la ficha de rodal será un resumen de la información del conjunto de parcelas.

Se describe a continuación la forma de cumplimentar la información de los campos requerida en la ficha de rodal.

Bloque rodal

Bloque para la anotación de la identificación del rodal y determinación administrativa.

<i>Ficha de rodal</i>			
RODAL Nombre: nombre representativo del rodal. Comunidad autónoma y provincia: dónde se encuentra el rodal. Propiedad: tipo de propiedad. Régimen de propiedad: indicar si el rodal es de titularidad pública o privada.			
Nombre:		Comunidad autónoma:	
Provincia:		Régimen de propiedad:	☐ Pública ☐ Privada

Campo	Descripción
Nombre	Nombre identificativo del rodal.
Comunidad autónoma	Comunidad autónoma en la que se encuentra el rodal
Provincia	Provincia en la que se encuentra el rodal.
Régimen de propiedad	Régimen de propiedad del rodal indicando si es público o privado.

Bloque muestreo

Bloque para la anotación de datos relacionados con el muestreo del rodal.

MUESTREO Fecha: fecha de muestreo. Equipo: nombre del personal que desarrolla (o al menos el responsable del equipo de campo).	
Fecha __/__/____	Equipo

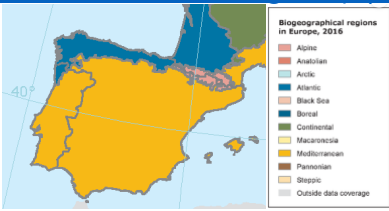
Campo	Descripción
Fecha	Fecha de muestreo del rodal, o en la que se empiezan a muestrear las primeras parcelas en el caso que este dure más de un día.
Equipo	Nombres de las personas que realizan el muestreo del rodal. También se podría anotar solo el nombre del responsable del equipo de campo o de la empresa ejecutora de las tareas, si fuera el caso.

Bloque hábitat

Bloque para la caracterización del hábitat que representa el rodal, en las clasificaciones principales y en sus especies arbóreas principales. Para ello es necesario un reconocimiento previo de todo el rodal. Este mismo también servirá para la búsqueda de localidades donde levantar las parcelas.

HÁBITAT | CORINE/LPEHT: código y/o nombre del hábitat según la clasificación CORINE y de acuerdo con la lista preestablecida. | **Interés comunitario (HIC):** código y/o nombre del hábitat de interés comunitario al que corresponde. | **Región biogeográfica:** indicar a que región corresponde según su localización geográfica. | **Especie principal y acompañante:** código y/o nombre de la especie arborea principal (en FCC) y la primera acompañante del dosel del rodal.

CORINE/LPEHT código/nombre	4 _ _ _			
Interés comunitario (HIC) código/nombre	9 _ _ _			
Región biogeográfica	☐ Alpina	☐ Atlántica	☐ Mediterránea	☐ Macaronésica
Especie principal código/nombre	Principal especie acompañante código/nombre			

Campo	Descripción
CORINE/LPEHT	Código y/o nombre del tipo de hábitat forestal según la codificación CORINE adaptada para este procedimiento de la lista del anexo "Hábitats forestales". Solo se aceptan aquellos de la lista y que están representados por una especie arborea dominante.
Interés comunitario (HIC)	Código y/o nombre del tipo de hábitat forestal según la codificación de Hábitat de Interés Comunitario (HIC) en el marco de la directiva Hábitats. Solo se aceptan hábitats forestales. En el caso en que en el rodal hubiera de otros tipos, anotar-lo en el apartado de observaciones. Ver la lista de HIC en el anexo "Hábitats de Interés Comunitario". En el caso de que no hubiera ninguna indicar con el código "99999".
Región biogeográfica	Región biogeográfica según si es Alpina, Atlántica, Mediterránea o Macaronésica donde se encuentra el rodal de acuerdo con la cartografía propuesta para Europa en el marco de la directiva Hábitats (Biogeographical regions in Europe — European Environment Agency (europa.eu)). 
Especie principal	Código y/o nombre de la especie arborea principal en fracción de cabida cubierta (FCC) que forma el dosel del rodal. Las especies arbóreas son las que se listan en el anexo "Lista de especies arbóreas".
Especie acompañante	Código y/o nombre de la especie arborea acompañante principal en fracción de cabida cubierta (FCC) que forma el dosel del rodal. Las especies arbóreas son las que se listan en el anexo "Lista de especies arbóreas".

Bloque variables de campo

En este bloque se anotan las variables de cada parcela para el cálculo del índice de riesgo de sequía y que son necesarias para el formulario de la herramienta web. Algunas de ellas son variables directas, es decir, que el dato muestreado en la parcela ya es el valor requerido (por ejemplo, la pedregosidad). Otras variables es necesario calcularlas a partir de los datos o de combinación de ellos. El cálculo de cada una de estas se explica en el apartado "Cálculo de variables" (ver más adelante).

VARIABLES DE CAMPO Anotación de los valores de las variables, calculadas o directas, y/o indicadores, en su caso, por parcela o rodal. Consultar el manual para los detalles del cálculo de cada indicador a partir de los datos de muestreo.												
Parcela ⇒		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Pedregosidad 1-5												
Regeneración n/ha	CD5 (DN entre 2,5-7,5cm)											
	CD10 (DN entre 7,5-12,5cm)											
	CD15 (DN entre 12,5-17,5cm)											
Densidad pies/ha (Dn ≥ 17,5 cm)												
Especies arbóreas n												
Clases diamétricas n (Dn ≥ 17,5 cm)												
AB Dn ≥ 17,5 m/ha	↓ Especie código/nombre	Parcela ⇒	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Ficha de parcela

Para el levantamiento de las parcelas será necesario contar con una ficha para cada parcela. Para ello es necesario el disponer de tantas copias de segunda parte de la ficha como parcelas se vayan a levantar. Se describe a continuación la forma de recoger la información de la parcela.

Bloque parcela

Bloque para la anotación de la información identificativa de la parcela y de sus coordenadas geográficas. También se utiliza este bloque para anotar el grado de pedregosidad de la parcela concéntrica al centro y en un radio de 15 m.

Ficha de parcela				
PARCEL-LA Núm.: Identificador único alfanumérico de la parcela Rodal: nombre del rodal al que pertenece la parcela. Coordenadas: coordenadas geométricas (siempre en ETRS89) del punto central de la parcela, en metros y indicando el huso. Pedregosidad: medida de la cantidad de rocas y/o piedras de la parcela (radio 15 m) según categorías.				
1. Sin pedregosidad, superficie completamente cubierta de vegetación. / 2. Poco pedregoso, superficie cubierta por rocas coherentes < 25%. / 3. Pedregoso, superficie rocosa entre 25% y 50%. / 4. Muy pedregoso, superficie rocosa entre 50% y 75%. / 5. roquedal, superficie de rocas > 75%.				
Núm.:	Rodal:			
Coordenadas ETRS89:	Huso	UTM X m	UTM Y m	Pedregosidad: ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Campo	Descripción
Núm.	Identificador numérico de la parcela. Este debe ser correlativo comenzando por el 1.
Rodal	Nombre del rodal al que pertenece la parcela.
Coordenadas	Coordenadas geográficas del centro de la parcela con precisión de metro (el valor decimal no es necesario). Estas deben estar en la proyección ETRS89. Es necesario indicar a que huso pertenecen.
Pedregosidad	Categoría del grado de pedregosidad como el porcentaje de piedras/rocas visibles en superficie medida dentro la parcela de radio de 15 m de radio según las categorías siguientes: 1. Sin pedregosidad, superficie completamente cubierta de vegetación.

Campo	Descripción
	2. Poco pedregoso, superficie cubierta por rocas coherentes < 25%.
	3. Pedregoso, superficie rocosa entre 25% y 50%.
	4. Muy pedregoso, superficie rocosa entre 50% y 75%.
	5. roquedal, superficie de rocas > 75%.

Bloque pies mayores de $Dn \geq 17,5$

Los pies mayores de $Dn \geq 17,5$ son todos los pies vivos de diámetro normal mayor o igual de 17,5 cm (CD20) de las especies arbóreas listadas en el anexo "Lista de especies arbóreas". En este bloque solo es necesario anotar la especie y su Dn de todos los pies de este tipo que se encuentran dentro del radio determinado.

Indicaciones para el muestreo de los pies mayores ($Dn \geq 17,5$ cm):

- Hacer un conteo aproximado de los 15-20 pies mayores vivos más cercanos al centro de la parcela para determinar el valor del radio de la parcela. Este radio estará entre 10 y 25 m. En caso de que no se llegue al mínimo de pies requerido se aumentará el radio de muestreo hasta alcanzar el tamaño muestral necesario.
- El radio de referencia del tamaño de la parcela es su proyección horizontal, no siguiendo la pendiente.
- Para árboles con más de un pie que crecen del mismo tocón o pies bifurcados por debajo de 1,30 m de altura, se considera cada uno de los pies por separado. El criterio utilizado para determinar si un pie entra o no en la parcela será la posición del centro del pie a la altura de medida del diámetro.
- Usar el punto central del pie a la altura del diámetro normal (a la altura de 130 cm) para determinar si el árbol entra o no en la parcela.
- Medir y registrar los atributos del pie: especie y diámetro normal.

PIES MAYORES DE $Dn \geq 17,5$ Parcela de radio de 10 a 25 m Para cada especie arbórea de pies vivos $\Rightarrow$ Especie: código y/o nombre de las especies arbóreas en cualquier estado de desarrollo, de la lista asignadas como arbóreas. Dn pies $\geq$ de CD20: Dn (en cm) de los pies mayores de la CD20 (de $Dn \geq 17,5$ cm).										Radio de la parcela m: ☐ 10 ☐ 15 ☐ 20 ☐ 25				
Especie código/nombre	Dn pies $\geq$ de CD20 (cm, $Dn \geq 17,5$ cm)													

Campo	Descripción
Radio de la parcela	Radio de la parcela en metros de entre las indicadas: 10, 15, 20 o 25. ¡Muy importante, si el radio fuera diferente, indicarlo!
Especie	Especie arbórea del pie que se muestrea y que se encuentra dentro del radio indicado anteriormente.
Dn pies $\geq$ de CD20	Diámetro normal (Dn) medido con la cinta métrica pi o forestal o forcípula. La medida es a 130 cm del suelo y el punto de germinación del pie, por la parte superior del árbol (Figura 2). Medir el diámetro al 0,1 cm más próximo. En situaciones cuando el diámetro a 130 cm se ve alterado por deformaciones y, por

Campo	Descripción
	lo tanto, su medida dará volúmenes erróneos, el diámetro se medirá en los puntos A y B (Figura 2) y se anotará la media de las dos medidas como Dn más cercano al diámetro real del pie. Si la medida se realiza con forcípula, tomar dos medidas ortogonales y anotar las dos medidas. Para el Dn a medido con forcípula, calcular la media aritmética de dos medidas ortogonales.

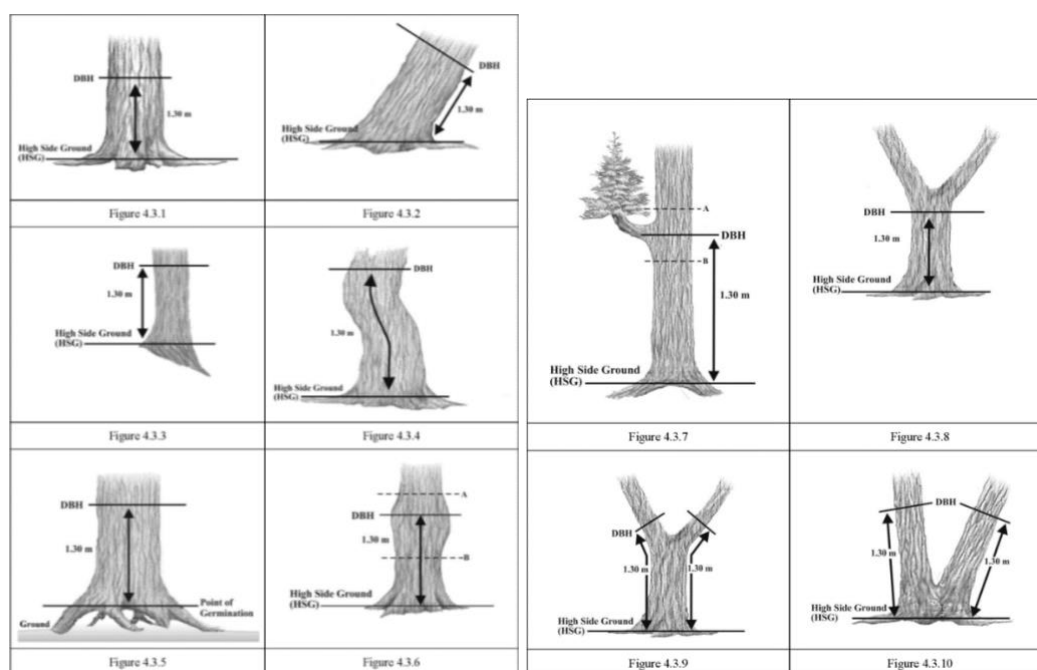


Figura 2. Medición del diámetro normal en varias situaciones con relación al suelo y punto de germinación del árbol.

Bloque regeneración avanzada y pies menores

Muestreo de la regeneración avanzada y pies menores en dos parcelas concéntricas a la de pies mayores según el diámetro normal del pie.

REGENERACIÓN AVANZADA $2,5 \leq Dn < 7,5$ Parcela de radio 5 m Núm. pies: número de pies.	PIES MENORES $7,5 \leq Dn < 17,5$ Parcela de radio 10 m Para cada CD (10 y 15) $\Rightarrow$ Núm. pies: número de pies de la clase diamétrica correspondiente.
Núm. pies CD5 ($2,5 \leq Dn < 7,5$):	Núm. pies CD10 ($7,5 \leq Dn < 12,5$):
	Núm. pies CD15 ($12,5 \leq Dn < 17,5$):

Campo	Descripción
Núm. pies CD5 ($2,5 \leq Dn < 7,5$)	Cantidad de pies vivos de cualquier especie arbórea (ver lista en anexo) de diámetro normal mayor o igual de 2,5 y menor de 7,5 cm en un radio de 5 m.
Núm. pies CD10 ($7,5 \leq Dn < 12,5$)	Cantidad de pies vivos de cualquier especie arbórea (ver lista en anexo) de diámetro normal mayor o igual de 7,5 y menor de 12,5 cm en un radio de 10 m.
Núm. pies CD15 ($12,5 \leq Dn < 17,5$)	Cantidad de pies vivos de cualquier especie arbórea (ver lista en anexo) de diámetro normal mayor o igual de 12,5 y menor de 17,5 cm en un radio de 10 m.

Cálculo de variables de campo

El cálculo de los indicadores que se obtienen con datos de campo se desarrolla a escala de parcela a partir de las variables. Una vez normalizados se agregan a escala de rodal. En esta sección se detalla cómo se calculan cada una de estas variables de campo y que se pueden agregar al bloque “Variables de campo” de la ficha de rodal y que son los que hay que entrar en los formularios de la herramienta “Redbosques-clima” para obtener el índice de Riesgo a la sequía.

Pedregosidad

Esta variable no requiere de ningún cálculo. La variable es tal cual se ha muestreado según las categorías propuestas.

Regeneración

Este variable corresponde a la densidad de pies (pies/ha) de cada una de las clases de regeneración avanzada y de pies menores. Como cada uno de estos dos elementos el muestreo es en parcelas de radio diferentes se proponen dos fórmulas, una para cada una de ellas:

- Número de pies por hectárea de la CD5 (DN entre 2,5-7,5cm) donde 127,33 es la equivalencia para pasar del número de pies por parcela a valor por hectárea:

$$Reg. CD5 (n/ha) = \text{Núm. de pies} \cdot 127,33$$

- Número de pies por hectárea de la CD10 y CD15 (DN entre 7,5-12,5cm y DN entre 12,5-17,5cm):

$$Reg. CD10 y CD15 (n/ha) = \text{Núm. de pies} \cdot 31,83$$

Densidad

Es número de pies por hectárea a partir de la CD20 (DN >17,5cm). De forma análoga a la regeneración la expresión de su cálculo es la siguiente donde Eq es la equivalencia para pasar del número de pies por parcela a valor por hectárea según el radio de la parcela:

$$Densidad (pies/ha) = \text{Núm. de pies} \cdot Eq$$

Los factores Eq según el radio de las parcelas son los siguientes:

Radio (m)	10	15	20	25
Superficie (m ²)	314,15	706,86	1.256,64	1.963,49
Eq	31,83	14,15	7,96	5,09

Especies arbóreas

El número de especies arbóreas (n) corresponde al número de especies diferentes del bloque de pies mayores de Dn mayor o igual a 17,5 cm.

Clases diamétricas

El número de clases diamétricas (n) corresponde al número de clases diferentes de los pies muestreados en el bloque de pies mayores de D_n mayor o igual a 17,5 cm.

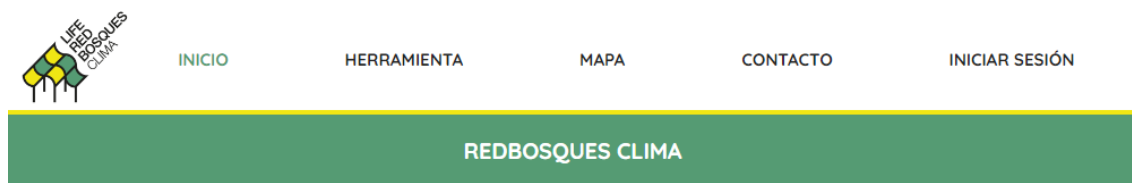
Área basal (AB)

Para cada especie de arbolado se calcula el área basimétrica de los pies muestreados en el bloque de pies mayores de D_n mayor o igual a 17,5 cm. Para ello utilizamos la siguiente expresión, donde Eq es el factor de equivalencia (ver "Regeneración"), Dn_i es el diámetro de los pies muestreado de cada especie (en metros):

$$AB \text{ especie (m}^2/\text{ha)} = Eq \cdot \sum_{i=1}^n \pi \cdot \left(\frac{Dn_i}{2}\right)^2$$

3. Herramienta RedBosques_Clima

La herramienta “RedBosques_Clima” (<https://redbosques-clima.creaf.cat>) es una herramienta web para la evaluación del riesgo y la vulnerabilidad a la sequía de un bosque a escala de rodal.



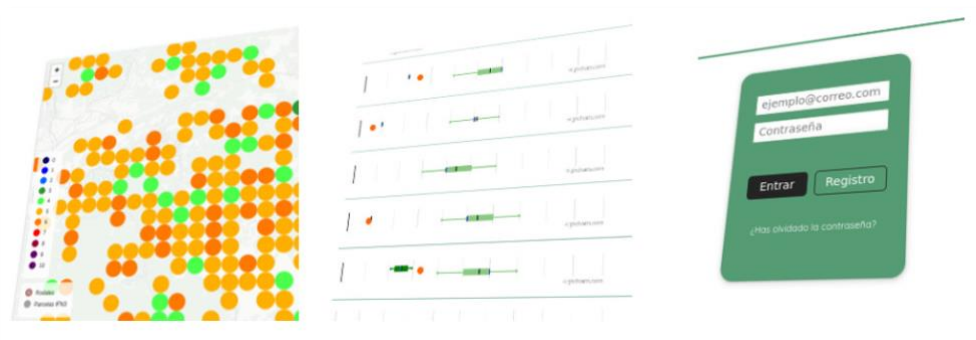
Bienvenido/a a **RedBosques-clima**, la herramienta para la evaluación del riesgo y la vulnerabilidad a la sequía de un bosque a escala de rodal.

En esta herramienta se calcula el riesgo frente a la sequía de forma cuantitativa y repetible, en base a una serie de indicadores que valoran la exposición climática a la sequía, la idoneidad climática y topográfica según la posición geográfica, y la vulnerabilidad, basada en los atributos de estructura y composición de los bosques que proporcionan una mayor resiliencia, como son:

- La mayor diversidad de especies de árboles, con atributos funcionales diferentes y complementarios entre sí,
- La coexistencia de árboles de diversas edades y tamaños,
- La capacidad de rebrote y/o si hay regeneración abundante.

El índice permite evaluar el riesgo de un bosque cualquiera, e identificar los indicadores para los que es posible mejorar la capacidad de adaptación mediante una gestión adecuada.

La comparación de los valores del índice de un rodal introducido por el usuario con las parcelas del [Tercer Inventario Forestal Nacional \(IFN3\)](https://miteco.gob.es) (miteco.gob.es) y a los rodales de referencia Redbosques (redbosques.creaf.cat) permite conocer el papel de los atributos asociados a la composición y estructura del rodal introducido en la adaptación al cambio climático.



La herramienta está estructurada en 3 bloques principales:

- **Mapa:** para visualizar la localización y valor de riesgo a la sequía de los rodales incluidos en la herramienta y de las parcelas del tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3) y de referencia Redbosques, donde también se

puede acceder a la información del valor del riesgo, exposición y vulnerabilidad de cada rodal o parcela clicando en cada uno de ellos.

- **Comparador:** para comparar las características de un rodal con los rodales introducidos por otros usuarios y de referencia Redbosques correspondientes al mismo hábitat y compararlos también con los valores del IFN3.
- **Administración de rodales:** para introducir datos de un rodal para evaluar el riesgo a la sequía. Para ello va a hacer falta registrarse introduciendo un correo electrónico y una contraseña. En esta sección cada usuario registrado puede administrar sus propios rodales previo inicio de sesión.

Registro e inicio de sesión

Para la introducción de rodales a la herramienta es necesario primero registrarse como usuario introduciendo una dirección de correo electrónico y una contraseña en la pantalla de registro (botón "Registro"). El inicio de sesión es automático y ya está listo para entrar nuevos rodales en la herramienta.

Las imágenes muestran dos interfaces de usuario. La primera, titulada 'INICIAR SESIÓN', contiene campos para 'ejemplo@correo.com' y 'Contraseña', botones 'Entrar' y 'Registro', y un enlace '¿Has olvidado la contraseña?'. La segunda, titulada 'REGISTRO', contiene campos para 'ejemplo@correo.com', 'Contraseña' y 'Repetir contraseña', un checkbox con el texto '* He leído y acepto las condiciones legales.', y un botón 'Registrarse'.

Administración de rodales

La página de administración permite la entrada de nuevos rodales a la herramienta. También permite editar y eliminar rodales ya entrados previamente. Otra opción de esta página es la de generar una ficha pdf descargable de cada rodal con los valores de los indicadores, por niveles de agregación y del índice de riesgo a la sequía.

La imagen muestra la interfaz 'ADMINISTRACIÓN DE RODALES'. Incluye un botón 'Entrada de nuevo rodal', un campo de selección con el texto 'Selecciona un rodal', y tres botones de acción: 'Editar', 'Ver ficha' y 'Eliminar'.

Entrada de nuevo rodal

Los datos de identificación caracterización de rodal y de las variables de cada parcela se entran en la página de entrada de rodales. Prácticamente todos los datos, de rodales y de las parcelas, son obligatorios. Estos son los mismos que se piden en la ficha de campo.

DATOS OBLIGATORIOS DEL RODAL

Datos generales

Nombre del rodal:

Comunidad autónoma:

Provincia:

Régimen de propiedad:

Los límites de rodal se pueden editar directamente con las herramientas de mapa de la página (en la parte superior izquierda del mapa). Estos también se pueden cargar subiendo el conjunto de archivos en formato shapefile de ESRI. Es imprescindible que este esté en la proyección WGS84 (EPSG:4326) y todos comprimidos en un solo archivo tipo zip.

Importar Shapefile (shapefile comprimido en ZIP, proyección WGS84 EPSG:4326): No hi ha cap fitxer seleccionat

Para finalizar esta parte es necesario entrar el resto de los datos obligatorios antes de pasar a la entrada de datos de las parcelas, para ello es imprescindible apretar el boto “Siguiente”.

Muestreo

Fecha:

Equipo de campo:

Hábitat

Hábitat CORINE (LPHE):

Hábitat de interés comunitario HIC:

Región biogeográfica:

Especie principal:

Principal especie acompañante:

Los datos de las parcelas se entran en una página para cada una de ellas. Todos los campos son obligatorios. Para terminar el proceso de entrada de datos de la parcela se puede proceder de dos maneras distintas: apretando el botón "Añadir otra parcela" la herramienta guarda los datos y ofrece otra página de datos de parcela vacía; apretando el botón "Terminar" (si no hay más parcelas para introducir). La herramienta procesa los datos.

Parcela 1

HUSO:

Coordenada UTM X (m):

Coordenada UTM Y (m):

Pedregosidad:

Número de pies por hectárea de la CD5 (DN entre 2,5-7,5cm):

Número de pies por hectárea de la CD10 (DN entre 7,5-12,5cm):

Número de pies por hectárea de la CD15 (DN entre 12,5-17,5cm):

Número de pies por hectárea a partir de la CD20 (DN >17,5cm):

Número de especies arbóreas:

Número de CD distintas (CD20 o superior):

Especie	Área basal (m ² /ha)	
Pinus nigra	22,0	✗
Quercus humilis	3,5	✗
Quercus ilex	2,3	✗
Acer monspessulanum	0,8	✗

En la tabla de especies se pueden añadir tantas especies como sea preciso. Es necesario apretar el botón "Añadir especie" para ello. Si se ha entrado una especie por error, se puede eliminar apretando en la cruz roja de la fila correspondiente a la derecha.

En el caso que no se entre un campo, la herramienta avisa de ello cuando se procede añadir otra parcela o se termine este proceso. La herramienta también avisa en el caso de que haya valores fuera del rango normal de datos de cada campo.

! Selecciona un element de la llista.

! Emplena aquest camp.

Una vez finalizado el proceso de entrada de datos, apretando el botón "Terminar", la herramienta ofrece automáticamente la ficha del rodal.

Ficha

El botón “Ver ficha” del menú “Administración de rodales” permite acceder a la ficha del rodal que se seleccione desde el desplegable.

La ficha contiene los datos de identificación y caracterización del rodal, y de la evaluación del riesgo de sequía. Los datos que se muestran son el resultado de cada uno de los indicadores que permiten el cálculo del índice y también los valores de los criterios, sub-ámbitos y ámbitos, y siempre referidos a la escala del 0 al 10. Cada uno de estos datos, campo “Valor”, también se muestran comparados con los valores de referencia de las parcelas del IFN3 para el mismo hábitat (según la especie dominante): valores promedio y mediana.

El valor para el rodal de cada indicador se muestra de color verde cuando es mejor que el valor promedio de las parcelas del IFN3 y en rojo si es peor.

Descargar ficha

Datos generales

Nombre: Rodal de pino laricio			
Comunidad autónoma: Cataluña		Provincia: Barcelona	
Propietario: Privado			
Hábitat CORINE/LPEHT Código: 42.6		Nombre: Pinares de Pinus nigra s.l.	
Hábitat Interés comunitario(HIC): Código: 9530*		Nombre: Pinares (sud-) mediterráneos de Pinus nigra endémicos	
Fecha: 4 de julio de 2023		Equipo: Equipo de campo CREAF	

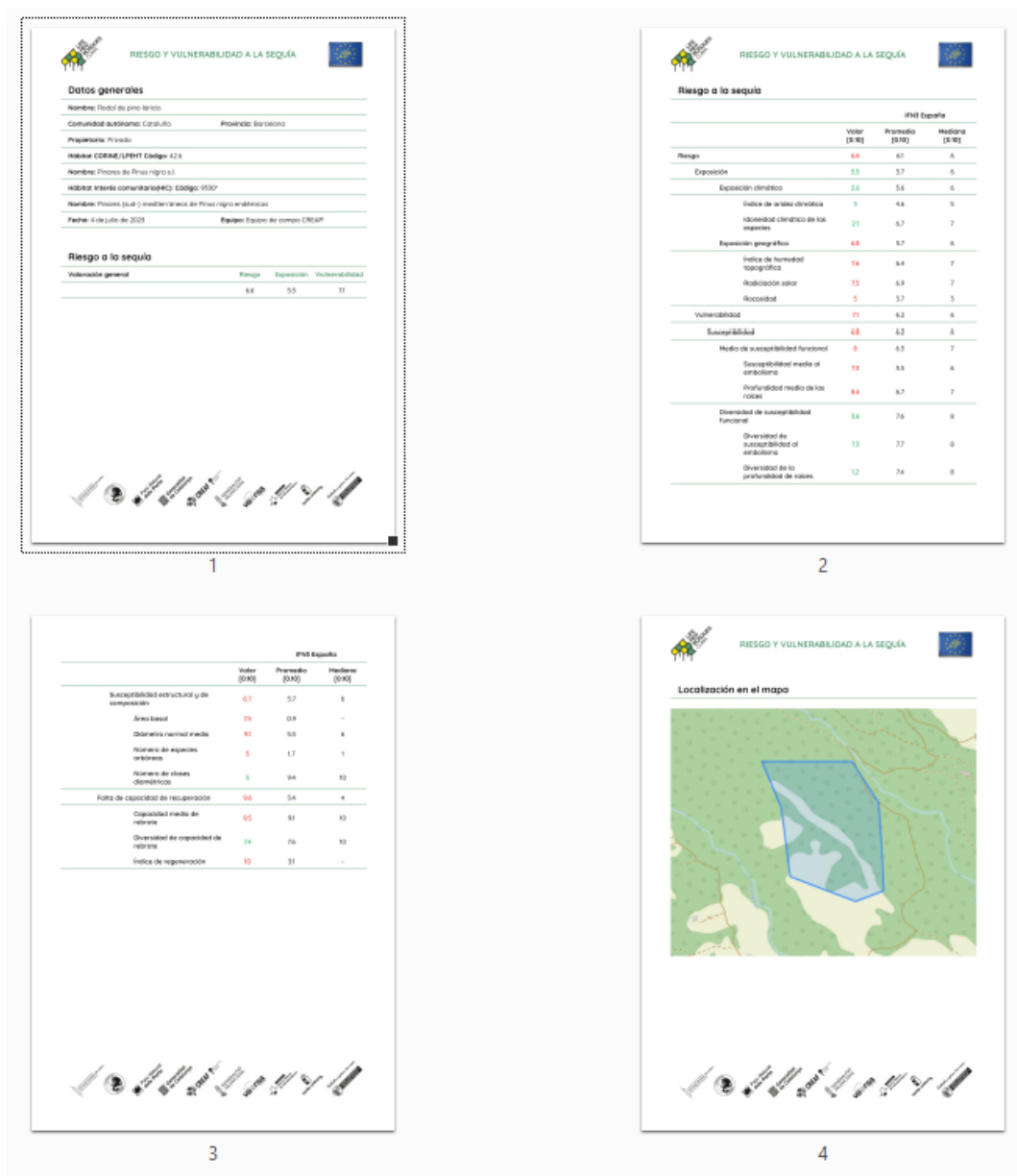
Riesgo a la sequía

Valoración general	Riesgo	Exposición	Vulnerabilidad
	6.6	5.5	7.1

	IFN3 España		
	Valor [0.10]	Promedio [0.10]	Mediana [0.10]
Riesgo	6.6	6.1	6
Exposición	5.5	5.7	6
Exposición climática	2.6	5.6	6
Índice de aridez climática	3	4.6	5
Idoneidad climática de las especies	2.1	6.7	7
Exposición geográfica	6.8	5.7	6
Índice de humedad topográfica	7.6	6.4	7
Radiciación solar	7.5	6.9	7

Al final de la ficha también hay el mapa del rodal.

La ficha se puede descargar en formato pdf. Este proceso se puede realizar apretando el botón “Descargar ficha” de la parte superior derecha de la página.



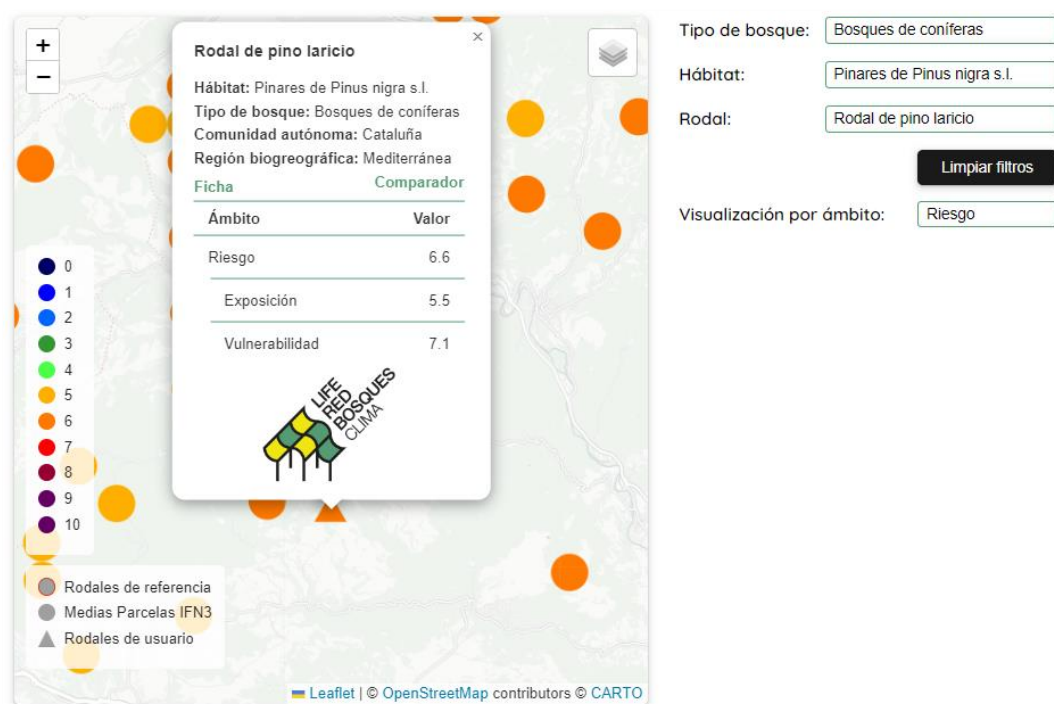
Mapa

La página mapa muestra el mapa de España con toda la información georreferenciada de la herramienta con el valor del índice de riesgo de sequía. Esta incluye todas las parcelas del IFN3 (representados con círculos), los rodales de referencia Redbosques (en círculos con margen rojo) y los rodales de los usuarios (en triángulos). La vista de mapa permite la visualización del valor de los ámbitos de riesgo y también de vulnerabilidad y exposición. Para ello hay que seleccionarlo en el desplegable "Visualización por ámbito".

Esta información se puede filtrar por tipos de bosque (caducifolios planifolios, coníferas, esclerófilas, y otras formaciones en las que se incluye las de ribera), y por hábitat según la especie forestal dominante. Esta acción muestra en el mapa las parcelas y rodales según el filtro seleccionado.



También se puede filtrar por los rodales que almacena la herramienta, ya sean rodales de referencia Redbosques o rodales del usuario. El filtro de rodales hace un zoom al rodal seleccionado lo que permite visualizar su valor y compararlo geográficamente con las parcelas vecinas del mismo tipo de hábitat.

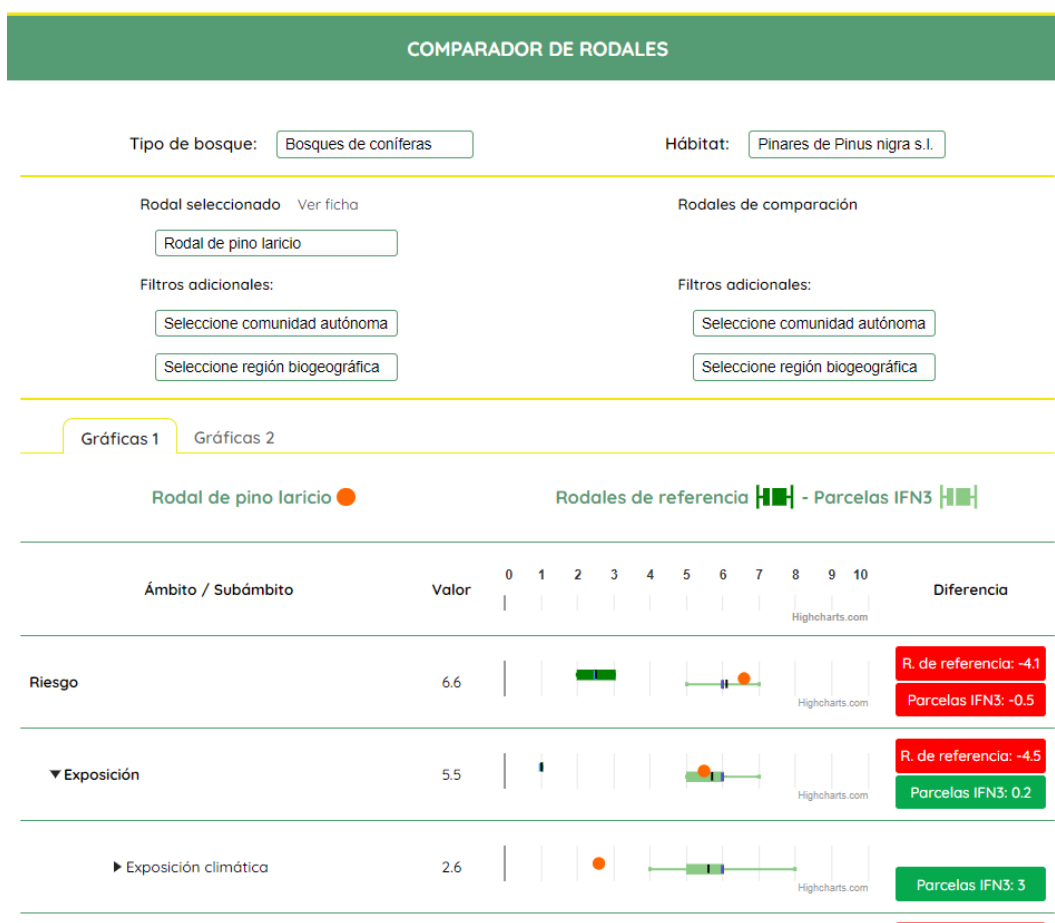


Un clic en cualquier objeto del mapa ya sea rodal o parcela, abre un cajetín con la información de identificación de este y de los valores del riesgo,

exposición y vulnerabilidad. Este mismo cajetín ofrece el acceso a la ficha y a la opción de comparar con otras parcelas de su mismo hábitat. El acceso a la ficha solo está habilitado para los rodales propios del usuario.

Comparador

El núcleo de la herramienta lo constituye el comparador de rodales. Esta página permite la comparación de los rodales de forma visual y numérica con las parcelas del IFN3 y los rodales de referencia Redbosques. Los rodales a comparar pueden ser los del propio usuario o los Rodales de Referencia de Redbosques. Se puede filtrar la información por tipo de bosque, hábitat, comunidad autónoma y región biogeográfica. Los datos de comparación, parcelas IFN3 y rodales Redbosques, también se pueden filtrar por comunidad autónoma y/o región biogeográfica. Estas comparaciones siempre serán por el mismo hábitat del rodal de comparación. No se pueden comparar datos de diferentes hábitats.



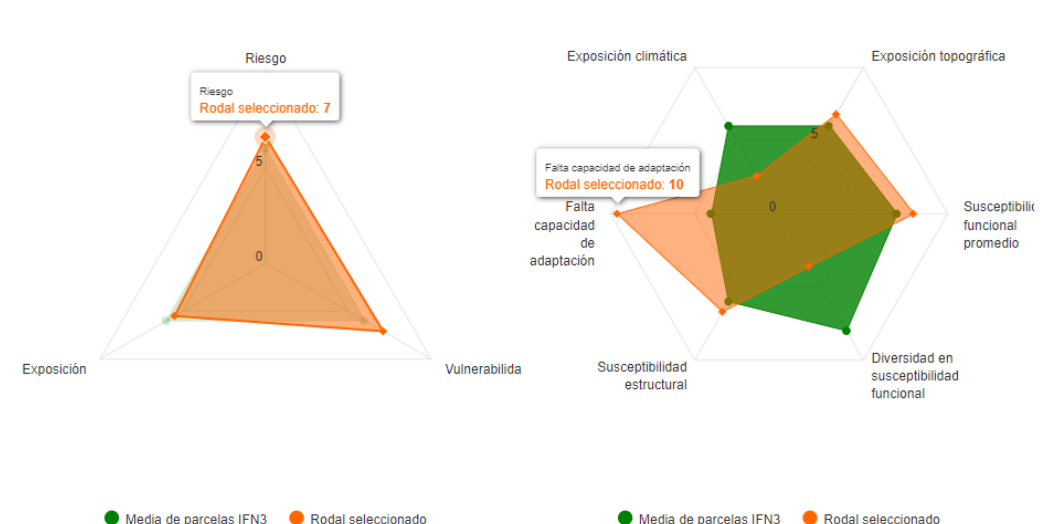
La pestaña de "Gráficas 1" muestra para cada indicador la comparación del rodal (punto naranja) con los valores promedio, p5, p25, p50, p75 y p95 de los rodales Redbosques (verde oscuro) o parcelas IFN3 (verde claro). También muestra el valor numérico a todos los niveles, desde el riesgo hasta el desglose hasta el nivel de los indicadores. Cuando se entrar en la página por primera vez solo se muestran los valores agregados a nivel de ámbitos, para los niveles

inferiores hay que clicar en el triángulo negro de la izquierda de cada nivel de evaluación.

A la derecha de cada comparación se muestra también la diferencia numérica de la comparación y con distinto color en función de si ésta es negativa (rojo) o positiva (verde) en relación con el de referencia, ya sean parcelas IFN3 o los rodales Redbosques.

La pestaña “Gráficas 2” muestra la comparación con dos formatos diferentes. El primero es una figura que contrapone el riesgo a la sequía con los ámbitos de exposición y vulnerabilidad, y también entre éstos. La comparación se puede hacer filtrando por los rodales de referencia Redbosques o por las parcelas IFN3 (conmutador en la parte superior de las gráficas). En esta se muestra el valor del rodal de comparación (en naranja) con todos los demás casos.





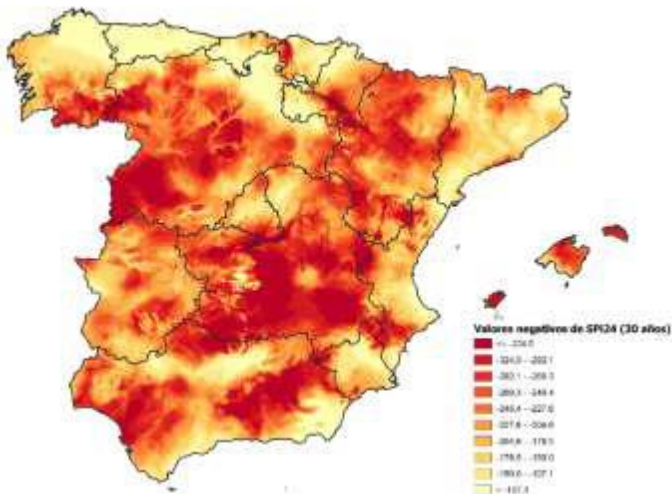
El segundo grupo de gráficas muestran la comparación en figuras radar, una para el riesgo, vulnerabilidad y exposición en cada eje, y la otra con todos los criterios. En esta ocasión el rodal de la comparación (en naranja) se muestra en comparación a la media del conjunto de datos de los rodales de referencia o las parcelas del IFN3 (en verde) según el filtro (conmutador en la parte superior de las gráficas).

4. Composición del índice

Relación de indicadores

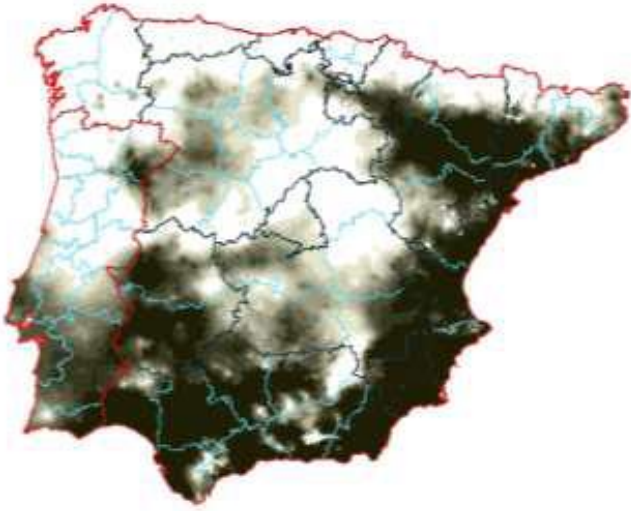
Criterio de exposición climática

Indicador: índice de aridez climática

Definición	Es el sumatorio de valores negativos del Índice de Precipitación Estandarizada de 24 meses acumulados en los últimos 30 años (1992-2021) de cada parcela.
Interpretación	Cuanto más alto sea el valor de este indicador mayor será la exposición histórica a la sequía.
Fuente de datos	Cartografía: mapa de valores negativos del SPI (24 meses) acumulados en 30 años (1992-2021) para la Península Ibérica. Las zonas geográficas con valores acumulados de sequía más negativos se muestran en color rojo más intenso. En colores naranja y amarillo es donde ha habido menor aridez acumulada en 30 años. 
Cálculo	La herramienta extrae los valores de la cartografía para cada parcela a partir de sus coordenadas geográficas.

Indicador: idoneidad climática de las especies

Definición	Es la media de la idoneidad climática de cada especie arbórea presente en la parcela, ponderada por el porcentaje de presencia.
Interpretación	Cuanto mayor sea el valor de idoneidad más adecuado es un lugar para una especie y, en consecuencia, menor será la exposición a la sequía.
Fuente de datos	Datos de campo: área basal de cada especie con pies de diámetro normal mayor o igual de 17,5 cm presente en el rodal. Cartografía: mapa de idoneidad climática de las principales especies arbóreas de España.

	
Cálculo	La herramienta extrae el valor de idoneidad para cada especie de la parcela a partir de sus coordenadas geográficas. Cada uno de estos se pondera por la proporción de área basal de cada especie de la parcela (ver indicador "Área basal"). La fórmula es la siguiente donde $\%AB_i$ es el porcentaje del área basal de cada especie y IC_i es el índice de idoneidad climática para la misma especie. $IC = \frac{\sum_{i=m}^n \%AB_i \cdot IC_i}{100}$

Criterio de exposición geográfica

Indicador: índice de humedad topográfica

Definición	El índice de humedad topográfica (TWI), también conocido como índice topográfico compuesto (CTI), es un índice de humedad de estado estacionario basado en la posición geográfica en la cuenca.
Interpretación	Cuanto mayor es el valor de TWI, mayor es la capacidad de retención de agua y nutrientes. Los fondos de valle y las llanuras aluviales tienen el valor más alto mientras que los puntos de fuerte pendiente y en las partes altas de la cuenca (incluyendo las crestas) es donde los valores son más bajos.

Fuente de datos	Cartografía: mapa del índice de humedad topográfica para España.
-----------------	---

	pierde el 50% o el 88% de la conductividad hidráulica (Ψ_{50} y Ψ_{88}).
Interpretación	Cuanto más negativo sea el valor de Ψ_x mayor será la resistencia al embolismo y en consecuencia menor será la susceptibilidad a la sequía. Si en una parcela las especies más abundantes pueden alcanzar valores de Ψ_x más negativos sin verse afectados, la comunidad será menos susceptible a la sequía.
Fuente de datos	Campo: proporción del área basal de cada especie de pies de diámetro normal mayor o igual de 17,5 cm de la parcela a partir de los datos de campo. Rasgos: valores de los rasgos funcionales Ψ_{50} (para las gimnospermas) y Ψ_{88} (para las angiospermas) de cada especie obtenidos de la base de datos TRY. Los valores de cada especie se pueden consultar en el anexo "Rasgos funcionales".
Cálculo	Se calcula la media ponderada de los valores del rasgo del potencial hídrico de cada especie ponderado por la proporción en área basimétrica en la parcela. La fórmula es la siguiente donde $\%AB_i$ es el porcentaje del área basal de cada especie y Ψ_{x_i} es el potencial hidráulico de las mismas. Tener en cuenta que Ψ_x es diferente en el caso de angiospermas que gimnospermas, Ψ_{50} y Ψ_{88} respectivamente. $CWM_{PH} = \frac{\sum_{i=m}^n \%AB_i \cdot \Psi_{x_i}}{100}$

Indicador: profundidad media de las raíces

Definición	Es la media ponderada de la comunidad, calculada a partir de la profundidad máxima a la que pueden llegar las raíces de cada especie si no hubiera obstáculos físicos.
Interpretación	A mayor valor de la profundidad de las raíces menor será la susceptibilidad a la sequía. Si en una parcela las especies más abundantes tiene valores altos de este rasgo funcional, la comunidad será menos susceptible a la sequía.
Fuente de datos	Campo: proporción del área basal de cada especie de pies de diámetro normal mayor o igual de 17,5 cm de la parcela a partir de los datos de campo. Rasgos: valores de los rasgos funcionales de la profundidad de las raíces de cada especie obtenidos de la base de datos TRY. Los valores de cada especie se pueden consultar en el anexo "Rasgos funcionales".
Cálculo	Se calcula la media ponderada de los valores del rasgo de profundidad de las raíces de cada especie ponderado por la proporción en área basimétrica en la parcela. La fórmula es la siguiente donde $\%AB_i$ es el porcentaje del área basal de cada especie y Rd_i es la profundidad de las raíces de estas. $CWM_{Rd} = \frac{\sum_{i=m}^n \%AB_i \cdot Rd_i}{100}$

Criterio de diversidad de susceptibilidad funcional

Indicador: diversidad de susceptibilidad al embolismo

Definición	Es la diversidad funcional de la susceptibilidad al embolismo, calculada a partir del potencial hídrico (Ψ_x) de cada especie de la conductividad hidráulica, es decir, Ψ_{50} y Ψ_{88} .
Interpretación	Cuanto mayor rango de valores de Ψ_x en la parcela mayor probabilidad de que alguna de las especies presentes (sea cual sea su abundancia en la parcela) sea capaz de resistir a la sequía. Si en una parcela alguna de las especies presentes tiene un valor de Ψ muy negativo la parcela será menos susceptible a la sequía.
Fuente de datos	Campo: lista de especies de pies de diámetro normal mayor o igual de 17,5 cm de presentes en la parcela a partir de los datos de campo. Rasgos: valores de los rasgos funcionales Ψ_{50} (para las gimnospermas) y Ψ_{88} (para las angiospermas) de cada especie obtenidos de la base de datos TRY. Los valores de cada especie se pueden consultar en el anexo "Rasgos funcionales".
Cálculo	Se calcula la diferencia de los valores de potencial hidráulico máximo y mínimo de las especies presentes en la parcela. La fórmula es la siguiente donde $\Psi_{x_{max}}$ y $\Psi_{x_{min}}$ son los valores máximos y mínimos de potencial hidráulico de entre las especies. Tener en cuenta que Ψ_x es diferente en el caso de angiospermas que gimnospermas, Ψ_{50} y Ψ_{88} respectivamente. $Fdiv_{PH} = \Psi_{x_{max}} - \Psi_{x_{min}}$

Indicador: diversidad de la profundidad de las raíces

Definición	Es la diversidad funcional calculada según la profundidad máxima (en m) a la que pueden llegar las raíces de cada especie si no hubiera obstáculos físicos.
Interpretación	Cuanto más elevado sea la profundidad a la que se pueda llegar con sus raíces una especie menor será la susceptibilidad a la sequía. Si en una parcela las especies más abundantes tiene valores altos de este rasgo funcional, la comunidad será menos susceptible a la sequía.
Fuente de datos	Campo: lista de especies de pies de diámetro normal mayor o igual de 17,5 cm de presentes en la parcela a partir de los datos de campo. Rasgos: valores de los rasgos funcionales de la profundidad de las raíces de cada especie obtenidos de la base de datos TRY. Los valores de cada especie se pueden consultar en el anexo "Rasgos funcionales".
Cálculo	Se calcula la diferencia de los valores de profundidad de raíces máximo y mínimo de las especies. La fórmula es la siguiente donde Rd_{max} y Rd_{min} son los valores máximos y mínimos de profundidad de las raíces de entre las especies. $Fdiv_{Rd} = Rd_{max} - Rd_{min}$

Criterio de susceptibilidad estructural y de composición

Indicador: área basal

Definición	Es el área basal total de la parcela (m ² /ha) obtenido como la suma del área de sección del tronco de cada árbol.
Interpretación	En condiciones de mayor escasez de agua, a mayor área basal mayor susceptibilidad a la sequía.
Fuente de datos	Campo: muestreo de los pies de más de 17,5 cm de diámetro normal (Dn, cm) de todas las especies arbóreas presentes.
Cálculo	Para cada parcela se calcula como la suma de las áreas basimétricas de cada uno de los pies de la parcela y relativo a una hectárea de superficie. La fórmula es la siguiente donde dn_i es el diámetro normal (cm) de cada pie y sup es la superficie de la parcela (m). $AB = \frac{\sum_{i=1}^n \pi (dn_i/2)^2}{sup} 10.000$

Indicador: diámetro normal medio

Definición	Es el diámetro normal correspondiente al área basal media.
Interpretación	Un mayor diámetro normal supone una mayor eficiencia y capacidad para explotar los recursos de manera que para una misma área basal total distribuida en menos árboles, pero de mayor tamaño supone una menor susceptibilidad de la comunidad a la sequía.
Fuente de datos	Campo: muestreo de los pies de más de 17,5 cm de diámetro normal (Dn, cm) de todas las especies arbóreas presentes.
Cálculo	Para cada parcela se calcula en términos de diámetro medio cuadrático como la relación entre el área basal y el número de pies. La fórmula es la siguiente donde AB es el área basal total de la parcela (ver indicador "Área basal", en m) y ρ es el número total de pies por hectárea. $D_g = 200 \cdot \sqrt{\frac{AB}{\pi \cdot \rho}}$

Indicador: número de especies arbóreas

Definición	Es el número de especies arbóreas distintas.
Interpretación	Una misma estructura en área basal y tamaño medio, pero con pies de varias especies, supone una menor susceptibilidad a la sequía.
Fuente de datos	Campo: muestreo de las especies con pies de más de 17,5 cm de diámetro normal (Dn, cm) presentes en la parcela.
Cálculo	Número de especies arbóreas diferentes presentes en la parcela.

Indicador: número de clases diamétricas

Definición	Número de clases diamétricas distintas.
Interpretación	Un rodal con una elevada diversidad de tamaños supone una menor susceptibilidad a la sequía porque hay una mayor probabilidad de que alguno de los pies, como consecuencia de su tamaño, estén menos expuestos a la sequía y sobrevivan.
Fuente de datos	Campo: muestreo de los pies de más de 17,5 cm de diámetro normal (Dn, cm) de todas las especies arbóreas presentes.
Cálculo	En cada parcela se cuantifica el número de clases diamétricas (de 5 en 5 cm) distintas en la parcela de cualquier especie.

Criterio de falta de capacidad de recuperación

Indicador: capacidad media de rebrote

Definición	Es la media ponderada de la comunidad calculada a partir de la capacidad de rebrote de cada especie en proporción al área basal ocupada por cada una.
Interpretación	Si en parcela una proporción elevada de las especies tiene elevada capacidad de rebrote la capacidad de recuperación será elevada (i.e., falta de capacidad de recuperación baja).
Fuente de datos	Campo: proporción del área basal de cada especie de pies de diámetro normal mayor o igual de 17,5 cm de la parcela a partir de los datos de campo. Rasgos: valores de los rasgos funcionales de la capacidad de rebrote de cada especie obtenidos de la base de datos TRY. Los valores de cada especie se pueden consultar en el anexo "Rasgos funcionales".
Cálculo	Se calcula la media ponderada de los valores del rasgo de capacidad de rebrote de cada especie ponderado por la proporción en área basimétrica en la parcela. La fórmula es la siguiente donde %AB _i es el porcentaje del área basal de cada especie y Rp _i es la capacidad de rebrote de estas. $CWM_Rp = \frac{\sum_{i=m}^n \%AB_i \cdot Rp_i}{100}$

Indicador: diversidad de capacidad de rebrote

Definición	Es la diversidad funcional calculada a partir de la capacidad de rebrote de cada especie.
Interpretación	Si en una parcela hay al menos una especie con elevada capacidad de rebrote se mantendrá la capacidad de recuperación
Fuente de datos	Campo: lista de especies de pies de diámetro normal mayor o igual de 17,5 cm de presentes en la parcela a partir de los datos de campo. Rasgos: valores de los rasgos funcionales de la capacidad de rebrote en base a criterio experto. Los valores de cada

	especie se pueden consultar en el anexo "Rasgos funcionales".
Cálculo	Se calcula la diferencia de los valores de la capacidad de rebrote máximo y mínimo de las especies de la parcela. La fórmula es la siguiente donde Rp_{max} y Rp_{min} son los valores máximos y mínimos de profundidad de las raíces de entre las especies. $Fdiv_{Rp} = Rp_{max} - Rp_{min}$

Indicador: Índice de regeneración

Definición	Índice que recoge el número de pies por hectárea, sea cual sea la especie, de las clases diamétricas 5, 10 y 15 ponderado por la clase diamétrica de forma que la CD15 cuenta por tres la CD10 por uno y la CD5 por un tercio.
Interpretación	A mayor valor del indicador (densidad de pies de las clases diamétricas 5, 10 y 15) menor falta de capacidad de recuperación.
Fuente de datos	Campo: cuantificación del número de pies de regeneración avanzada y pies menores, es decir, de los tamaños correspondientes a cada una de las clases de diámetros en donde CD5 son pies de diámetro normal igual o mayor de 2,5 y menor de 7,5 cm; CD10 de diámetro normal igual o mayor de 7,5 y menor de 12,5 cm; y CD15 de diámetro normal igual o mayor de 12,5 y menor de 17,5 cm.
Cálculo	Para cada parcela se calcula el índice de acuerdo la expresión siguiente donde CD5, CD10 y CD15 son el número de pies de cada una de las clases diamétricas. $IR = \frac{1}{3} \cdot CD5 + CD10 + 3 \cdot CD15$

Normalización de los indicadores

A escala de parcela

Los valores calculados de los indicadores a partir de la cartografía, de los datos de campo o de rasgos funcionales de especies se normalizan para poder combinarlos jerárquicamente entre ellos para obtener el índice compuesto de vulnerabilidad y de riesgo. Con este proceso todos los indicadores toman valores entre 0 y 10. Para ello y según la interpretación del indicador se proponen diferentes formas de normalización de signo diferente, donde V_i es el valor calculado del indicador para el rodal, V_{min} es el valor mínimo y V_{max} es el valor máximo que toma la variable:

- Positiva (+): si la relación entre la variable original es lineal y positiva la fórmula aplicada es:

$$I = \frac{(V_i - V_{min})}{(V_{max} - V_{min})} \cdot 10$$

- Negativa (-): si la relación entre a la variable original es lineal pero negativa:

$$I = 10 - \frac{(V_i - V_{min})}{(V_{max} - V_{min})} \cdot 10$$

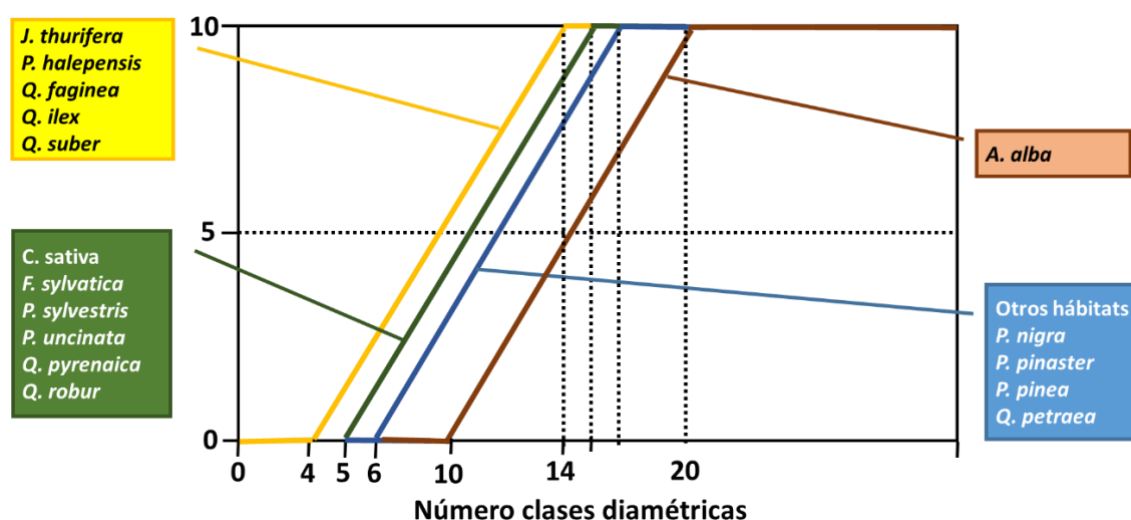


Figura 3. Ejemplo de relación logística positiva en función del hábitat (i.e., especie principal en la parcela).

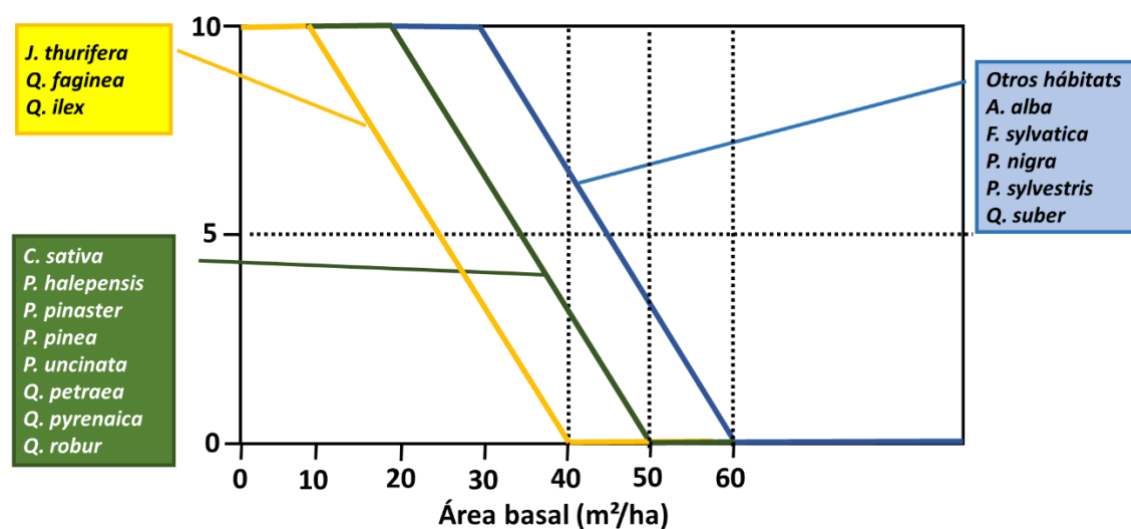


Figura 4. Ejemplo de relación logística negativa en función del hábitat (i.e., especie principal en la parcela).

El origen de los valores mínimos y máximos de referencia puede ser dos diferentes:

- Valores obtenidos de los datos de los indicadores calculados con las parcelas del Inventario Forestal Nacional 3 (IFN3) y las de la red de

Rodales de Referencia RedBosques (<http://redbosques.creaf.cat>). La normalización de estos valores se asemeja una función lineal.

- Valores umbrales inferior y superior que se han determinado para que el indicador tome los valores entre 0 y 10. En este caso la normalización se asemeja una relación logística que dependiendo de cómo sea se plantean dos situaciones diferentes (Figura 3 y Figura 4):
 - sí es positiva, el umbral inferior marca el valor por debajo del cual toma el valor 0 y el umbral superior el valor por encima del cual el indicador toma el valor 10; y
 - sí es negativa, el umbral inferior de la variable marca el valor a partir del cual toma el valor 10 y el umbral superior el valor por encima del cual el indicador toma el valor 0.

Tabla 5. Valores mínimos y máximos utilizados para normalizar los indicadores. La columna "Relación" indica la relación entre el indicador (valor normalizado) y la variable original. Los valores de los indicadores con relación logística son informativos porque los umbrales a aplicar se muestran en la Tabla 6.

Indicador	Signo	Relación	V_{min}	V_{max}
Índice de aridez climática	+	Lineal	0	508,6
Idoneidad climática de las especies	-	Lineal	0	1
Índice de humedad topográfica	-	Lineal	0,23	15,20
Radiación solar	+	Lineal	1041	2379
Pedregosidad	+	Lineal	1	5
Susceptibilidad media al embolismo	-	Lineal	0,030	10,39
Profundidad media de las raíces	-	Lineal	0,175	5,35
Diversidad de susceptibilidad al embolismo	-	Lineal	0	9,89
Diversidad de la profundidad de las raíces	-	Lineal	0	5,17
Área basal	+	Logística	0,56	143,7
Diámetro normal medio	-	Logística	17,5	204,4
Número de especies arbóreas	-	Lineal	1	7
Número de clases diamétricas	-	Logística	1	20
Capacidad media de rebrote	-	Lineal	0	8
Diversidad de capacidad de rebrote	-	Lineal	0	8
Índice de regeneración	-	Logística	0	60.000

Los valores mínimos y máximos para la normalización de cada indicador se muestran en la Tabla 5. A pesar de que se muestran para todos los indicadores, solo se utilizan para aquellos que la relación es de tipo lineal, ya sea positiva o negativa. Los umbrales de los indicadores con normalización tipo logística se muestran en la Tabla 6. Estos son diferentes para cada indicador y también para la especie dominante en área basal de la parcela.

En la Tabla 5 se muestran los valores mínimos y máximos obtenidos de los datos de las parcelas del IFN3 y de la red de rodales de Redbosques.

Tabla 6. Lista de valores umbral mínimo y máximo por hábitat (i.e. especie dominante en área basal en la parcela) de cada variable para la obtención del correspondiente valor normalizado de 0 a 10 del indicador (Figura 4). Entre corchetes debajo de cada variable se indica el valor que toma el indicador por debajo y por encima del valor original.

Especie dominante	Área basal (m²/ha) [10 – 0]	DN medio (cm) [0 – 10]	Número de CD [0 – 10]	Regeneración (pies/ha) [0 – 10]
<i>Abies alba</i>	20 – 45	25 – 45	6 – 15	500 – 1.500
<i>Juniperus thurifera</i>	10 – 35	20 – 40	5 – 11	500 – 1.500
<i>Pinus halepensis</i>	10 – 35	20 – 40	4 – 10	500 – 1.500
<i>Pinus nigra</i>	15 – 40	20 – 40	5 – 11	500 – 1.500
<i>Pinus pinaster</i>	10 – 35	25 – 45	4 – 10	500 – 1.500
<i>Pinus pinea</i>	10 – 35	25 – 45	5 – 11	500 – 1.500
<i>Pinus sylvestris</i>	15 – 40	20 – 40	5 – 11	500 – 1.500
<i>Pinus uncinata</i>	15 – 40	20 – 40	5 – 11	500 – 1.500
<i>Castanea sativa</i>	15 – 40	25 – 45	5 – 11	500 – 1.500
<i>Fagus sylvatica</i>	15 – 40	25 – 45	5 – 11	500 – 1.500
<i>Quercus</i>	10 – 35	25 – 45	5 – 11	500 – 1.500
<i>Quercus faginea</i>	10 – 35	20 – 40	5 – 11	500 – 1.500
<i>Quercus petraea</i>	15 – 40	25 – 45	5 – 11	500 – 1.500
<i>Quercus</i>	10 – 35	20 – 40	5 – 11	500 – 1.500
<i>Quercus</i>	10 – 35	20 – 40	5 – 11	500 – 1.500
<i>Quercus robur</i>	15 – 40	25 – 45	5 – 11	500 – 1.500
<i>Quercus ilex</i>	10 – 35	20 – 40	4 – 10	500 – 1.500
<i>Quercus suber</i>	10 – 35	25 – 45	5 – 11	500 – 1.500

A escala de rodal

Llegados a este punto los indicadores se han calculado y normalizado a escala de parcela, es decir que son indicadores de parcela. El valor del indicador para el rodal es el valor medio de los datos normalizados de las parcelas.

Construcción del índice compuesto

En esta fase de evaluación, los valores de los indicadores para cada rodal se agrupan mediante medias ponderadas primero en los criterios y posteriormente en los sub-ámbitos y ámbitos, con asignación de pesos para cada nivel según la importancia relativa a evaluar:

- En el sub-ámbito de la exposición a la sequía:

$$\text{Criterio de exposición climática (EC)} = \frac{5 \cdot IAC + 5 \cdot ICE}{10}$$

$$\text{Criterio de exposición geográfica (EG)} = \frac{4 \cdot IHT + 3 \cdot RAD + 3 \cdot PED}{10}$$

- En el sub-ámbito de la susceptibilidad:

$$\text{Criterio de media de susceptibilidad funcional}(MF) = \frac{4 \cdot SME + 6 \cdot PMR}{10}$$

$$\text{Criterio de diversidad de susceptibilidad funcional}(DF) = \frac{4 \cdot DSE + 6 \cdot DPR}{10}$$

$$\text{Crt. de sus. estruct. y de composición}(EC) = \frac{2 \cdot ABA + 3 \cdot DNM + 1 \cdot NEA + 4 \cdot NCD}{10}$$

$$\text{Subámbito de susceptibilidad}(S) = \frac{3 \cdot MF + 1 \cdot DF + 6 \cdot EC}{10}$$

- En el sub-ámbito de la falta de capacidad de recuperación:

$$\text{Criterio de falta de recuperación}(FR) = \frac{3 \cdot CMR + 1 \cdot DCR + 6 \cdot IRE}{10}$$

$$\text{Subámbito de falta de recuperación}(F) = \frac{10 \cdot FR}{10}$$

- La agregación de los sub-ámbitos:

$$\text{Ámbito de exposición}(E) = \frac{5 \cdot EC + 5 \cdot EG}{10}$$

$$\text{Ámbito de vulnerabilidad}(V) = \frac{9 \cdot S + 1 \cdot F}{10}$$

- La agregación al índice de riesgo:

$$\text{Índice riesgo a la sequía} = \frac{3 \cdot E + 7 \cdot V}{10}$$

Los pesos asignados en cada nivel y los códigos de los indicadores y otros niveles de agregación se muestran en la Tabla 7 y Tabla 8.

Tabla 7. Escala de aplicación de cada sub-ámbito y pesos asignados en cada nivel hasta el índice de riesgo de sequía.

Sub-ámbito	Peso	Ámbito	Peso	Índice
-	-	Exposición	3	Riesgo
Susceptibilidad	9	Vulnerabilidad	7	
Falta de capacidad de recuperación	1			

Tabla 8. Escala de aplicación de cada indicador y pesos asignados en cada nivel hasta sub-ámbito.

Código	Indicador	Peso	Criterio	Peso	Sub-ámbito
IAC	Índice de aridez climática	5	Exposición climática	3	-
ICE	Idoneidad climática de las especies	5			

IHT	Índice de humedad topográfica	4	Exposición geográfica	7	Susceptibilidad
RAD	Radiación solar	3			
PED	Pedregosidad	3			
SME	Susceptibilidad media al embolismo	4	Media de susceptibilidad funcional	3	
PMR	Profundidad media de las raíces	6			
DSE	Diversidad de susceptibilidad al embolismo	4	Diversidad de susceptibilidad funcional	1	
DPR	Diversidad de la profundidad de las raíces	6			
ABA	Área basal	2	Susceptibilidad estructural y de composición	6	
DNM	Diámetro normal medio	3			
NEA	Número de especies arbóreas	1			
NCD	Número de clases diamétricas	4			
CMR	Capacidad media de rebrote	3	Falta de capacidad de recuperación	10	Falta de capacidad de recuperación
DCR	Diversidad de capacidad de rebrote	1			
IRE	Índice de regeneración	6			

5. Anexos

Rasgos funcionales

Tabla de valores de los rasgos funcionales para las especies arbóreas extraídos de la base de datos TRY² y GRoot³. Rp: capacidad de rebrote. Grupo: grupo funcional (gym: gimnosperma, ang: angiosperma). Ψ_{50} y Ψ_{88} : potenciales hídricos en los que se pierde el 50% y 88% de la conductividad hidráulica, respectivamente. Rd: profundidad de las raíces.

Especie	Rp	Grupo	Ψ_{50}	Ψ_{88}	Rd	Especie	Rp	Grupo	Ψ_{50}	Ψ_{88}	Rd
<i>Abies alba</i>	0	gym	3.79	4.54	1.22	<i>Juniperus phoenicea</i>	0	gym	9.50	11.31	2.50
<i>Abies pinsapo</i>	0	gym	4.15	4.71	1.22	<i>Juniperus thurifera</i>	2	gym	9.50	11.31	1.12
<i>Acer campestre</i>	1	ang	3.87	4.60	0.04	<i>Larix sp.</i>	0	gym	3.83	4.67	0.90
<i>Acer monspessulanum</i>	1	ang	3.87	4.60	0.04	<i>Laurus nobilis</i>	8	ang	5.47	6.80	0.30
<i>Acer opalus</i>	1	ang	3.87	4.60	0.04	<i>Olea europaea</i>	1	ang	5.56	11.68	
<i>Acer platanoides</i>	1	ang	3.87	4.60	0.04	<i>Phillyrea latifolia</i>	1	ang	6.78	11.10	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1	ang	3.87	4.60	0.04	<i>Picea abies</i>	0	gym	3.70	4.36	1.18
<i>Alnus glutinosa</i>	1	ang	1.91	2.77	0.22	<i>Pinus halepensis</i>	0	gym	4.46	5.57	1.63
<i>Arbutus unedo</i>	8	ang	5.47	6.80	0.30	<i>Pinus nigra</i>	0	gym	3.27	4.25	0.88
<i>Betula pendula</i>	8	ang	1.96	2.50	0.85	<i>Pinus pinaster</i>	0	gym	3.86	4.66	1.76
<i>Betula pubescens</i>	8	ang	1.96	2.50	0.85	<i>Pinus pinea</i>	0	gym	4.00	5.66	1.63
<i>Betula sp.</i>	8	ang	1.96	2.50	0.85	<i>Pinus radiata</i>	0	gym	3.86	4.66	1.95
<i>Castanea sativa</i>	6	ang			0.04	<i>Pinus sylvestris</i>	0	gym	3.19	4.71	1.26
<i>Cedrus atlantica</i>	0	gym	4.85	5.83	2.02	<i>Pinus uncinata</i>	0	gym	3.86	4.66	1.63
<i>Cedrus deodara</i>	0	gym	4.85	5.83	2.02	<i>Pistacia terebinthus</i>	8	ang	8.42	10.42	1.40
<i>Cedrus libani</i>	0	gym	7.71	6.94	2.02	<i>Platanus hispanica</i>	1	ang	1.68	1.96	1.18
<i>Celtis australis</i>	1	ang	1.16	2.89	2.71	<i>Populus alba</i>	8	ang	1.52	2.30	0.61
<i>Ceratonia siliqua</i>	6	ang	5.76	9.05		<i>Populus nigra</i>	8	ang	2.95	3.50	0.81
<i>Corylus avellana</i>	1	ang	2.22	2.46	0.03	<i>Populus tremula</i>	8	ang	1.53	2.34	1.91
<i>Crataegus monogyna</i>	1	ang	7.62	8.93	1.06	<i>Populus x canadensis</i>	8	ang	2.15	1.68	1.91
<i>Cupressus sempervirens</i>	0	gym	10.39	13.97	3.24	<i>Prunus avium</i>	1	ang	4.77	5.65	
<i>Fagus sylvatica</i>	6	ang	3.08	3.90	0.87	<i>Prunus sp.</i>	1	ang	5.13	6.25	1.75
<i>Ficus carica</i>	8	ang	1.29	1.79	3.80	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0	gym	4.19	5.05	1.11
<i>Fraxinus angustifolia</i>	1	ang	2.80	3.40	0.04	<i>Pyrus malus</i>	6	ang	6.01	7.24	2.39
<i>Fraxinus excelsior</i>	8	ang	2.80	3.40	0.04	<i>Pyrus sp.</i>	1	ang	3.29	5.15	0.76
<i>Fraxinus ornus</i>	6	ang	2.80	3.40	0.04	<i>Quercus canariensis</i>	1	ang	3.87	6.15	3.20
<i>Ilex aquifolium</i>	8	ang	5.70	7.82	0.03	<i>Quercus faginea</i>	1	ang	3.87	6.15	3.20
<i>Juglans regia</i>	1	ang	2.26	2.55	3.60	<i>Quercus ilex</i>	8	ang	3.74	5.63	4.40
<i>Juniperus communis</i>	0	gym	5.83	7.86	0.65	<i>Quercus petraea</i>	1	ang	3.50	4.25	0.90
<i>Juniperus oxycedrus</i>	6	gym	9.50	11.31	1.68						

² <https://www.try-db.org/TryWeb/Home.php>

³ <https://groot-database.github.io/GRoot/>

Especie	Rp	Grupo	Ψ_{50}	Ψ_{88}	Rd	Especie	Rp	Grupo	Ψ_{50}	Ψ_{88}	Rd
<i>Quercus pubescens</i>	1	ang	3.87	6.15	3.20	<i>Sambucus nigra</i>	8	ang	1.36	1.89	0.44
<i>Quercus pyrenaica</i>	1	ang	3.87	6.15	3.20	<i>Sorbus aria</i>	8	ang	4.05	6.07	0.76
<i>Quercus robur</i>	1	ang	2.80	3.46	0.80	<i>Sorbus aucuparia</i>	1	ang	4.05	6.07	0.76
<i>Quercus suber</i>	8	ang	5.20	5.80	3.67	<i>Sorbus domestica</i>	1	ang	4.05	6.07	0.76
<i>Rhamnus alaternus</i>	8	ang	8.09		0.27	<i>Sorbus sp.</i>	1	ang	4.05	6.07	0.76
<i>Robinia pseudacacia</i>	1	ang			1.93	<i>Sorbus torminalis</i>	1	ang	4.05	6.07	0.76
<i>Salix caprea</i>	8	ang	1.60	1.94	0.98	<i>Taxus baccata</i>	8	gym	7.36	9.55	0.91
<i>Salix elaeagnos</i>	8	ang	1.60	1.94	0.98	<i>Tilia cordata</i>	1	ang	2.81	3.68	1.02
<i>Salix sp.</i>	8	ang	1.60	1.94	0.98	<i>Tilia platyphyllos</i>	1	ang	2.81	3.68	1.02
						<i>Tilia sp.</i>	1	ang	2.81	3.68	1.02
						<i>Ulmus minor</i>	1	ang			2.61

Lista de hábitats forestales

Lista de hábitats CORINE adaptada de Lista Patrón Española de Hábitats terrestres (LPEHT) (Grupo de Trabajo Técnico de Hábitat y Biorregiones 2016⁴). Se han indicado hábitats arbolados hasta el nivel 3 de la clasificación, y en hasta 4 para aquellos que no se diferenciaban por la especie dominante.

Hábitat (código y nombre)	Hábitat (código y nombre)
41 - Bosques caducifolios planifolios	42.83 - Pinares de pino piñonero (<i>Pinus pinea</i>), naturales o seminaturales
41.&1 - Bosques dominados por fresno (<i>Fraxinus excelsior</i>)	42.84 - Pinares de pino carrasco (<i>Pinus halepensis</i>)
41.1 - Hayedos (bosques dominados por <i>Fagus sylvatica</i>)	42.9 - Bosques de <i>Pinus canariensis</i> de las Islas Canarias
41.2 - Bosques mixtos caducifolios o robledales, mesótrofos, atlántico-medioeuropeos	42.A2 - Sabinares albares (bosques de <i>Juniperus thurifera</i>)
41.3 - Fresnedas de <i>Fraxinus excelsior</i>	42.A6 - Bosquetes de ciprés de Cartagena (<i>Tetraclinis articulata</i>)
41.4 - Bosques mixtos de laderas y barrancos	42.A7 - Tejedas (bosques dominados por <i>Taxus baccata</i>)
41.5&1 - Robledales acidófilos de <i>Quercus petraea</i>	42.A81 - Bosques canarios de <i>Juniperus cedrus</i>
41.5&2 - Robledales acidófilos de <i>Quercus robur</i>	42.A9 - Enebrales arbóreos (bosques dominados por <i>Juniperus oxycedrus</i> s.l.)
41.6 - Bosques de <i>Quercus pyrenaica</i>	42.AA - Sabinares negrales arbóreos (formaciones excepcionales de <i>Juniperus phoenicea</i> de porte arbóreo)
41.7&1 - Robledales de <i>Quercus humilis</i> (o híbridos)	44 - Bosques y otras formaciones leñosas de ribera o de suelos muy húmedos
41.7&2 - Quejigares de <i>Quercus faginea</i> s.l.	44.&1 - Alisedas
41.7&3 - Bosques de <i>Quercus canariensis</i>	44.&3 - Alamedas
41.83 - Bosquetes de arces (<i>Acer</i> spp.)	44.1 - Saucedas y sotos de sargas (<i>Salix</i> spp.) de las riberas de los cursos de agua
41.84 - Bosques (meso)supramediterráneos con abundancia de tilos (<i>Tilia platyphyllos</i>)	44.35 - Choperas de <i>Populus nigra</i> naturales del norte de la Península Ibérica
41.85 - Bosquetes de almez (<i>Celtis australis</i>)	44.62 - Olmedas ribereñas mediterráneas de <i>Ulmus minor</i>
41.86 - Bosques no ribereños de <i>Fraxinus angustifolia</i> o <i>F. ornus</i> , en ocasiones con robles o encinas	44.63 - Fresnedas ribereñas mediterráneas de <i>Fraxinus angustifolia</i>
41.9 - Castañares (bosques dominados por <i>Castanea sativa</i>)	44.813 - Tarayales (formaciones ribereñas dominadas por <i>Tamarix</i> spp.)
41.A - Formaciones de <i>Carpinus betulus</i>	45 - Bosques esclerofilos y laurifolios
41.B - Abedulares (no riparios ni de terrenos pantanosos)	45.11 - Bosques de acebuche (<i>Olea europaea</i> subsp. <i>sylvestris</i>)
41.D - Bosques dominados por álamo temblón (<i>Populus tremula</i>)	45.12 - Bosques de algarrobo (<i>Ceratonia siliqua</i>)
41.E - Formaciones de serbal de cazadores (<i>Sorbus aucuparia</i>)	45.2 - Alcornocales (bosques de <i>Quercus suber</i>)
42 - Bosques de coníferas	45.3 - Encinares (bosques de <i>Quercus ilex</i> o <i>Q. rotundifolia</i>)
42.&1 - Abetales de <i>Abies alba</i>	45.6 - Laurisilvas macaronésicas
42.19 - Pinsapares (abetales de <i>Abies pinsapo</i>)	45.7 - Palmerales arbóreos
42.4 - Pinares de pino negro (<i>Pinus uncinata</i>)	45.8 - Acebedas (bosques de <i>Ilex aquifolium</i>)
42.5 - Pinares de pino albar (<i>Pinus sylvestris</i>)	
42.6 - Pinares de <i>Pinus nigra</i> s.l.	
42.8&1 - Pinares de <i>Pinus pinaster</i>	

⁴ Grupo De Trabajo Técnico De Hábitat Y Biorregiones, 2016. Lista patrón española de hábitats terrestres.

Hábitats de Interés Comunitario

Lista de hábitats de interés comunitario (HIC) arbolados presentes en España. A partir de las fichas "Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España."

Hábitat (codigo y nombre)	
9120 - Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de <i>Ilex</i> y a veces de <i>Taxus</i> (<i>Quercion robori-petraeae</i> o <i>Ilici-Fagenion</i>)	<i>Rhododendron ponticum</i> y <i>Betula parvibracteata</i>
9130 - Hayedos del <i>Asperulo-Fagetum</i>	92D0 - Galerías y matorrales ribereños termomediterráneos (<i>Nerio-Tamaricetea</i> y <i>Flueggeion tinctoriae</i>)
9140 - Hayedos subalpinos medioeuropeos de <i>Acer</i> y <i>Rumex arifolius</i>	9320 - Bosques de <i>Olea</i> y <i>Ceratonia</i>
9150 - Hayedos calcícolas medioeuropeos del <i>Cephalanthero-Fagion</i>	9330 - Alcornocales de <i>Quercus suber</i>
9160 - Bosques pirenaico-cantábricos de roble y fresno	9340 - Encinares de <i>Quercus ilex</i> y <i>Quercus rotundifolia</i>
9180* - Bosques caducifolios mixtos de laderas abruptas, desprendimientos o barrancos (principalmente <i>Tilio-Acerion</i>)	9360* - Laurisilvas macaronésicas (<i>Laurus</i> , <i>Ocotea</i>)
91B0 - Fresnedas mediterráneas ibéricas de <i>Fraxinus angustifolia</i> y <i>Fraxinus ornus</i>	9370* - Palmerales de <i>Phoenix canariensis</i> endémicos canarios
91D0* - Turberas boscosas	9380 - Bosques de <i>Ilex aquifolium</i>
91E0* - Bosques aluviales arbóreos y arborescentes	9430 - Bosques montanos y subalpinos de <i>Pinus uncinata</i>
9230 - Robledales de <i>Quercus pyrenaica</i> y robledales de <i>Quercus robur</i> y <i>Quercus pyrenaica</i> del noroeste ibérico	9430* - Bosques montanos y subalpinos de <i>Pinus uncinata</i> en sustratos yesosos o calcáreos
9240 - Robledales ibéricos de <i>Quercus faginea</i> y <i>Quercus canariensis</i>	9520 - Abetales de <i>Abies pinsapo</i> Boiss
9260 - Bosques de <i>Castanea sativa</i>	9530* - Pinares (sud-) mediterráneos de <i>Pinus nigra</i> endémicos
92A0 - Alamedas, olmedas y saucedas de las regiones Atlántica, Alpina, Mediterránea y Macaronésica	9540 - Pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos
92B0 - Bosques en galería de ríos con caudal intermitente en la Región Mediterránea con	9550 - Pinares endémicos canarios
	9560* - Bosques endémicos de <i>Juniperus</i> spp.
	9570* - Bosques de <i>Tetraclinis articulata</i>
	9580* - Bosques mediterráneos de <i>Taxus baccata</i>
	99999 - Bosque no HIC

Lista de especies arbóreas

Lista de especies de árboles europeos y su código (Cód.) correspondiente para Flora Europea. En la columna "Ex." Se indica si la especie es exótica.

Cód.	Nombre	Éx.	Cód.	Nombre	Éx.	Cód.	Nombre	Éx.
100	<i>Abies alba</i>		79	<i>Erica manipuliflora</i>		126	<i>Pinus heldreichii</i>	
147	<i>Abies amabilis</i>	X	17	<i>Eucalyptus</i> sp.	X	127	<i>Pinus leucodermis</i>	
101	<i>Abies borisii-regis</i>		18	<i>Fagus moesiaca</i>		128	<i>Pinus mugo</i> (P. montana)	
102	<i>Abies cephalonica</i>		19	<i>Fagus orientalis</i>		129	<i>Pinus nigra</i>	
103	<i>Abies grandis</i>	X	20	<i>Fagus sylvatica</i>		130	<i>Pinus pinaster</i>	
104	<i>Abies nordmanniana</i>		228	<i>Ficus carica</i>		131	<i>Pinus pinea</i>	
105	<i>Abies pinsapo</i>		21	<i>Fraxinus angustifolia</i>		132	<i>Pinus radiata</i>	x
106	<i>Abies procera</i>	X	22	<i>Fraxinus excelsior</i>		133	<i>Pinus strobus</i>	x
219	<i>Abies</i> sp.		23	<i>Fraxinus ornus</i>		134	<i>Pinus sylvestris</i>	
220	<i>Acacia dealbata</i>	X	229	<i>Gleditsia triacanthos</i>	X	135	<i>Pinus uncinata</i>	
221	<i>Acacia melanoxylon</i>	X	24	<i>Ilex aquifolium</i>		85	<i>Pistacia terebinthus</i>	
1	<i>Acer campestre</i>		91	<i>Ilex canariensis</i>		30	<i>Platanus orientalis</i>	
2	<i>Acer monspessulanum</i>		25	<i>Juglans nigra</i>	X	239	<i>Pleiomeris canariensis</i>	
222	<i>Acer negundo</i>	X	26	<i>Juglans regia</i>		31	<i>Populus alba</i>	
3	<i>Acer opalus</i>		150	<i>Juniperus cedrus</i>		32	<i>Populus canescens</i>	
4	<i>Acer platanoides</i>		111	<i>Juniperus communis</i>		33	<i>Populus hybrides</i>	
5	<i>Acer pseudoplatanus</i>		112	<i>Juniperus oxycedrus</i>		34	<i>Populus nigra</i>	
215	<i>Acer</i> sp.		113	<i>Juniperus phoenicea</i>		211	<i>Populus</i> sp.	
223	<i>Ailanthus altissima</i>	X	114	<i>Juniperus sabina</i>		35	<i>Populus tremula</i>	
6	<i>Alnus cordata</i>		115	<i>Juniperus thurifera</i>		36	<i>Prunus avium</i>	
7	<i>Alnus glutinosa</i>		116	<i>Larix decidua</i>		37	<i>Prunus dulcis</i>	
8	<i>Alnus incana</i>		117	<i>Larix kaempferi</i>	X	38	<i>Prunus padus</i>	
216	<i>Alnus</i> sp.		218	<i>Larix</i> sp.		39	<i>Prunus serotina</i>	x
9	<i>Alnus viridis</i>	X	92	<i>Laurus canariensis</i>		136	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	x
224	<i>Apollonias barbuja</i>		80	<i>Laurus nobilis</i>		40	<i>Pyrus communis</i>	
74	<i>Arbutus andrachne</i>		230	<i>Ligustrum japonicum</i>	X	240	<i>Quercus canariensis</i>	
225	<i>Arbutus canariensis</i>		27	<i>Malus domestica</i>		41	<i>Quercus cerris</i>	
73	<i>Arbutus unedo</i>		231	<i>Morus</i> sp.	X	42	<i>Quercus coccifera</i>	
10	<i>Betula pendula</i>		93	<i>Myrica faya</i>		43	<i>Quercus faginea</i>	
11	<i>Betula pubescens</i>		232	<i>Myrica rivas-martinezii</i>		44	<i>Quercus frainetto</i>	
212	<i>Betula</i> sp.		233	<i>Ocotea phoetens</i>		45	<i>Quercus fruticosa</i> (Q. lusitanica)	
88	<i>Betula tortuosa</i>		28	<i>Olea europaea</i>		49	<i>Quercus humilis</i>	
13	<i>Carpinus betulus</i>		29	<i>Ostrya carpinifolia</i>		46	<i>Quercus ilex</i>	
14	<i>Carpinus orientalis</i>		199	Otras coníferas		47	<i>Quercus macrolepis</i>	
15	<i>Castanea sativa</i>		99	Otras planifolias		48	<i>Quercus petraea</i>	
107	<i>Cedrus atlantica</i>		234	<i>Persea indica</i>		50	<i>Quercus pyrenaica</i>	
108	<i>Cedrus deodara</i>	X	82	<i>Phillyrea latifolia</i>		51	<i>Quercus robur</i>	
143	<i>Cedrus libani</i>		235	<i>Phoenix canariensis</i>		52	<i>Quercus rotundifolia</i>	
226	<i>Celtis australis</i>		236	<i>Phoenix</i> sp.	X	53	<i>Quercus rubra</i>	x
75	<i>Ceratonia siliqua</i>		83	<i>Phyllyrea angustifolia</i>		54	<i>Quercus suber</i>	
76	<i>Cercis siliquastrum</i>		237	<i>Picconia excelsa</i>		55	<i>Quercus trojana</i>	
140	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	X	118	<i>Picea abies</i>		87	<i>Rhamnus alaternus</i>	
16	<i>Corylus avellana</i>		119	<i>Picea omorika</i>		56	<i>Robinia pseudoacacia</i>	
90	<i>Crataegus monogyna</i>		120	<i>Picea sitchensis</i>	X	57	<i>Salix alba</i>	
217	<i>Crataegus</i> sp.		238	<i>Pinus banksiana</i>	X	241	<i>Salix atrocinerea</i>	
109	<i>Cupressus lusitanica</i>		121	<i>Pinus brutia</i>		58	<i>Salix caprea</i>	
110	<i>Cupressus sempervirens</i>		122	<i>Pinus canariensis</i>		59	<i>Salix cinerea</i>	
999	Desconocido		123	<i>Pinus cembra</i>		60	<i>Salix eleagnos</i>	
227	<i>Dracaena draco</i>		124	<i>Pinus contorta</i>	X			
			125	<i>Pinus halepensis</i>				

Cód.	Nombre	Éx.
61	<i>Salix fragilis</i>	
62	<i>Salix sp.</i>	
242	<i>Sambucus nigra</i>	
243	<i>Sideroxylon mirmulano</i>	
244	<i>Sophora japónica</i>	x
63	<i>Sorbus aria</i>	
64	<i>Sorbus aucuparia</i>	
65	<i>Sorbus domestica</i>	

Cód.	Nombre	Éx.
66	<i>Sorbus torminalis</i>	
67	<i>Tamarix africana</i>	
670	<i>Tamarix sp.</i>	
137	<i>Taxus baccata</i>	
245	<i>Tetraclinis articulata</i>	
138	<i>Thuya sp.</i>	x
68	<i>Tilia cordata</i>	
69	<i>Tilia platyphyllos</i>	

Cód.	Nombre	Éx.
210	<i>Tilia sp.</i>	
139	<i>Tsuga sp.</i>	x
70	<i>Ulmus glabra</i>	
71	<i>Ulmus laevis</i>	
72	<i>Ulmus minor</i>	
246	<i>Ulmus pumila</i>	x
213	<i>Ulmus sp.</i>	
247	<i>Visnea mocanera</i>	

Ficha de campo