



Escuela Politécnica
Superior - Huesca
Universidad Zaragoza

Repoblaciones y gestión de masas artificiales



Álvaro Hernández Jiménez

Ingeniero Técnico Forestal

Jefe de Sección de Sanidad Forestal de Zaragoza

**Ciclo de Conferencias “Gestión forestal sostenible”
Actividad formativa “Conocimiento Abierto. Espacio de Encuentro”
Escuela Politécnica Superior de Huesca, 9 de noviembre de 2016**

Replantaciones en España:

≈ 5 M de hectáreas

Replantaciones en Aragón:

≈ 300.000 hectáreas

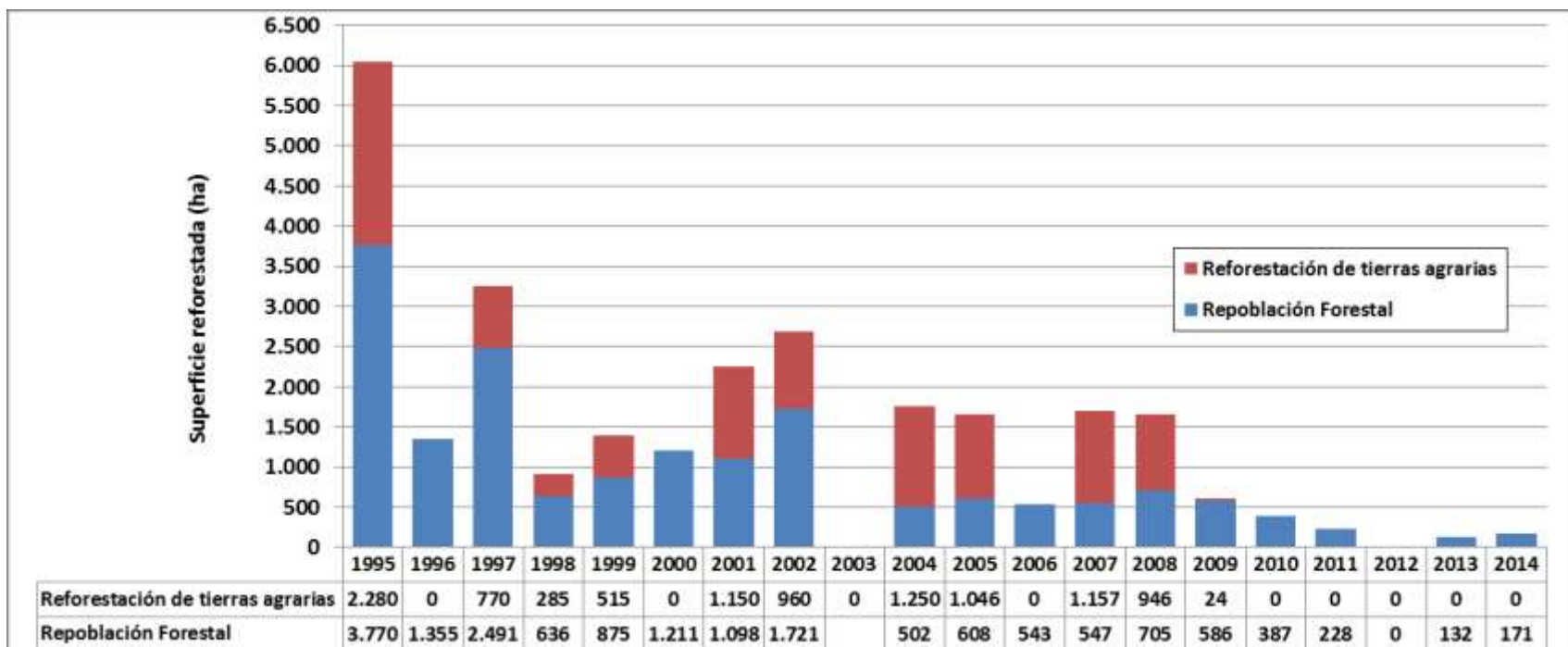
(M. F. A.): 280.000 ha.

1995-2014: 30.000 ha.

Forestal: 17.600 ha.

PAC: 10.400 ha.

Especie	Sup. (ha)
Pinus uncinata	281
Pinus sylvestris	45.068
Pinus nigra	68.632
Pinus pinaster	10.172
Pinus halepensis	71.402
Pinus pinea	334
Mezclas de pinos	44.365
Populus sp.	6.474
Mezclas de pinar natural y repoblado	3.395
Mezclas de cupulíferas y pinar repoblado	30.159
TOTAL	280.282



Primeras repoblaciones:

1859, Zuera: siembra de 500 ha quemadas.

1880, Zuera: montes Puitroncón y Pedregal. Siembra y plantación de pino carrasco, pino piñonero y encina.

1888, Tarazona: Dehesa del Moncayo. Siembra y plantación de pino albar, pino piñonero, haya, roble (*Quercus robur*) y castaño.

1897, Borja: Muela Alta y Baja. Siembra de 728 hectáreas de encina y coscoja, y acotado de 180 hectáreas para permitir la progresión del regenerado natural

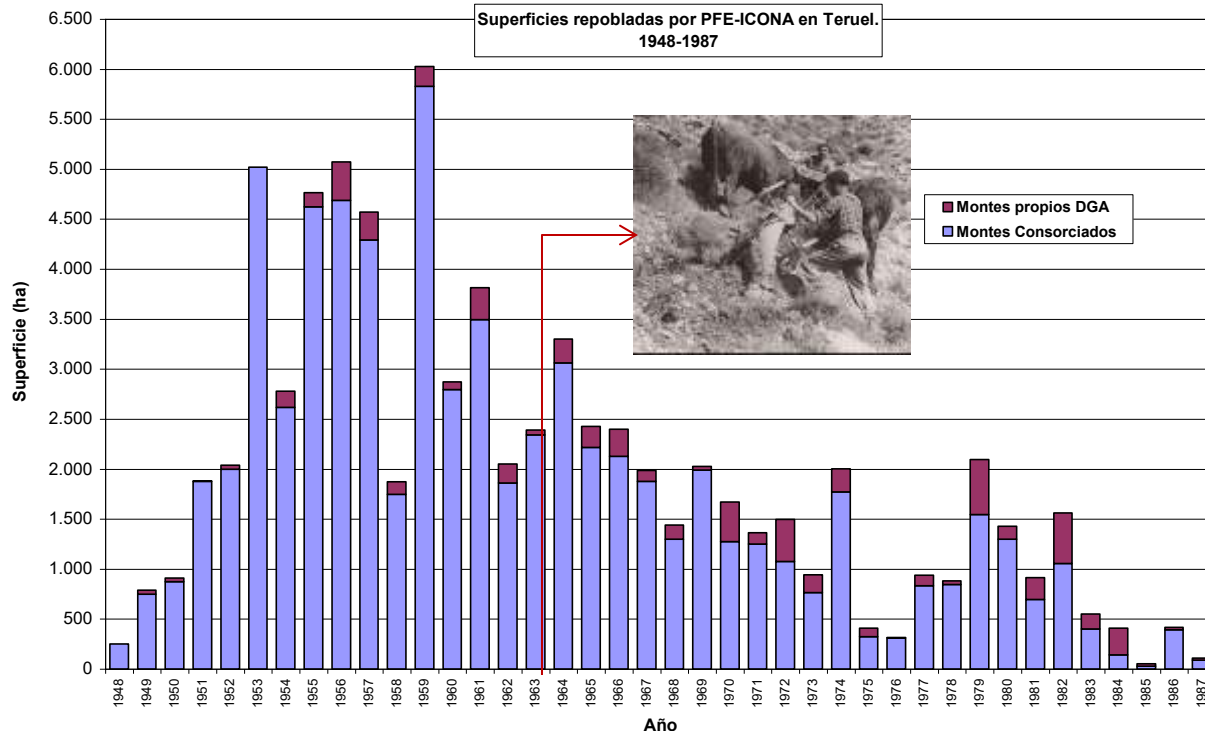
A partir de 1907: trabajos de la 6ª División Hidrológico-Forestal: Corrección de torrentes y restauración de cuencas en barrancos Arratiecho y Arás (Biescas) y Arguisal en el Río Gállego, y Torrente Los Meses y defensa de la estación Internacional de Canfranc en el Río Aragón.

La mayor parte de la superficie repoblada lo fue entre 1945 y 1985 (masas de edad entre 30 y 70 años).

Hasta 1950 prácticamente todas las plantaciones fueron manuales.

Entre 1950 y 1963 la preparación del terreno se hizo con bueyes y más raramente con caballerías.

A partir de 1963 se utilizan medios mecánicos: hasta 1990 predomina el bulldozer; a partir de 1990 predomina la retroaraña.



Canfranc
Bco. Estiviellas
1915



Canfranc
Bco. Estiviellas
2012



La Puebla de Albortón (Z), Z-3049

1962



2004



Morata de Jiloca (Z), MUP Z-328

1962



2004



Calatayud (Z), Dehesa de Armantes, Z-2001

1962



Fotografía: Emilio Pérez Bujarrabal

2016





A photograph of a forest floor covered in a thick layer of vibrant green moss. The moss is the dominant color in the foreground, with some dry twigs and small rocks scattered throughout. In the background, numerous bare, brown tree trunks and branches rise up, creating a dense, textured canopy. The lighting is soft and natural, suggesting a dappled sunlight filtering through the trees.

Algunas nociones de Ecología Forestal

Bases para la gestión

El funcionamiento del rodal arbolado

- 1.- **Ocupación** del espacio: establecimiento de una nueva cohorte vegetal tras una perturbación.
- 2.- **Superación** de los árboles al resto de la vegetación y **Cierre del dosel** arbóreo.
- 3.- **Acumulación** de biomasa. **Exclusión** competitiva de las especies intolerantes, **muerte de arbolado por competencia**.
- 4.- **Maduración** de la cohorte inicial, **instalación de especies tolerantes a la sombra**.
- 5.- Apertura de claros por muerte del arbolado maduro: **diversificación de las estructuras vertical y horizontal**, diversificación de nichos.
- 6.- **Rodal viejo**: muerte de la cohorte inicial, sustitución por pies regenerados, acumulación de biomasa muerta y materia orgánica en el suelo.

La ocupación del espacio vegetativo

En los ecosistemas naturales es una fase con un alto grado de azar (perturbación, legados, especies disponibles, predadores y dispersores, etc).

En las repoblaciones se crean las condiciones para favorecer a las especies implantadas.

Las repoblaciones se diseñaban para minimizar el tiempo necesario para el cierre del dosel.

Ocupación del espacio vegetativo



Ocupación del espacio vegetativo



Ocupación del espacio vegetativo



Ocupación del espacio vegetativo



Superación y cierre del dosel

Fase de fuerte competencia interespecífica, fundamentalmente por agua y nutrientes.

- No se produce exclusión sino diferenciación en estratos.**
- El ritmo de crecimiento condiciona la estructura futura del rodal.**
- La longevidad y altura de las especies conllevan a la larga su éxito competitivo.**
- La fase finaliza con el cierre del dosel: tangencia de copas.**

Superación y cierre del dosel arbóreo



Superación y cierre del dosel arbóreo



Superación y cierre del dosel arbóreo



Superación y cierre del dosel arbóreo





2002



08-07-2003



10-06-2009



25-10-2015

Fase de acumulación (exclusión de fustes)

Fase de fuerte competencia interespecífica e intraespecífica fundamentalmente por la luz.

- Profunda modificación de las condiciones: ambiente de bosque.**
- Se produce la exclusión de los estratos sumergidos bajo el dosel.**
- Se producen efectos plásticos en los árboles: autopoda, diferenciación de estratos en el dosel arbóreo.**
- Se produce mortalidad del arbolado por competencia.**

**Fase de acumulación:
Eliminación de especies intolerantes**



**Fase de acumulación:
Eliminación de especies intolerantes**



**Fase de acumulación:
Muerte por competencia: autoaclareo**



**Fase de acumulación:
Muerte por competencia: autoclareo**



Fase de reposición

La muerte de pies arbóreos y la desaparición del matorral liberan espacio vegetativo. Se producirá la instalación de especies más tolerantes a la sombra en función de:

- **Disponibilidad de especies y de dispersores.**
- **Características del dosel: inhibición.**
- **Predación de semillas y plántulas.**
- **Calidad de estación.**

**Fase de reposición:
Instalación de plantas tolerantes a la sombra**



**Fase de reposición:
Instalación de plantas tolerantes a la sombra**



**Fase de reposición:
Instalación de plantas tolerantes a la sombra**



LA COMPETENCIA

La **competencia** es un tipo de interacción que tiene lugar cuando algunos organismos sufren una reducción en su crecimiento, fecundidad y en última instancia en su supervivencia , como resultado de:

La interferencia por parte de otros organismos
(Competencia directa).

y/o

La explotación de los mismos recursos que otros organismos
(Competencia indirecta).

LA COMPETENCIA

La competencia se produce por recursos que son limitados

El recurso con menor disponibilidad será el que genere una mayor competencia entre los árboles: ley del mínimo

La disponibilidad de un recurso puede compensar la falta de otros, permitiendo la supervivencia y crecimiento: ley de la compensación

LA COMPETENCIA

**La competencia es un mecanismo recíproco:
todos los individuos se ven afectados**

Competencia anárquica: todos los individuos se ven afectados en igual medida, lo que a larga les llevará a la muerte. *Efecto más habitual en repoblaciones que en masas naturales.*

Competencia regulada: una parte de los individuos obtiene cantidad suficiente de recurso y otra no lo consigue y mueren

LA COMPETENCIA

Los efectos de la competencia son dependientes de la densidad

La probabilidad de que cualquier individuo se vea afectado adversamente aumenta con el número de competidores.

Conforme se incrementa la densidad se va incrementando también la intensidad de la competencia:

- se producen respuestas plásticas afectando a la calidad reproductiva de los supervivientes.
- se produce mortalidad.

LA COMPETENCIA

El efecto último de la competencia es siempre reducir la contribución de los individuos de una generación a la siguiente

La competencia produce mortalidad y un descenso en la fecundidad: los individuos más afectados no aportarán descendencia a las generaciones siguientes

Señales de la competencia

A photograph of a forest with many thin, vertical tree trunks. The ground is covered in brown pine needles and fallen branches. Several dead trunks are lying horizontally on the ground, indicating a process of natural selection or competition. The trees are mostly conifers, and the overall scene suggests a forest undergoing a process of thinning or regeneration.

Muerte de pies

Señales de la competencia



Pies esbeltos, escasa copa viva

Señales de la competencia



Espesura trabada

Señales de la competencia

A photograph of a pine forest where the trees are tall and thin, with many lower branches that appear dead or dormant. This visualizes the concept of competition in a forest where trees are crowded together.

Pies ahilados, ramas delgadas, activa poda

Señales de la competencia

A photograph of a pine forest. The trees are mostly tall and thin, with dark, textured bark. Many of the trees are dead or dormant, showing bare, skeletal branches. The ground is covered in dry pine needles and some fallen branches, with very little green undergrowth or grass. The lighting is bright, suggesting a sunny day, and the overall scene is one of a forest in a state of decline or high competition.

Ausencia total de sotobosque

Señales de la competencia

A landscape photograph showing a dense forest of green trees with some reddish-brown patches. A large, dark tree branch with leaves is in the foreground, framing the top and right sides of the image. The sky is clear and blue.

Muerte sobrevenida

¿Porqué se produce mortalidad por competencia?

Ley de Yoda:

El peso del individuo medio (ω) de una población depende de la densidad (N):

$$\text{Log } \omega = \text{Log } c - 3/2 \text{ Log } N ; \quad \omega = c N^{-3/2}$$

La masa sólo puede ganar biomasa (mayor peso del individuo medio) a costa de perder densidad.

¿Porqué se produce mortalidad por competencia?

Si no hay disminución de densidad:

- **Los árboles disminuyen su crecimiento, que llega incluso a anularse (estancamiento)**
- **Se produce una disminución en la fecundidad**

Los efectos se agravan en las repoblaciones debido a su escasa variabilidad genética

**Para superar esto:
Se produce mortalidad**

¿Porqué se produce mortalidad por competencia?

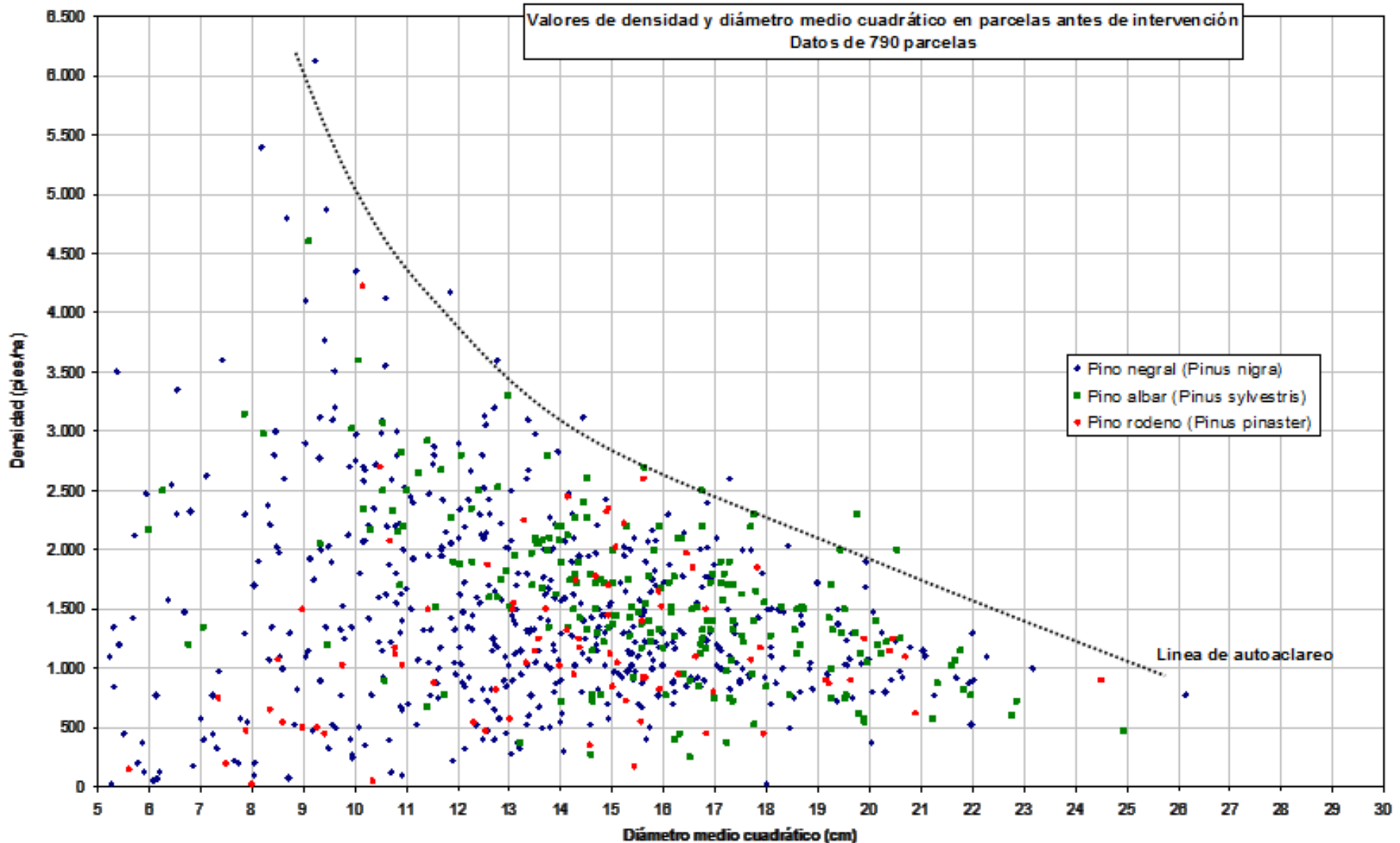
Para cada especie y estación existe una capacidad de carga máxima, que se traduce en una densidad biológica máxima.

Depende de la fisiología de la especie y fundamentalmente de la calidad de estación: suelo, clima, fisiografía, etc.

Las especies de sombra soportan mayor densidad

Las mejores estaciones soportan mayor densidad

¿Porqué se produce mortalidad por competencia?



Disminución del crecimiento

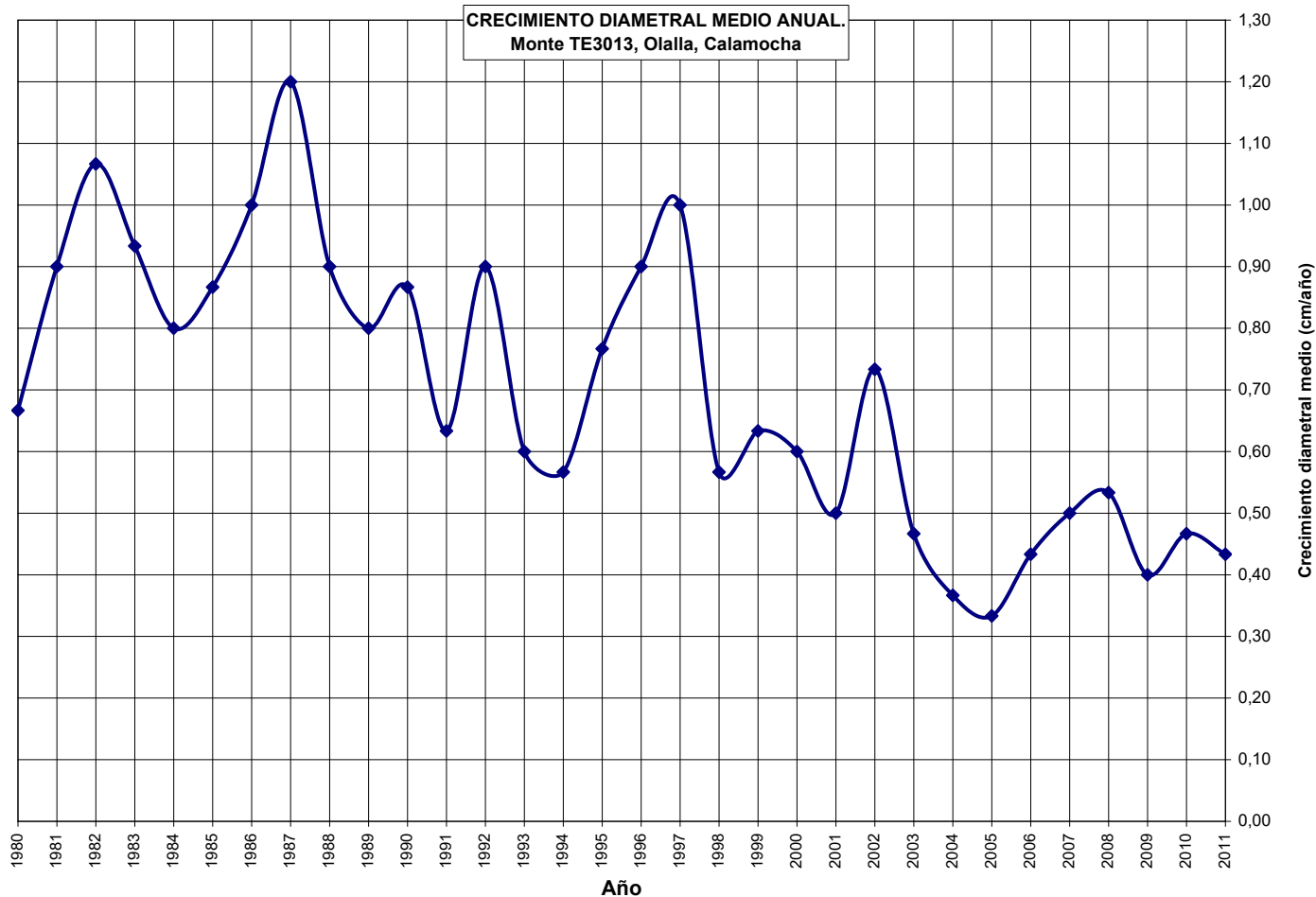
El descenso de la densidad como resultado de la competencia no es paralelo al de la biomasa de la población

Ley de la producción final constante:

La producción total de la población no varía con el incremento de la densidad de plantas porque, paralelamente a este incremento, cada individuo va reduciendo su tasa de crecimiento, con lo que, finalmente, adquiere un tamaño menor que el que hubiese tenido de no experimentar efectos dependientes de la densidad

Disminución del crecimiento

La mortalidad es el efecto último. Antes se produce una disminución del crecimiento



Disminución del crecimiento

Postulado de *Eichhorn*:

El crecimiento total de una masa forestal en una estación dada, mientras no varíen las condiciones de fertilidad o de calidad de estación, **es independiente del número total de pies**

Postulado de *Assman*:

La producción acumulada en un rodal tiende a ser constante siempre que las cortas se mantengan dentro de un rango tal que no supongan desaprovechamiento de los recursos por parte del arbolado

EFECTOS DE LA COMPETENCIA. RESUMEN.

- La competencia comienza mucho antes de que se produzca mortalidad: respuestas plásticas como autopoda, ahilamiento, curvatura hacia la luz, etc.**
- Se produce una disminución del crecimiento. Riesgo de estancamiento, mayor en especies tolerantes.**
- El autoaclareo comienza en el momento en que la masa alcanza del orden del 50% de la densidad máxima que puede soportar.**





LA COMPETENCIA

Espesura:

Grado de solidaridad que los individuos de una masa presentan entre sí (Serrada, 2004)

Grado de agrupamiento o proximidad entre los árboles de una masa (S.E.C.F., 2005)

Relación de competencia que existe entre los árboles de un bosque o rodal (Montoya et al., 2004)

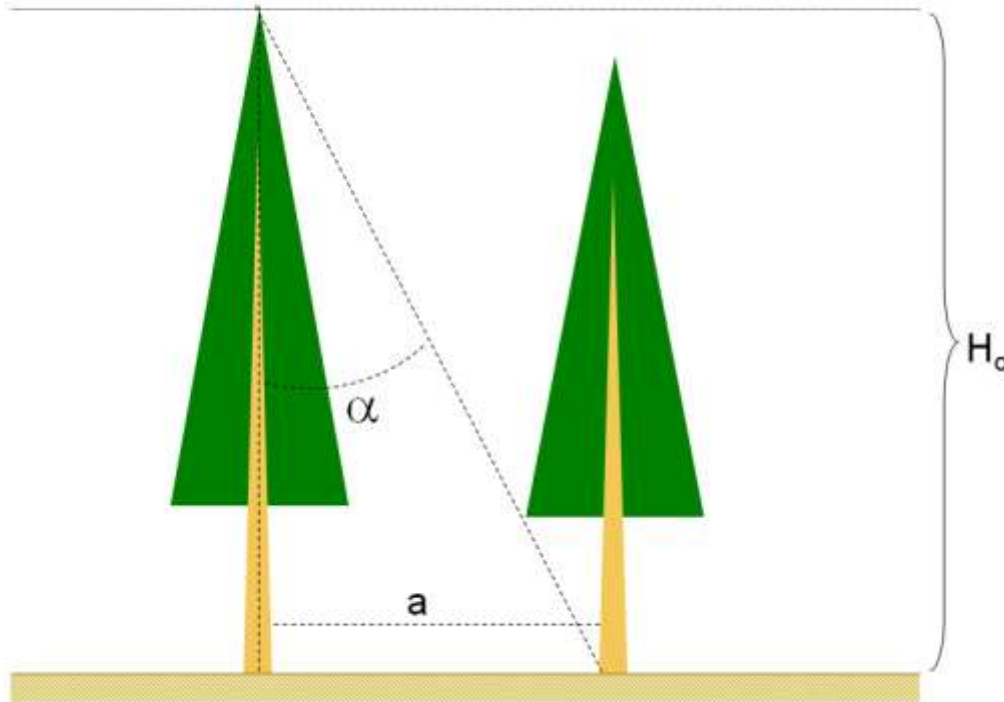
ÍNDICES DE ESPESURA

ÍNDICE DE HART-BECKING (I_H ó S)

$$S = \frac{a}{H_0} 100$$

$$S = \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{H_0}$$

$$S(\%) = \frac{a}{H_0} 100$$



Relación entre el espaciamiento medio del arbolado (a) y su altura dominante (H_0), expresado en tanto por cien:

* El espaciamiento medio (a) se deduce de la densidad (N), existiendo distintos marcos de distribución uniforme (marco real o al tresbolillo):

Marco de distribución real:

$$N = \frac{10,000}{a^2}$$

Marco de distribución al tresbolillo:

$$N = \frac{20,000}{\sqrt{3} a^2}$$

H_0 = altura dominante de Assman (100 árboles más gruesos por ha)

a = espaciamiento medio

ÍNDICES DE ESPESURA

ÍNDICE DE HART-BECKING (I_H ó S)

El índice es proporcional al espaciamiento, e INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA ESPESURA: a mayor S menor espesura.

Índice de Hart-Becking (S)

S < 15% : Espesura trabada con alto grado de inestabilidad individual de los pies que la componen.

15% < S < 20% : Espesuras completas a trabadas de masas en las que generalmente no se ha realizado aún tratamiento de mejora (clareo o clara) alguno, suponen la mayoría de las masas procedentes de regeneración natural.

20 < S < 25% : Espesura completa que permiten la ejecución de claras sin grandes problemas de estabilidad individual,

25% < S Espesura incompleta clara en adelante y suelen darse tras los tratamientos de mejora, en las fases adultas del arbolado (fustales) o en masas con espesura incompleta intrínseca (formas derivadas de masa).

Especie	S(%)
P. uncinata	16% - 20 %
P sylvestris	17% - 22 %
P, nigra	18% - 25 %
P. Pinaster (norte)	20% - 25 %
P. Pinaster (continental)	25 % - 35 %
P. halepensis	30 % - 45 %

ÍNDICES DE ESPESURA

ÍNDICE DE REINEKE (SDI)

El diámetro medio cuadrático de un rodal (D_g) depende de su densidad (N):

$$\ln N = a - 1,605 \cdot \ln D_g$$

$$N = a D_g^{-1,605}$$

ÍNDICES DE ESPESURA

ÍNDICE DE REINEKE (SDI)

El índice de Reineke (SDI): Se conoce así al máximo número de pies que puede soportar un rodal de 25 cm. de diámetro medio cuadrático.

Localización	Teruel	Purujosa (MUP 47)	Castilla y León	Sierra Nevada (Granada)	Cataluña Interior y Aragón	Cataluña	Páramos ácidos N de CyL	Pirineo	Albarracín (Teruel)	Rodenal (Guadalajara)	Serranía de Cuenca
Tipo de masa	Replantaciones	Replantaciones	Replantaciones	Replantaciones	Replantaciones y masas naturales	Replantaciones y masas naturales		Masas naturales	Masas naturales	Masas naturales	Masas naturales
Pinus uncinata								1.760			
Pinus sylvestris	1.329		1.445	1.396			1.124				
Pinus nigra	1.273	1.216	1.621	1.354							
Pinus pinaster	1.027		1.629	1.302	1.127				1.159	848	1.127
Pinus halepensis	871				1.289	820					

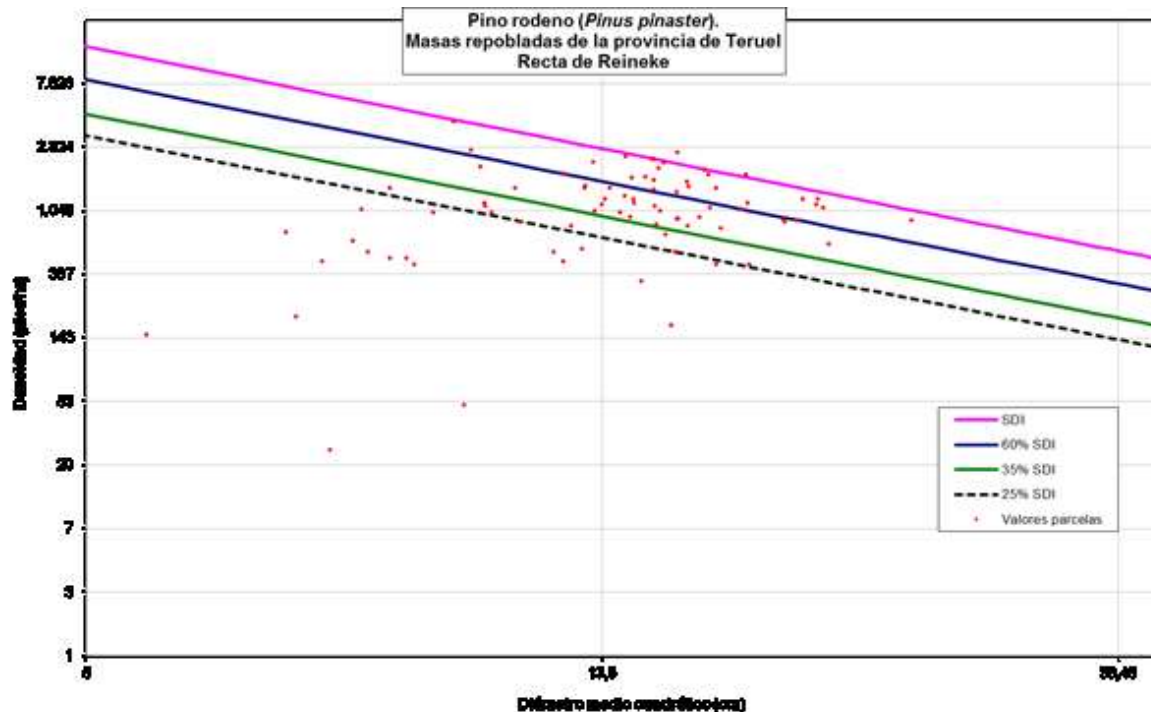
Se puede calcular conocido el par de valores N,Dg:

$$SDI = N \cdot (25/Dg)^{-1,605}$$

ÍNDICES DE ESPESURA

ÍNDICE DE REINEKE (SDI)

La densidad biológica máxima (SDI_{max}):
Corresponderá a la recta que teniendo como pendiente
-1,605 pase por el punto (N,Dg) de mayor espesura



ÍNDICES DE ESPESURA

ÍNDICE DE REINEKE (SDI)

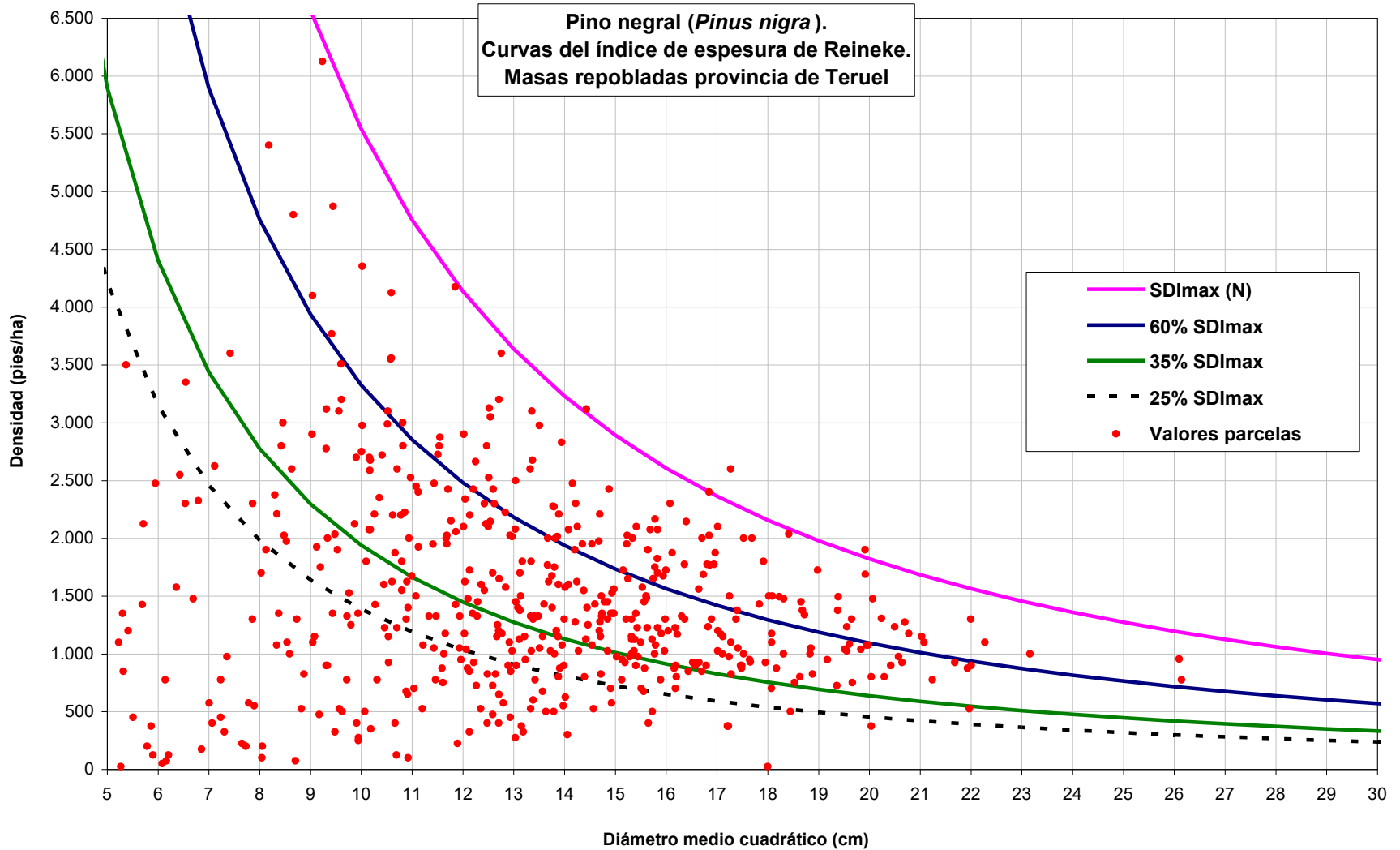
En las masas de coníferas la espesura óptima se sitúa entre el 35% y el 60% de SDI_{max}

Espesura > 60% SDI_{max}: fuerte competencia, mortalidad

Espesura < 35% SDI_{max}: desaprovechamiento de recursos o liberación de espacio vegetativo tal que se produce ocupación

ÍNDICES DE ESPESURA

CURVAS DE REINEKE





La gestión de masas repobladas



Establecimiento de objetivos

Toda actividad humana se dirige, consciente o inconscientemente, a conseguir unos determinados objetivos. **El establecimiento de objetivos claros y explícitos ayuda a planificar y desarrollar mejor nuestras actuaciones.**

En la gestión de masas arboladas esto se magnifica por los dilatados plazos de tiempo en los que se desarrollan

En el caso de masas arboladas procedentes de repoblación puede haber dos objetivos principales:

- **Productor** (madera u otro producto forestal: resina, piñón, hongos...). Las actuaciones a desarrollar se dirigirán a aumentar dicha producción.
- **Protector**. Las actuaciones intentarán mantener la protección de elemento en cuestión. En este caso podremos distinguir.
 - Protección de suelos
 - Conservación de la biodiversidad (habitats y/o especies)
 - Protección del paisaje

En muchos casos estos objetivos pueden mezclarse, aunque siempre habrá alguno prioritario

Establecimiento de objetivos

Aunque es difícil dar números exactos, el **objetivo productor** estará **excluido** cuando se den uno de estos dos valores (o los dos):

Crecimiento medio $< 2 \text{ m}^3/\text{Ha/año}$

Pendiente $> 60 \%$

Para valores de pendiente entre 30 y 60 % hay limitaciones para aprovechar una masa forestal y deben tenerse en cuenta otros factores (accesibilidad, calidad de los productos, etc.).

Los bajos valores de crecimiento pueden ser debidos a la pobre calidad de estación (nada que hacer) o a la inadecuación de la especie a la estación (cambios de especie, adaptación a cambio climático)

Establecimiento de objetivos

Por otra parte han de tenerse en cuenta los valores naturales singulares que puedan existir en la masa. Como consecuencia se puede establecer una sencilla matriz de decisión:

MODELOS BÁSICOS DE GESTION	Valores Naturales singulares (ENPs, RN2000)	
Producción suficiente y aprovechamiento ejecutable	SI	NO
SI	Objetivo productor con limitaciones: Selvicultura de producción con aplicación de actuaciones de conservación de la Biodiversidad Objetivo protector: Naturalización. Selvicultura ecológica	Objetivo productor prioritario. Selvicultura productora estándar
NO	Objetivo protector. Intervenciones para mejora de hábitats: Selvicultura ecológica	Objetivo protector. Sin intervención salvo defensa contra incendios y las indispensables que aseguren la persistencia de la masa

Masas productoras.

En el caso de pendiente moderadas ($< 30\%$) y crecimiento medio o alto ($> 2 \text{ m}^3/\text{Ha}/\text{año}$), las masas artificiales se gestionarán para la producción.

En general se realizarán siempre tratamientos de incremento de diversidad, y en especial en zonas protegidas.



Masas protectoras. Protección hidrológica

En el caso de fuertes pendientes ($> 60\%$) y bajo crecimiento medio ($< 2 \text{ m}^3/\text{Ha}/\text{año}$), las masas artificiales se gestionarán para la conservación de suelos.

En general no se realizarán tratamientos selvícolas o sólo se realizarán tratamientos para asegurar un buen estado sanitario y de vigor para evitar la mortandad.



Masas protectoras. Protección hidrológica



Masas protectoras. Naturalización.

En el caso de repoblaciones en Espacios Protegidos se gestionarán buscando la naturalización de las masas: incremento de la diversidad específica y estructural

En las zonas con aptitud productiva se podrá mantener también un uso productor, con aplicación de medidas de conservación y mejora de la biodiversidad

1999



2016



Masas productoras. Tablas de producción

Las tablas de producción son modelos matemáticos que reflejan los valores dasométricos de una masa forestal en función de su edad y la calidad del sitio en que vegetan y definen las posibles intervenciones selvícolas que pueden realizarse y los productos que pueden obtenerse con ellas. Se pueden aplicar en masas con dosel cerrado y con objetivo principal de producción de madera

En general se presentan en forma de cuadros numéricos independientes para cada calidad de estación

La **Calidad de Estación** se evalúa en función de la **altura dominante** (la altura media de los árboles más gruesos) que la masa alcanza a una determinada edad.

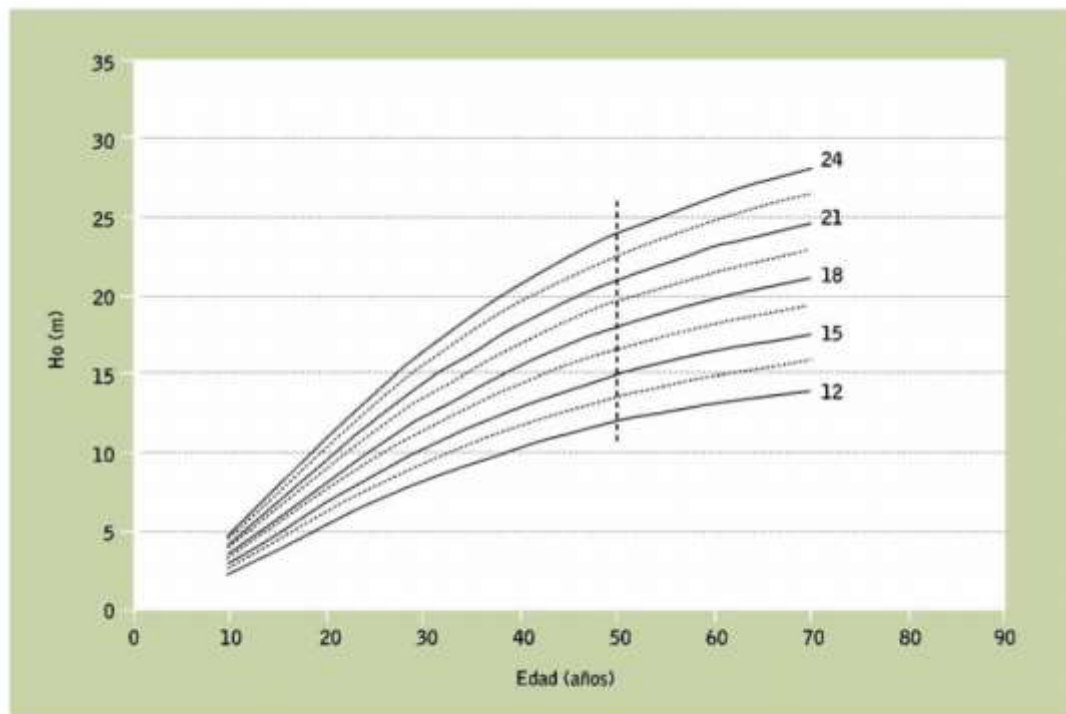


FIGURA 3:
Curvas de calidad de estación para repoblaciones de *Pinus pinaster* en Castilla y León. Índices de sitio 12, 15, 18, 21 y 24 a los 50 años. Las líneas a trazos representan los límites entre calidades.

Masas productoras. Tablas de producción

Ejemplo:

Posible clara en pinar de *Pinus sylvestris* en Lituenigo:

Edad: 42 años

AB: 49 m²/ha

N: 2014 pies/Ha

Ho: 11,4 m

Vol: 215 m³/ha

Dg: 17,8 cm

CALIDAD 15

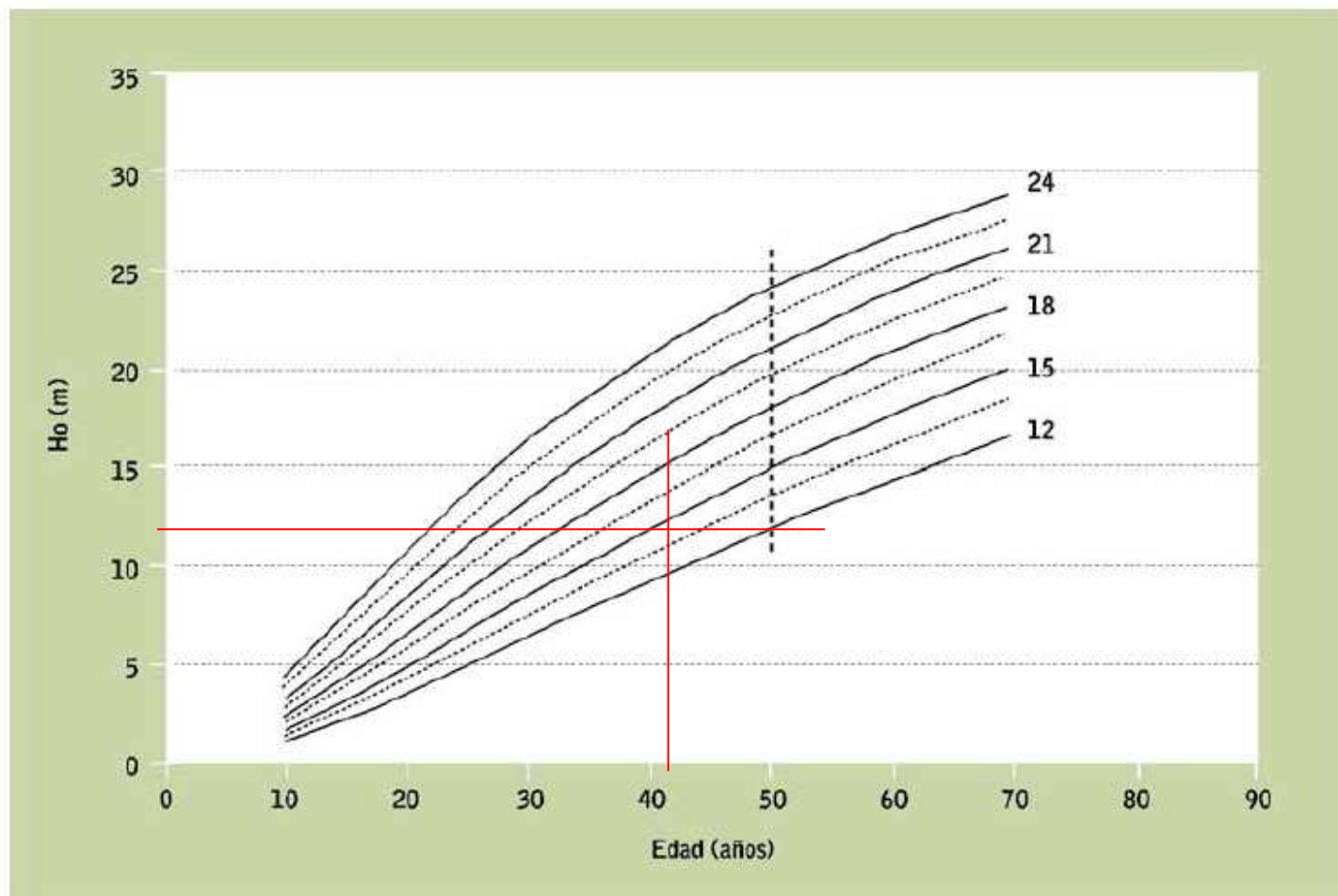


FIGURA 8:

Curvas de calidad de estación para repoblaciones de *Pinus sylvestris* en Castilla y León. Índices de sitio 12, 15, 18, 21 y 24 a los 50 años. Las líneas a trazos representan los límites entre calidades.

Masas productoras. Tablas de producción

Ejemplo:

Posible clara en pinar de *Pinus sylvestris* en Lituenigo:

Edad: 42 años
 AB: 49 m³/ha
 N: 2014 pies/Ha
 Ho: 11,4 m
 Vol: 215 m³/ha
 Dg: 17,8 cm

En general diseñado a través de la variación del Índice de Hart o del Índice de Reineke

Objetivos: maximización del volumen acumulado sin pérdidas por mortalidad

CALIDAD DE ESTACIÓN 15

Esquema selvícola:

- ≈15-20 años: cuando la densidad inicial sea superior a 1.500 pies/ha clareo acompañado de podas bajas en todos los pies.
- 35 años: 1ª clara semisistemática con clara baja entre calles. Cuando no se haya realizado clareo, poda baja en todos los pies.
- 50 años: 2ª clara por lo bajo.
- 65 años: 3ª clara por lo bajo.
- Turno: entre 100-120 años.

CALIDAD 15

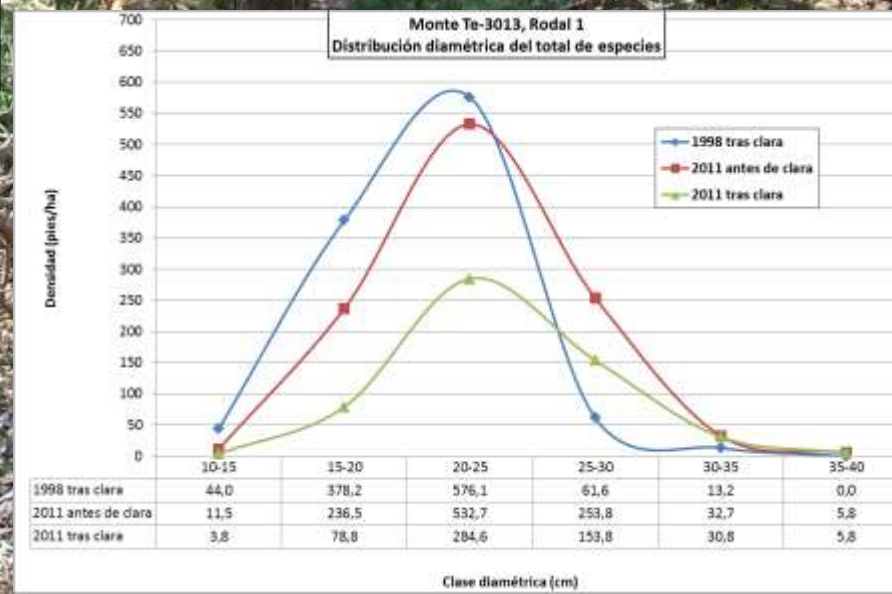
Edad años	Ho m	Masa principal antes de la clara				Masa extraída			Masa principal después de la clara			
		N pies/ha	Dg cm	G m ² /ha	V m ³ /ha	N pies/ha	Dg cm	V m ³ /ha	N pies/ha	Dg cm	G m ² /ha	V m ³ /ha
35	10,4	1.500	15,7	29,1	136,5	550	14,0	40,4	950	16,6	20,6	96,1
50	15,0	950	21,0	32,8	214,7	375	17,8	62,4	575	22,8	23,4	152,3
65	16,9	575	26,7	32,2	234,8	175	24,0	59,1	400	27,8	24,3	175,7
110	19,9	400	34,4	37,2	315,2							

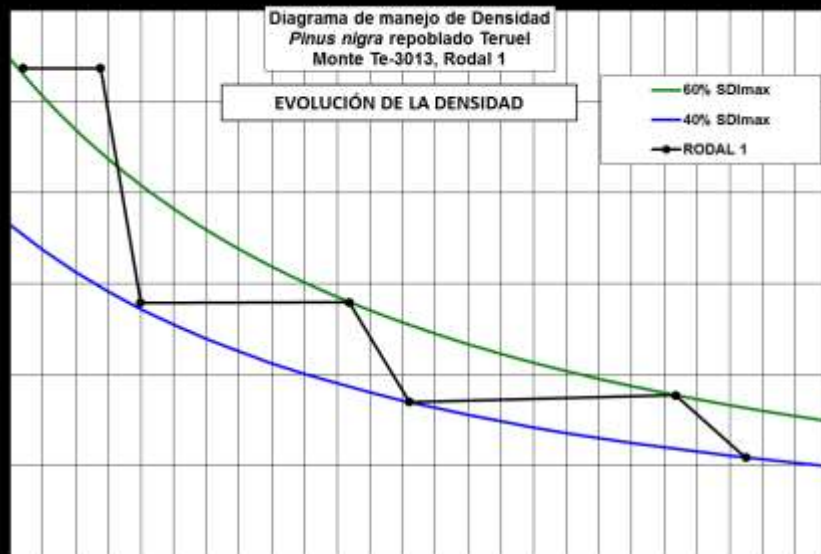


MONTE TE-3013, RODAL 1

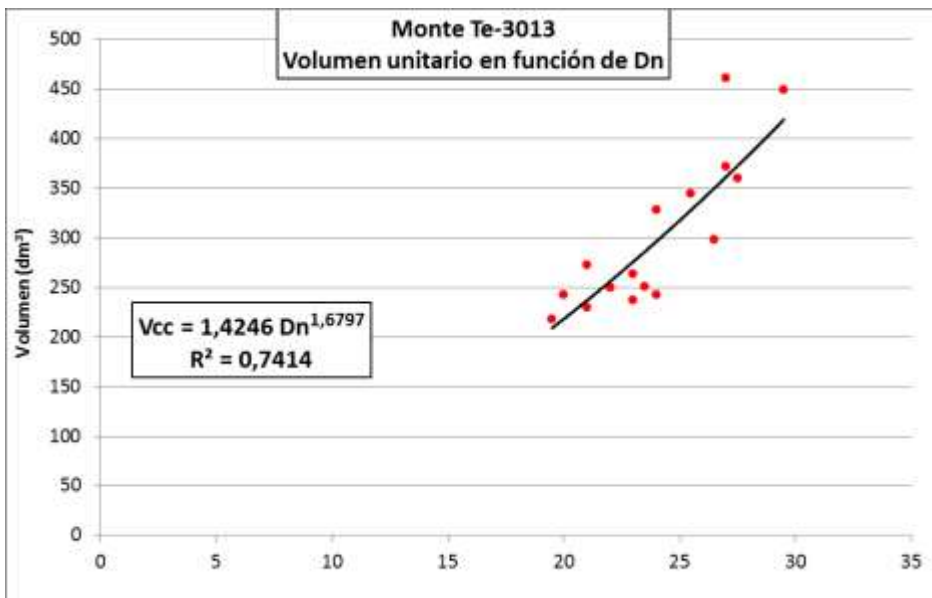
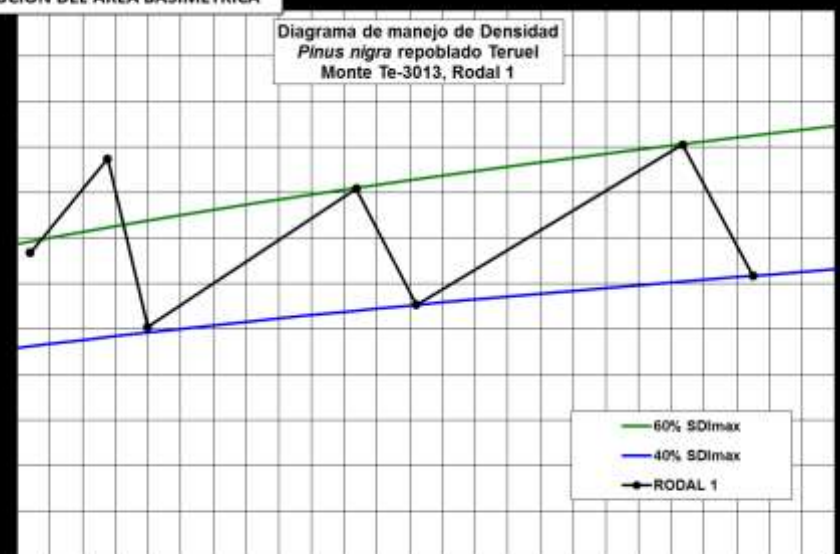
Clara	N	Dg	G	Vcc	%SDImax
2ª 1998					
	1.073	20,4	33,37	242,1	61
3ª 2011	1.073	22,8	43,69	291,2	73
	558	24,0	25,21	165,2	41
4ª	558	30,4	40,42	245,7	60
	339	32,2	27,64	164,9	40
5ª Preparatoria	354	40,3	45,25	251,1	60
	217	42,5	30,84	168,3	40

	Next (pies/ha)	%Next	Vext (m³/ha)	%Vext
2ª				
3ª	515	48%	126,0	43%
4ª	219	39%	80,8	33%
5ª	137	39%	82,8	33%
TOTAL	870,5		289,5	

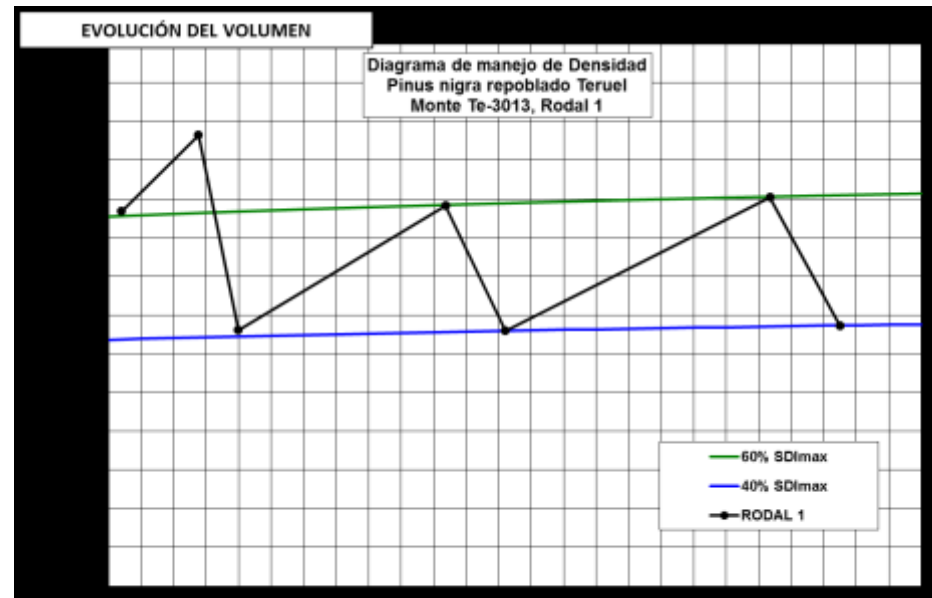




EVOLUCIÓN DEL ÁREA BASIMÉTRICA



EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN



NATURALIZACIÓN: Repoblaciones y Red Natura 2000

Dentro de los espacios de la Red Natura 2000 la Directiva Hábitats establece que se deberán mantener los hábitats de interés comunitario en un **estado de conservación favorable**, o sea:

1. Que su área de distribución natural y las superficies del hábitat comprendidas dentro de este área sean estables o **estén aumentando (RESTABLECIMIENTO)**.
2. Que la estructura y las funciones específicas necesarias para su mantenimiento a largo plazo existan y puedan seguir existiendo en un futuro previsible.
3. Que el estado de conservación de sus especies características sea favorable.

Repoblaciones y Red Natura 2000



Pinus sylvestris →

9120 Hayedo con acebo

Repoblaciones y Red Natura 2000

Pinus nigra → 9240 Quejigar

Repoblaciones y Red Natura 2000

Pinus nigra —→ **9560 Sabinar**

Repoblaciones y Red Natura 2000



Pinus pinaster → **9530 Encinar, 9540 Pinares mediterráneos**

Repoblaciones y Red Natura 2000

A photograph of a pine forest. The trees are tall and thin, with green needles. The ground is covered with fallen logs and branches, and there is some low-lying vegetation. The sky is visible through the trees.

Pinus halepensis —→ 9530 Encinar, 9540 Pinares mediterráneos

Repoblaciones y Red Natura 2000



Pinus uncinata →

9430 Pino negro en calizas

CARENCIAS DE LAS MASAS REPOBLADAS

DIVERSIDAD ESPECÍFICA:

Ausencia de matorral y de estrato herbáceo

Falta de diversidad en el estrato arbóreo

DIVERSIDAD ESTRUCTURAL:

Homogeneidad de tamaños (diámetros y alturas)

Falta de elementos: madera gruesa muerta, microhábitats en árboles

DIVERSIDAD GENÉTICA:

Estrecho rango genético

CARENCIAS DE LAS MASAS REPOBLADAS

CAUSAS:

- **Edad de las masas: FASE DE ELIMINACIÓN**
- **Densidad de las masas: INHIBICIÓN**
- **Homogeneidad en la implantación**
- **Tratamientos pensados para favorecer el crecimiento del estrato arbóreo**

An aerial photograph of a rural landscape. The terrain is a mix of dark green forested areas and lighter green agricultural fields. A network of white roads and paths crisscrosses the land. In the upper left, there is a small, light-colored building. A white crosshair is visible in the center-right of the image.

MEDIDAS A ADOPTAR

INTEGRAR EN TODAS LAS ACTUACIONES LA
CONSECUCCIÓN DEL INCREMENTO DE LA
DIVERSIDAD ESPECÍFICA Y ESTRUCTURAL

EN OCASIONES: ELEVAR LA CONSECUCCIÓN DE
MASAS MÁS DIVERSAS A **OBJETIVO** DE LAS
ACTUACIONES

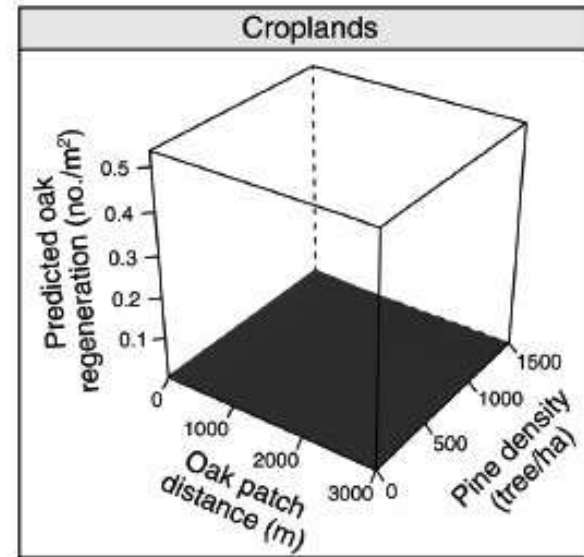
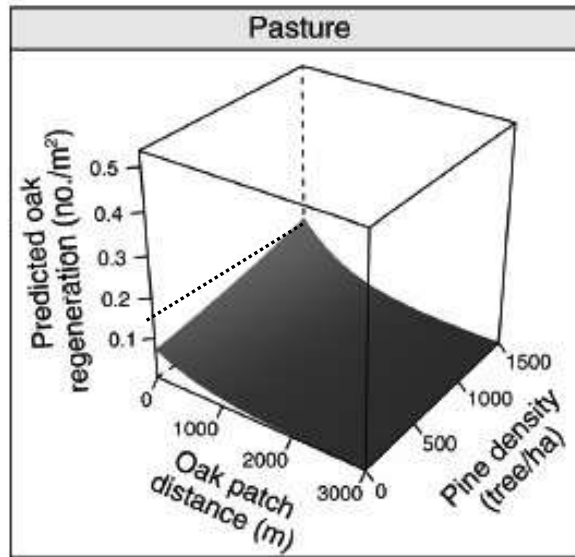
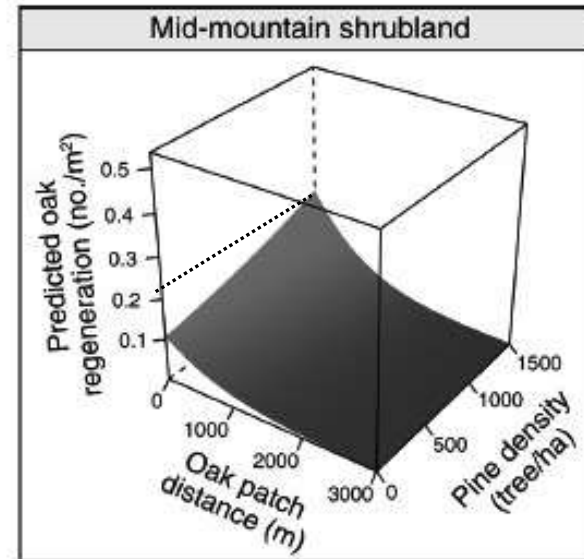
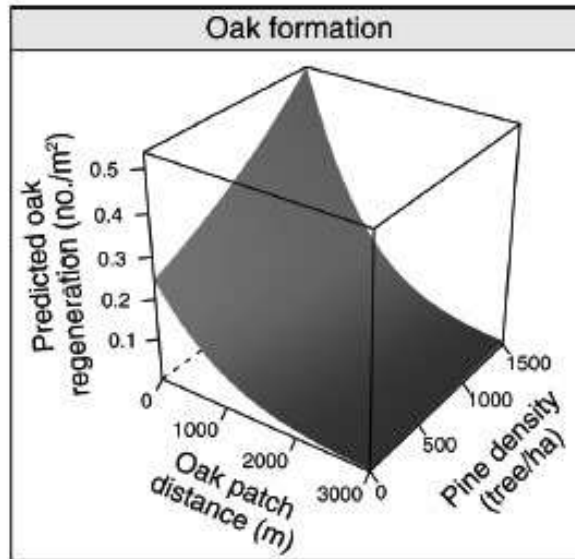
INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

Factores que influyen en el reclutamiento de plantas y por tanto en la riqueza y diversidad de especies:

- 1. La espesura de la masa repoblada**
- 2. La distancia a fuentes semilleras**
- 3. El anterior uso del suelo.**

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

FACTORES



INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

La espesura influye en la riqueza y diversidad de especies

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA



La espesura influye en la riqueza y diversidad de especies

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

Gómez-Aparicio
et al., 2009

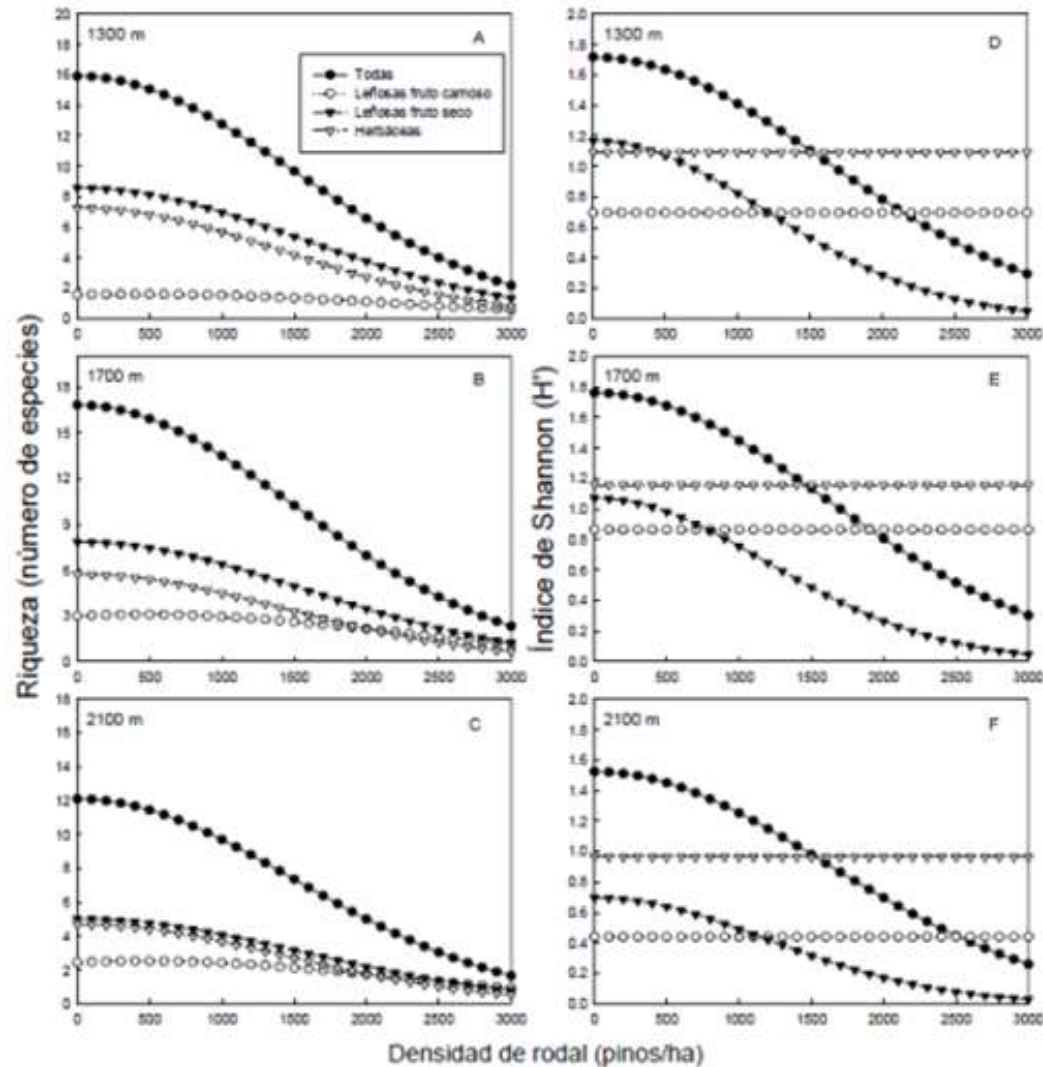
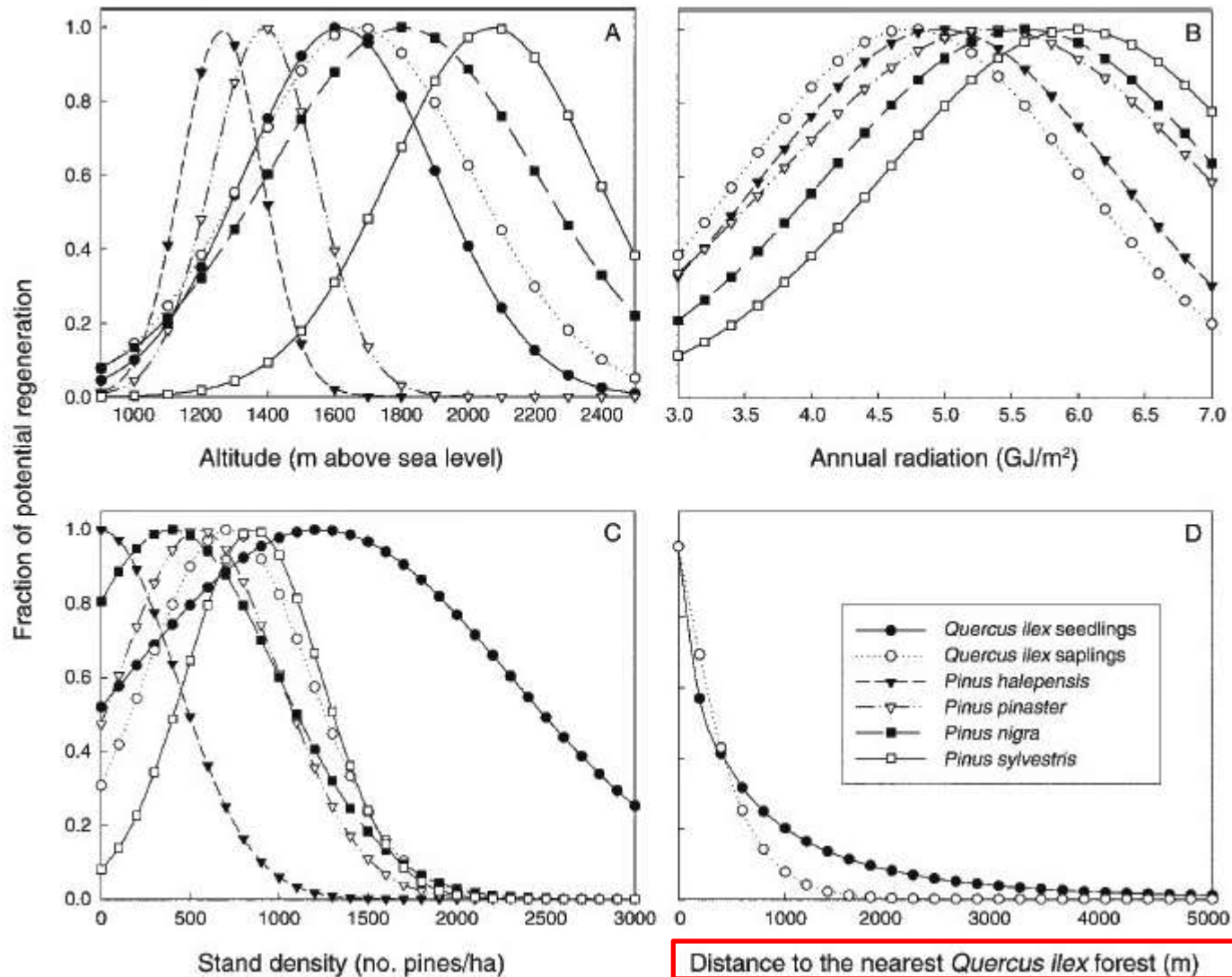


Figura 3. Efecto de la densidad del rodal sobre la riqueza (número de especies) y el índice de Shannon (H') a 3 alturas diferentes (baja, media y alta). La radiación se fijó a 5 GJ/m^2 . Las líneas rectas indican ausencia de efecto de la densidad sobre los valores de H' , y se incluyen únicamente con fines comparativos.

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA



INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

ACTUACIONES PARA EL INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA:

- **ANÁLISIS DEL USO ANTERIOR**
 - **Zonas de pobre reclutamiento: Introducción de las especies**
 - **Zonas de alto reclutamiento: Manejo de la densidad**

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

1. ANÁLISIS DEL USO ANTERIOR DEL SUELO



INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

1. ANÁLISIS DEL USO ANTERIOR DEL SUELO



INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

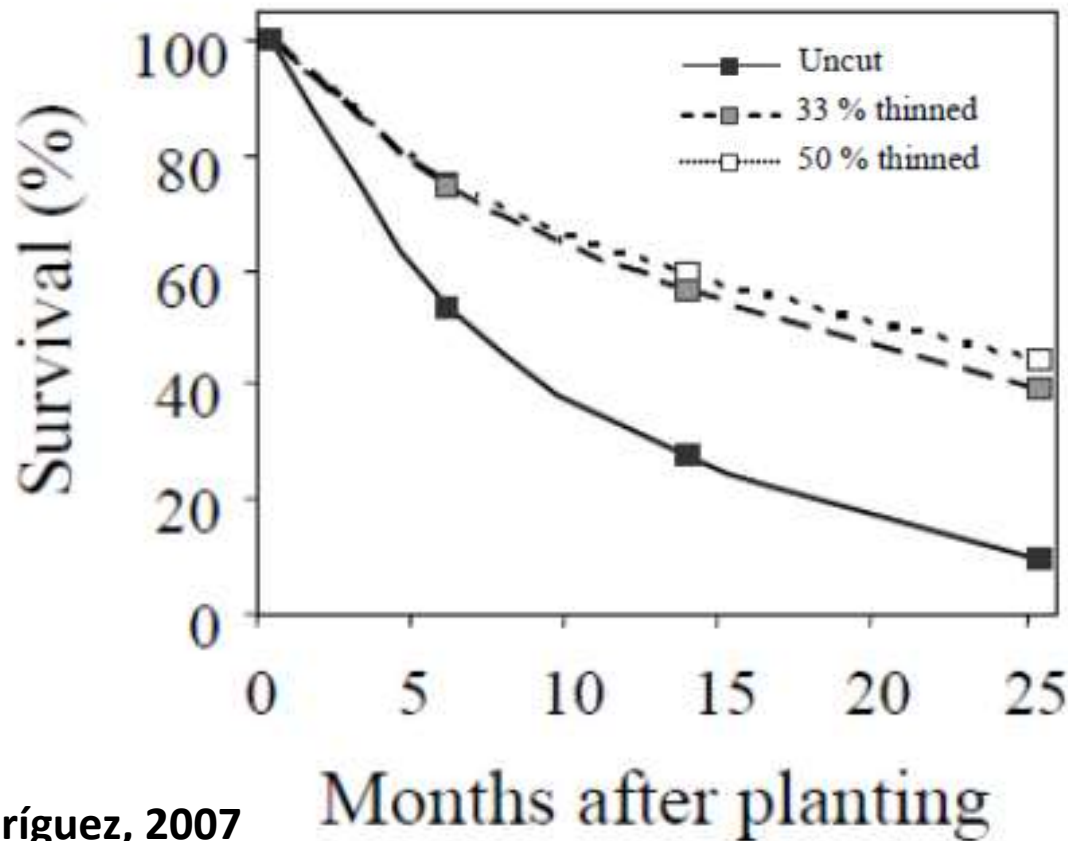
2. PLANTACIONES DE ENRIQUECIMIENTO

- El reclutamiento natural de plantas es máximo en una banda de 250 m. a partir de las fuentes semilleras**
- El reclutamiento se produce hasta distancias de 1.500 m. de fuentes semilleras**
- Los principales dispersores son aves granívoras (95%)**
- Existe un flujo preferente de semillas de mayor a menor altitud**

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

2. PLANTACIONES DE ENRIQUECIMIENTO

- **Implantación de especies bajo cubierta**



Las claras favorecerán la supervivencia y el desarrollo de las plantas



INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

2. PLANTACIONES DE ENRIQUECIMIENTO

- **Implantación de núcleos de dispersión**

Plantación de especies en rasos de la repoblación o zonas aledañas:

- **En zonas de más altitud**
- **Con gran longitud de contacto**
- **Especies de fruto, que complementen sus periodos de fructificación (oferta máxima)**
- **Junto a puntos de agua**

Actuaciones:

- ❖ **Cortas de liberación y saneamiento:** *Pinus sylvestris*, *P. nigra* y *P. pinaster* bajar la densidad hasta aprox. 750 pies/ha.
- ❖ **Resalveo y realce de frondosas** (roble y encina)
- ❖ **Desbroce manual selectivo** (motodesbrozadora)
- ❖ **Plantaciones** (serie *Adenocarpo decorticans-Querceto pyrenaicae*) :

Densidad de plantación diferente en 4 zonas distintas:

- Zonas de pinar y zonas de robledal → 6 bosquetes/ha
- Zonas degradadas y Zonas Medias → 4 núcleos dispersión/ha.

Densidad (plantas/ha)	ZONA DE ACTUACIÓN			
	PINAR	ROBLEDAL	DEGRADADA	MEDIA
Plantaciones Bosquetes	300	300		
Plantaciones Núcleos de Dispersión			320	320

Mejor muchos núcleos pequeños




- **Bosquetes**

Unidades de 25x25 m. 50 plantas/bosquete. Bosquetes de evolución alta (BEA), en zonas que se encuentran en buen estado de conservación. Plantas a implantar: 20% de especies cabeza de serie (BEA1) y un 80% de especies acompañantes (BEA2).

Regino Zamora

COMPOSICIÓN ESPECÍFICA POR BOSQUETE		
Especies	Tipo de planta	Número de plantas
<i>Quercus pyrenaica</i>	BEA1	2
<i>Quercus faginea</i>	BEA1	2
<i>Crataegus monogyna</i>	BEA1	1
<i>Rosa corymbifera</i>	BEA1	1
<i>Rosa pouzinii</i>	BEA1	1
<i>Lonicera arborea</i>	BEA1	1
<i>Sorbus aria</i>	BEA1	1
<i>Acer opalus</i> subsp. <i>granatensis</i>	BEA1	1
<i>Berberis hispanica</i>	BEA2	8
<i>Prunus ramburii</i>	BEA2	8
<i>Genista florida</i>	BEA2	8
<i>Genista cinerea</i>	BEA2	8
<i>Cytisus scoparius</i> subsp. <i>reverchonii</i>	BEA2	8
Número total de plantas por Bosquete		50





Pinus nigra y Sorbus domestica

Quercus ilex y Quercus faginea

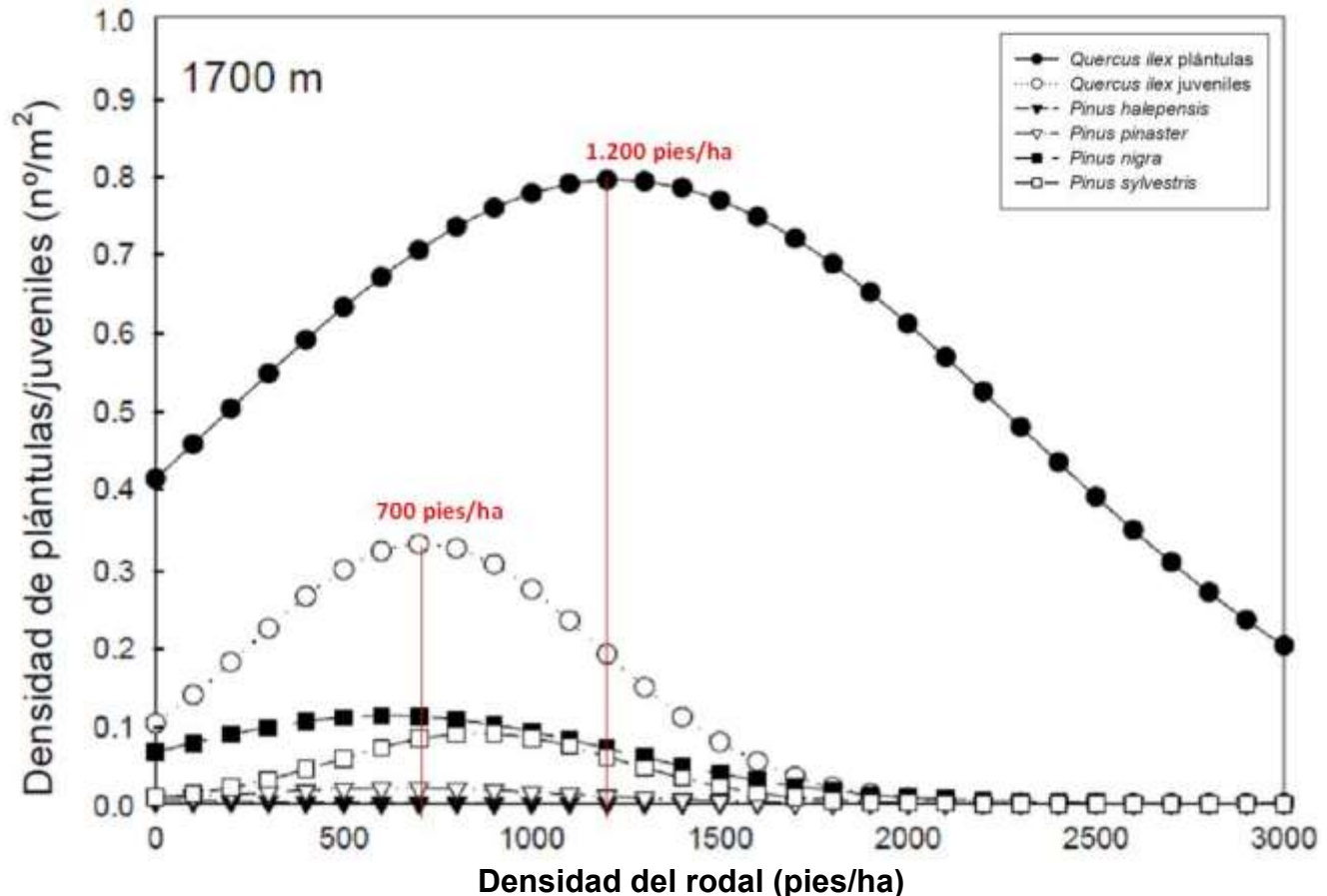
Técnica utilizable en nuevas repoblaciones

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

3. MANEJO DE LA DENSIDAD

La espesura tiene un papel decisivo para la instalación y desarrollo de plantas

Gómez-Aparicio
et al., 2009



INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

3. MANEJO DE LA DENSIDAD

En las masas de coníferas la espesura óptima se sitúa entre el 35% y el 60% de SDI_{max}

Espesura > 60% SDI_{max}: fuerte competencia, mortalidad

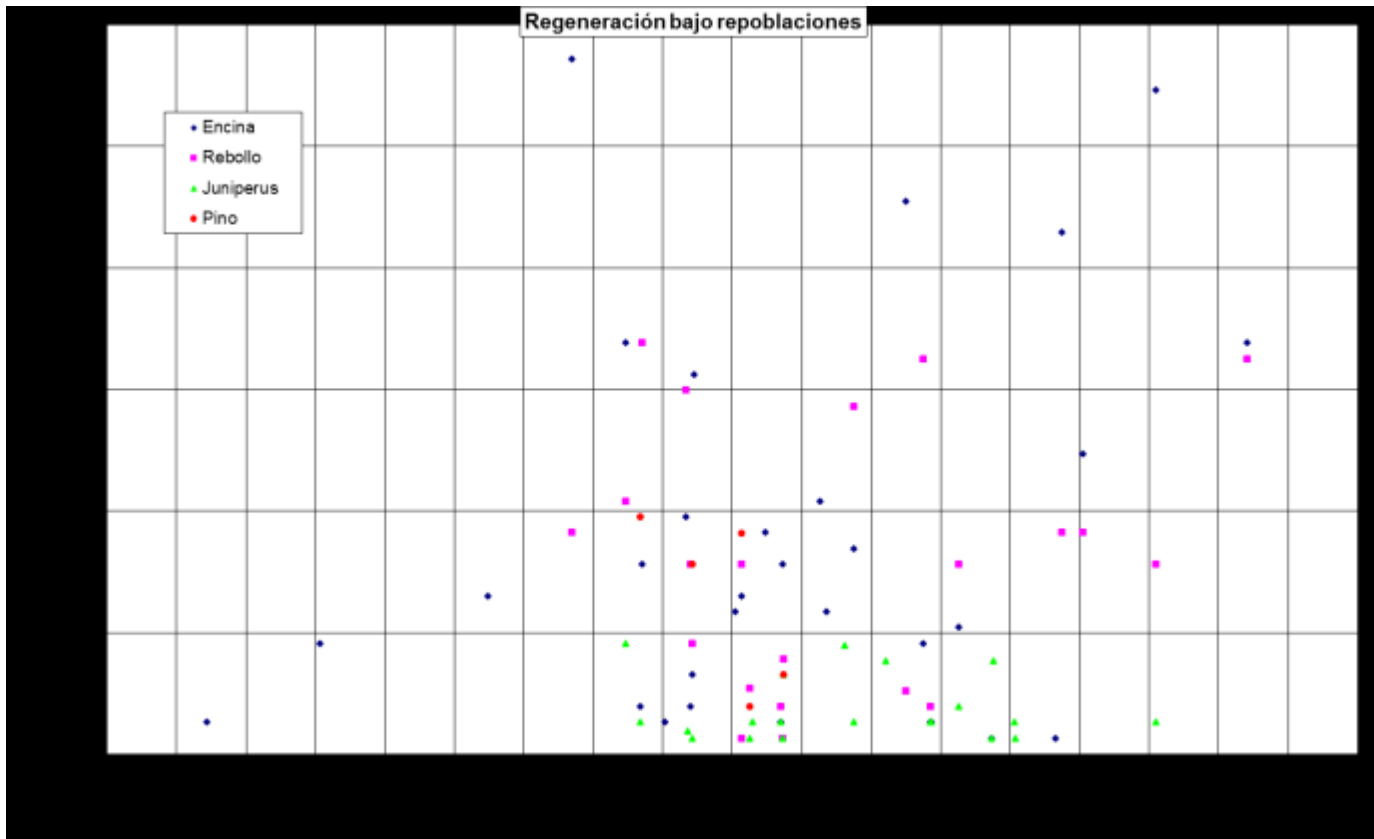
Espesura < 35% SDI_{max}: desaprovechamiento de recursos o liberación de espacio vegetativo tal que se produce ocupación

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

3. MANEJO DE LA DENSIDAD

Si no existen plántulas instaladas:

espesura objetivo $> 45\%$ SDI max

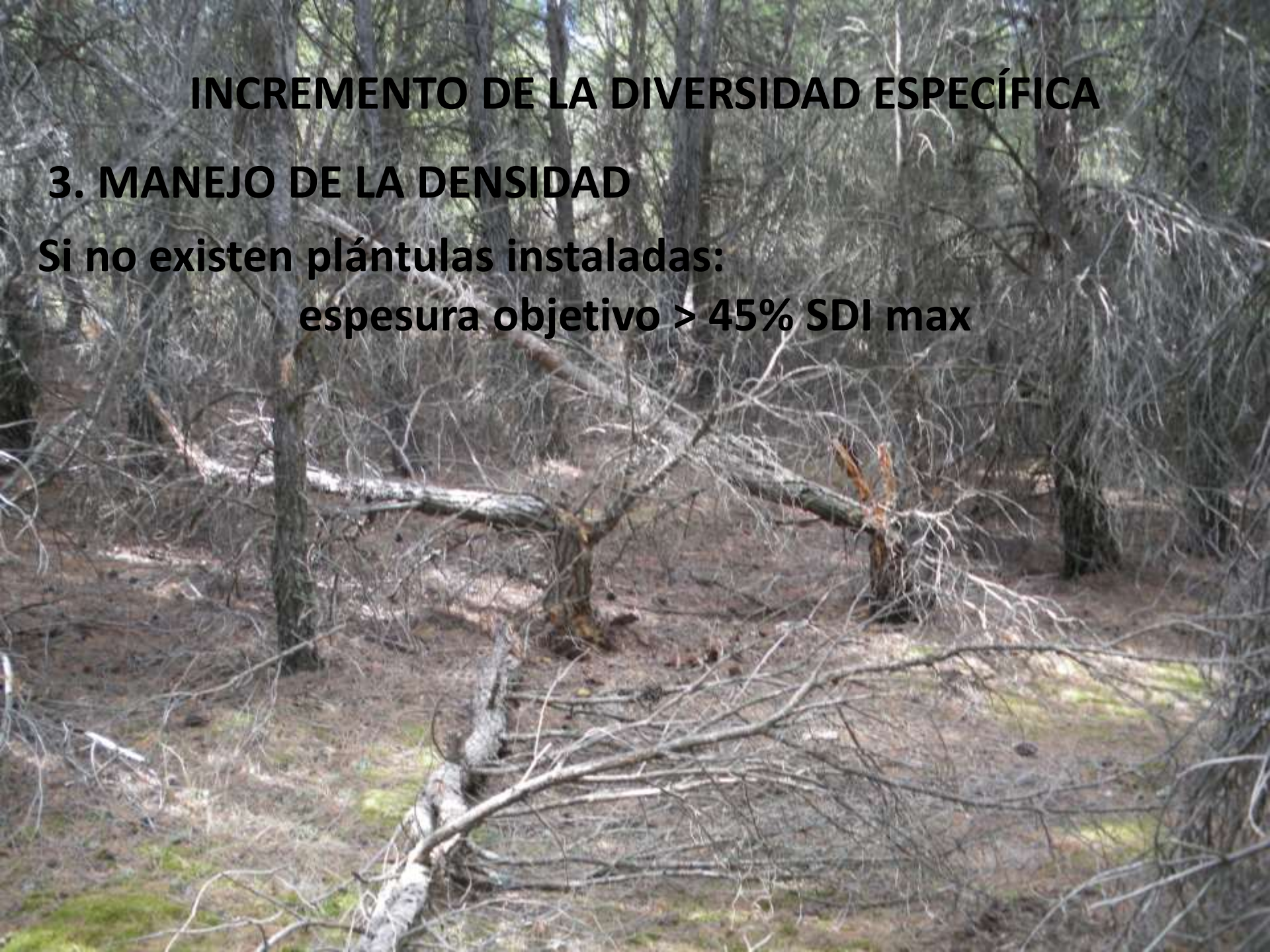


INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

3. MANEJO DE LA DENSIDAD

Si no existen plántulas instaladas:

espesura objetivo $> 45\%$ SDI max

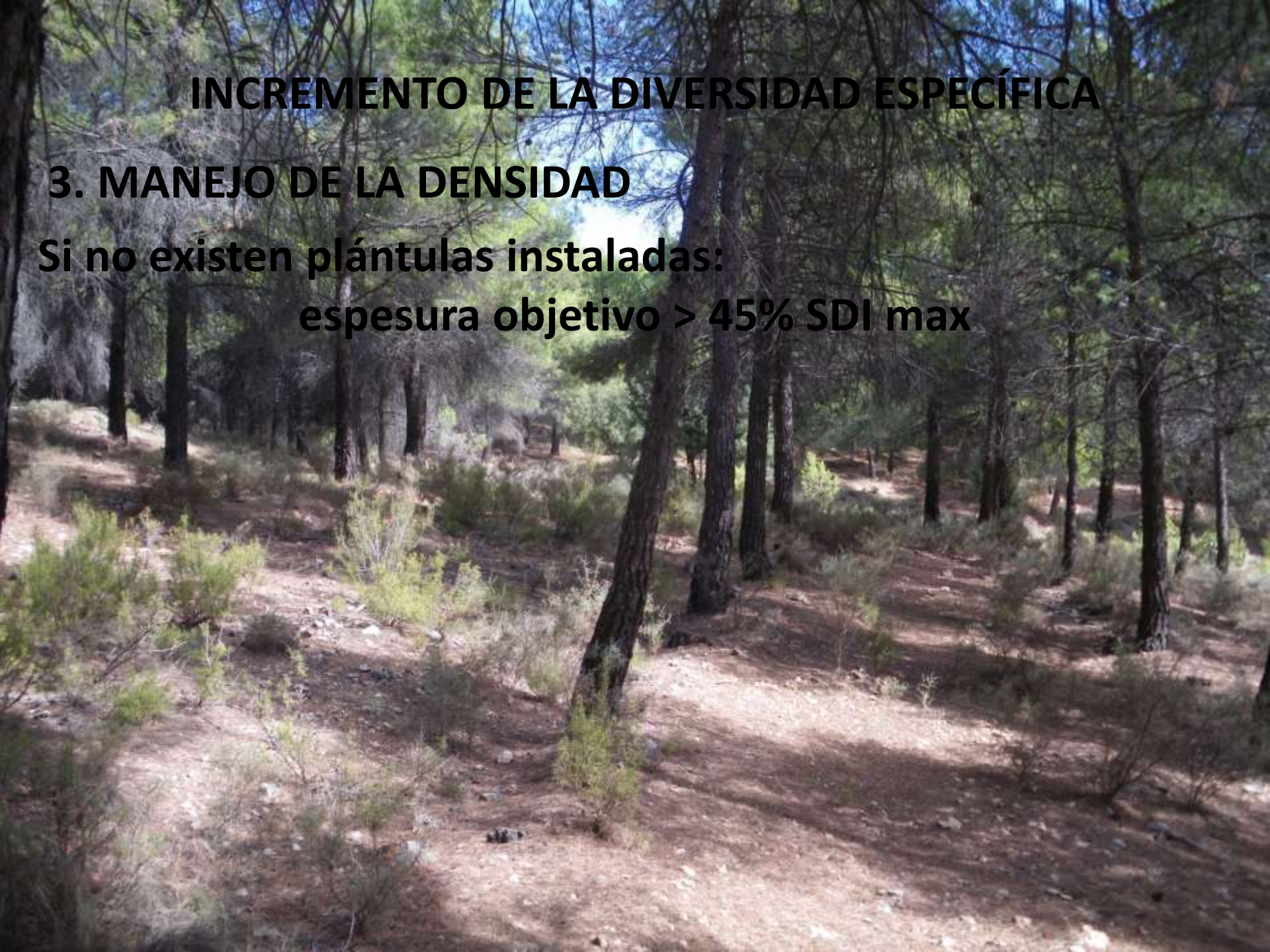


INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

3. MANEJO DE LA DENSIDAD

Si no existen plántulas instaladas:

espesura objetivo > 45% SDI max

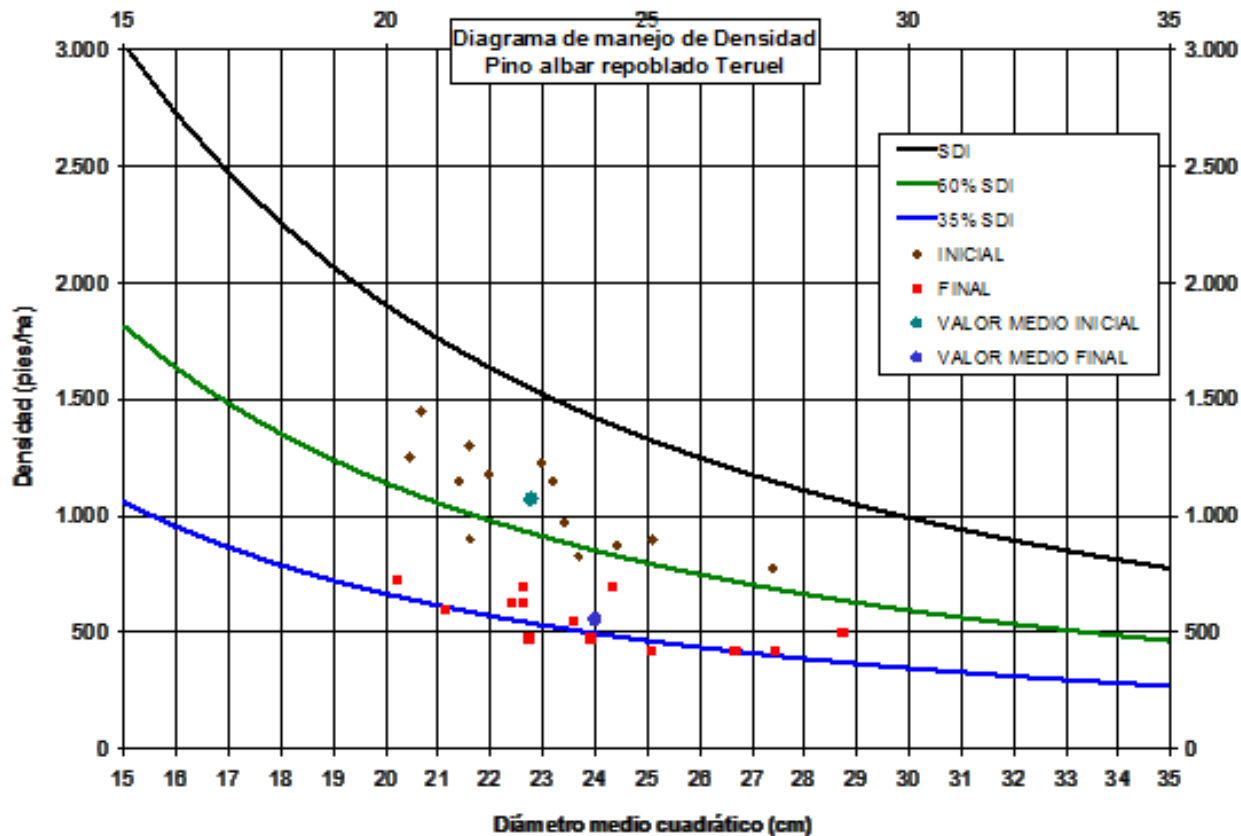


INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

3. MANEJO DE LA DENSIDAD

Si existen plántulas instaladas:

espesura objetivo 35% SDI max



INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

3. MANEJO DE LA DENSIDAD

Si existen plántulas instaladas:

espesura objetivo 35% SDI max



INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

3. MANEJO DE LA DENSIDAD

Si existen plántulas instaladas:

espesura objetivo 35% SDI max



INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

3. MANEJO DE LA DENSIDAD

Si existen plántulas instaladas:

espesura objetivo 35% SDI max



INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA

3. MANEJO DE LA DENSIDAD

Si existe un subpiso desarrollado:

- Cortas de liberación
- Claras hasta el 35% SDI_{max} donde sea más pobre

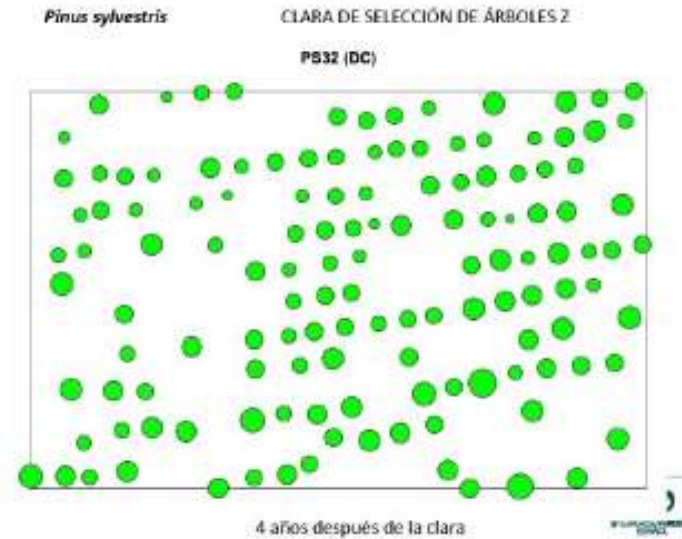
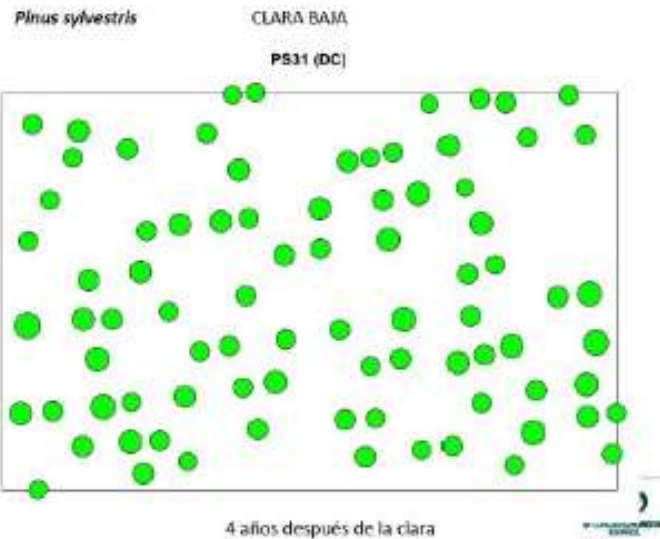
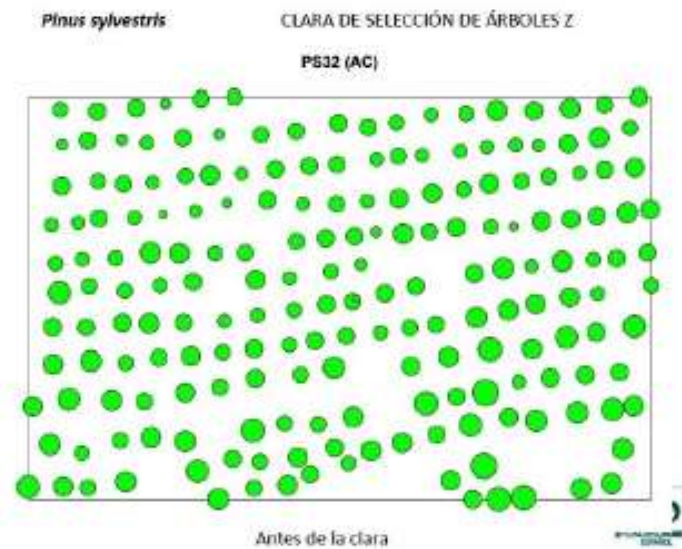
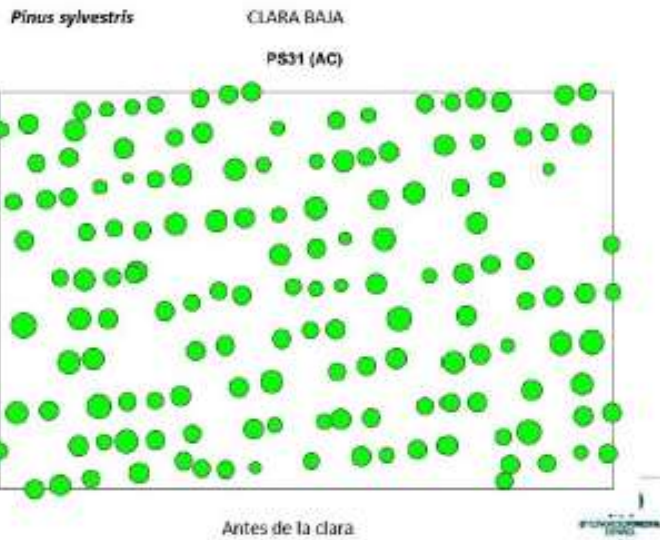
INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA



INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESPECÍFICA



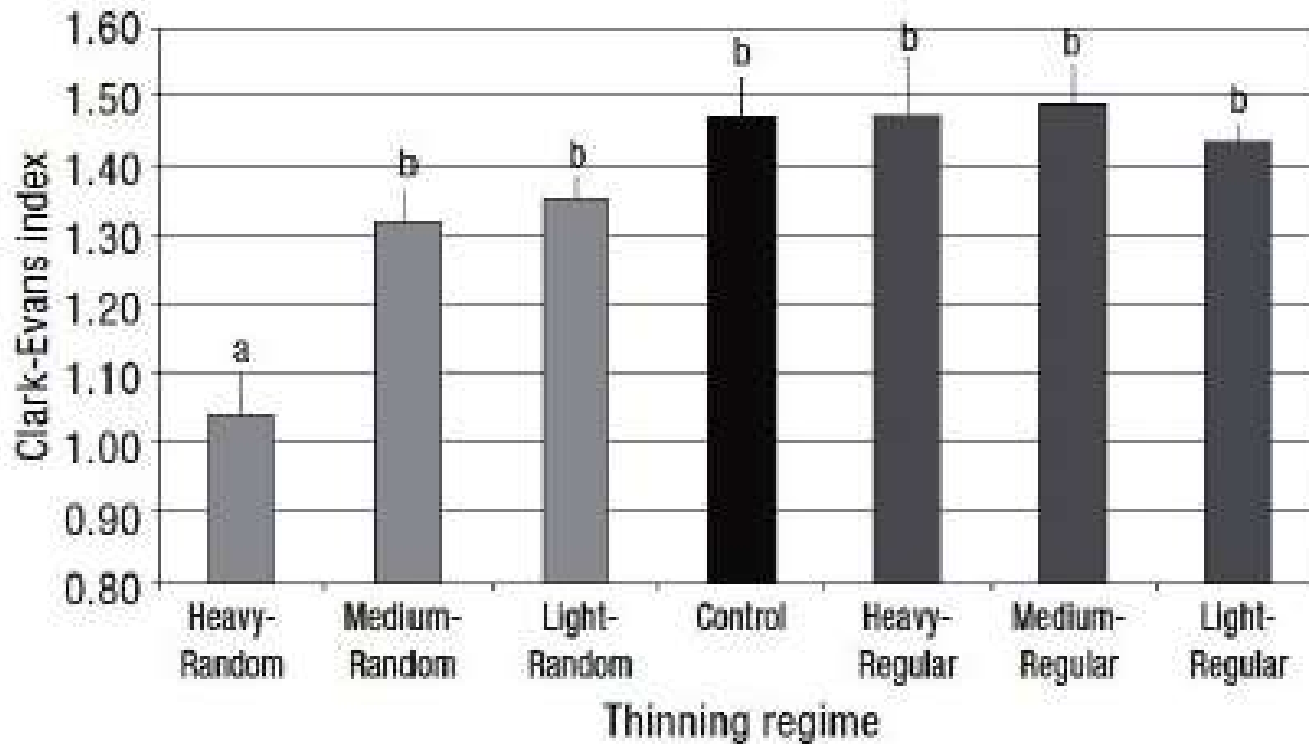
INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESTRUCTURAL



La forma de ejecutar las claras influye en la diversidad horizontal

Abellanas et al., 2013

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESTRUCTURAL



La forma de ejecutar las claras influye en la diversidad horizontal

> 1 agregado
1 aleatorio
< 1 regular

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESTRUCTURAL



En las imágenes G y H se aprecian dos rodales contiguos que en origen eran muy semejantes: se trata de una repoblación de *Pinus sylvestris* y *P. pinaster*, efectuada hace medio siglo sobre brezales con medio geoclimático muy semejante.

La diferencia de aspecto entre ambas se debe fundamentalmente a que en el rodal de la fotografía G se han efectuado dos claras, la primera cortando los pies de peor porte (algo que con frecuencia se confunde con claras por lo bajo) y la segunda una clara de selección, efectuada únicamente a favor de los pies de porvenir, mientras que en la imagen H sólo se ha efectuado una clara de selección. Dado que aquí el objetivo preferente es la obtención de madera de calidad, y ésta se concentra en unos pocos pies, parece que la clara de selección se adecua mejor a la consecución del objetivo propuesto. La preferencia generalizada por las claras "por lo bajo" se debe sobre todo a razones estéticas, de una concepción del monte al modo de los jardines de las ciudades.

Reque et al., 2013
Fotos: Froilán Sevilla

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESTRUCTURAL

La parcela de claras del M.U.P. Z-250, Tarazona

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD **ESTRUCTURAL**

La parcela de claras del M.U.P. Z-250, Tarazona

Repoblación de pino carrasco con gran homogeneidad:

- **Edad 44 años**
- **densidad 2.000 pies/ha, 75 pies/ha muertos**
- **área basimétrica 33 m²/ha**
- **volumen 125 m³/ha**
- **%SDI_{max} entre 93% y 99%.**

En enero de 1999 se instalan 4 parcelas donde se realizan claras con diferentes pesos y naturalezas. En 2010 y 2016 se vuelven a medir.

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD **ESTRUCTURAL**

La parcela de claras del M.U.P. Z-250, Tarazona

Tratamiento A: clara semisistemática ($\approx 2/3$ N) y mixta, que extrajo el 59% de los pies y el 57% de área basimétrica.

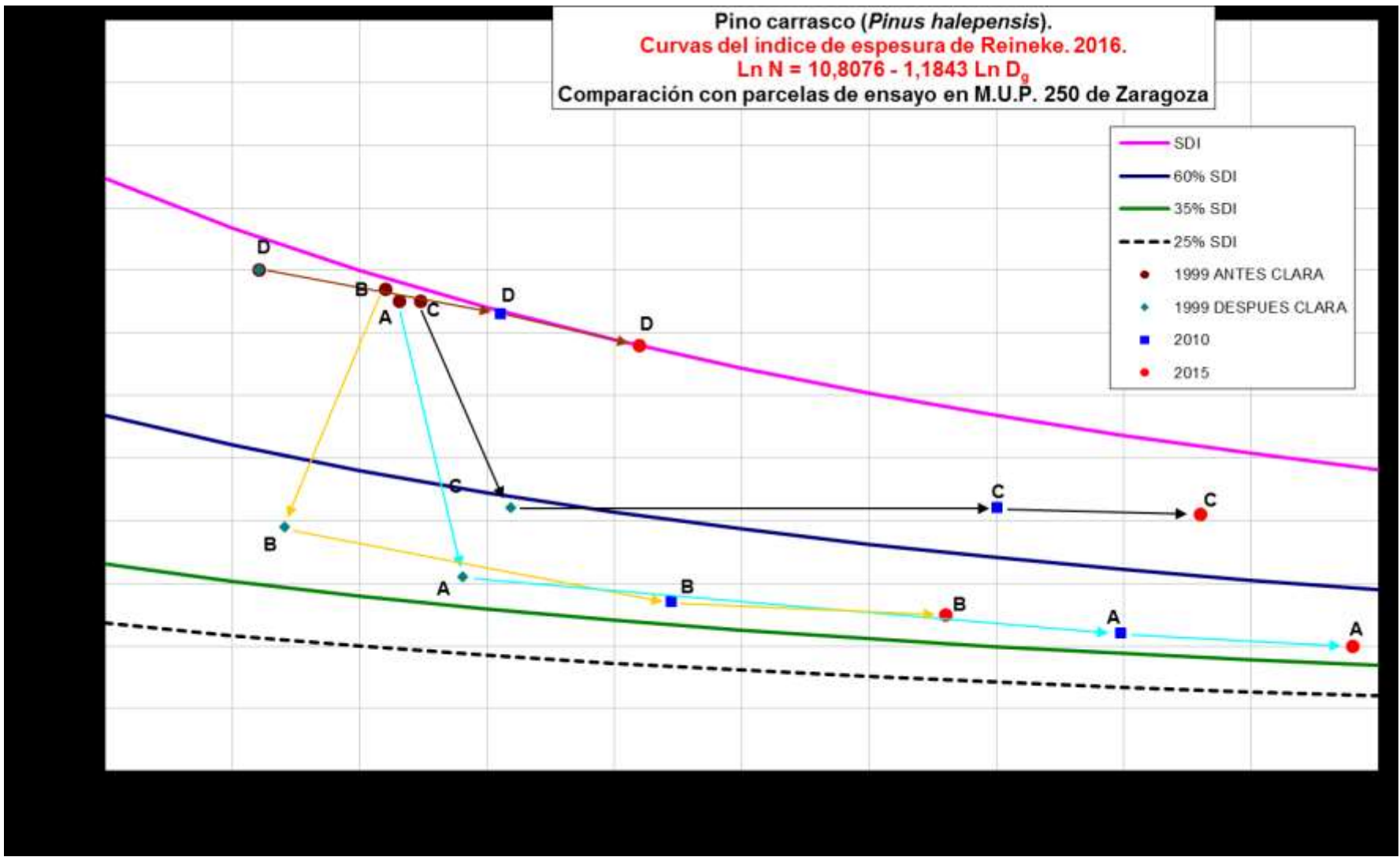
Tratamiento B: clara selectiva ($1/2$ N) mixta-alta, con extracción del 50% de los pies y del 56% del área basimétrica.

Tratamiento C: clara selectiva ($\approx 1/2$ N) baja, con extracción del 44% de los pies y del 37% del área basimétrica.

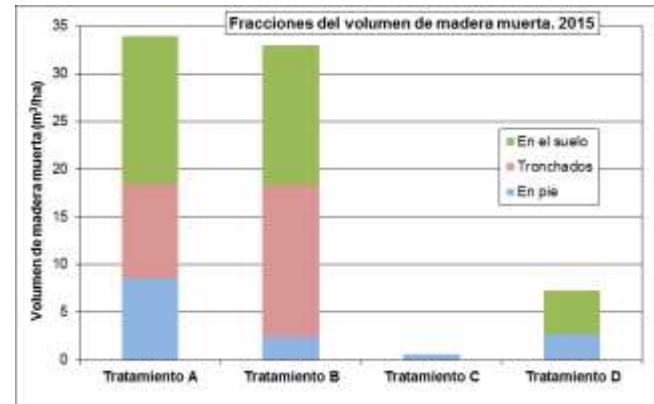
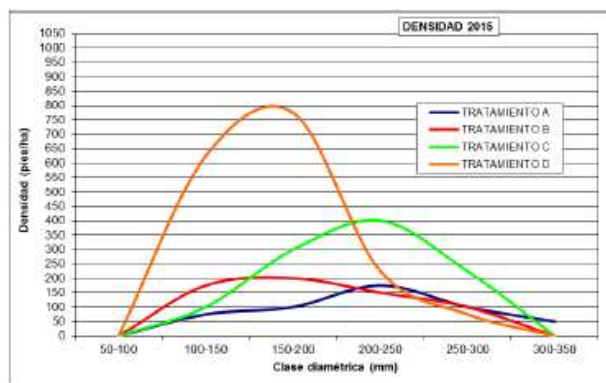
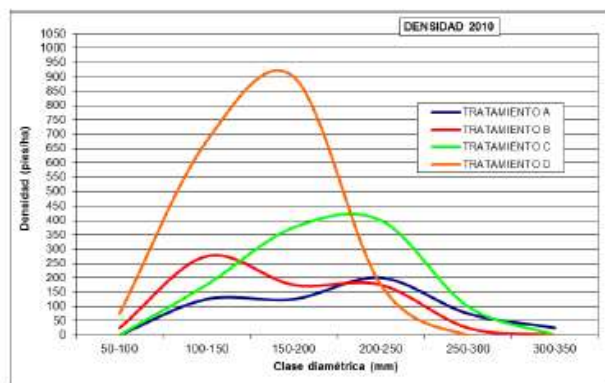
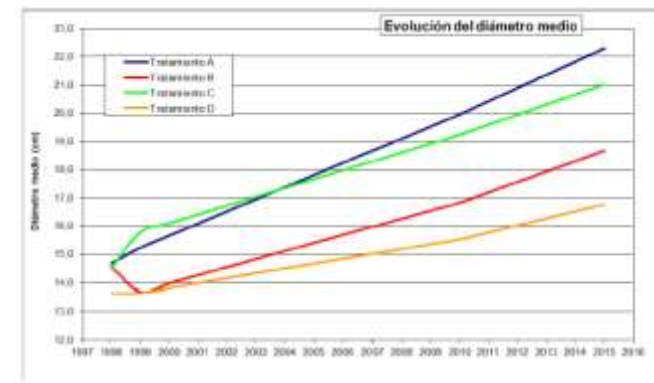
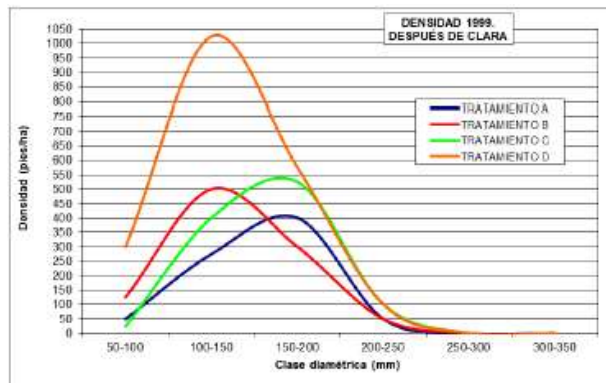
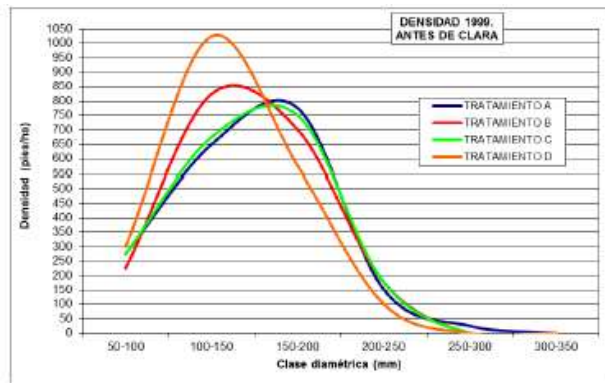
Tratamiento D: parcela testigo sin actuación.

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESTRUCTURAL

La parcela de claras del M.U.P. Z-250, Tarazona



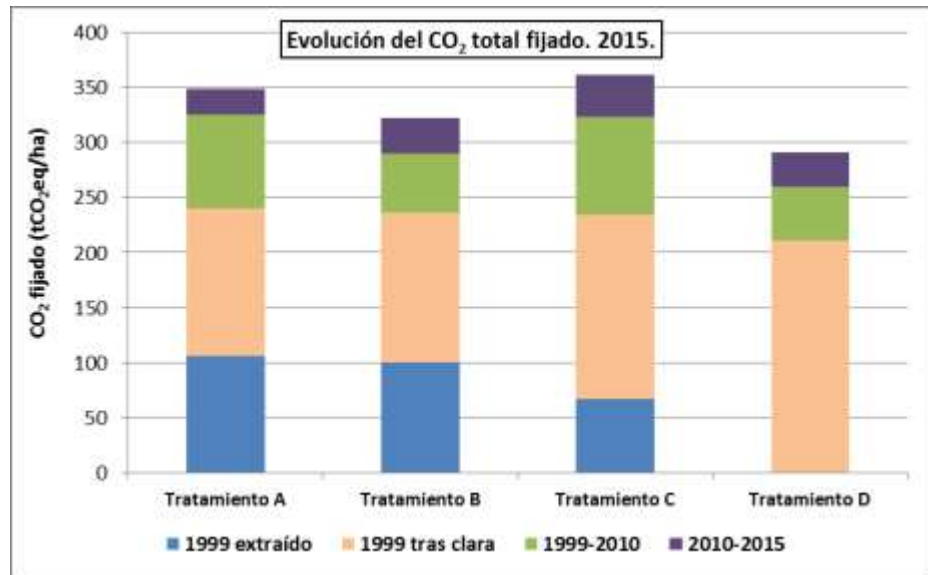
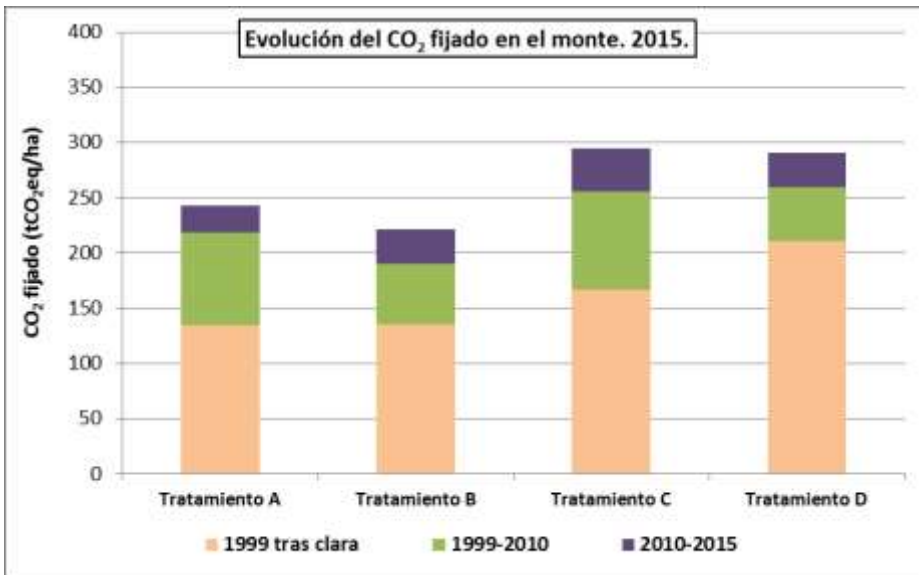
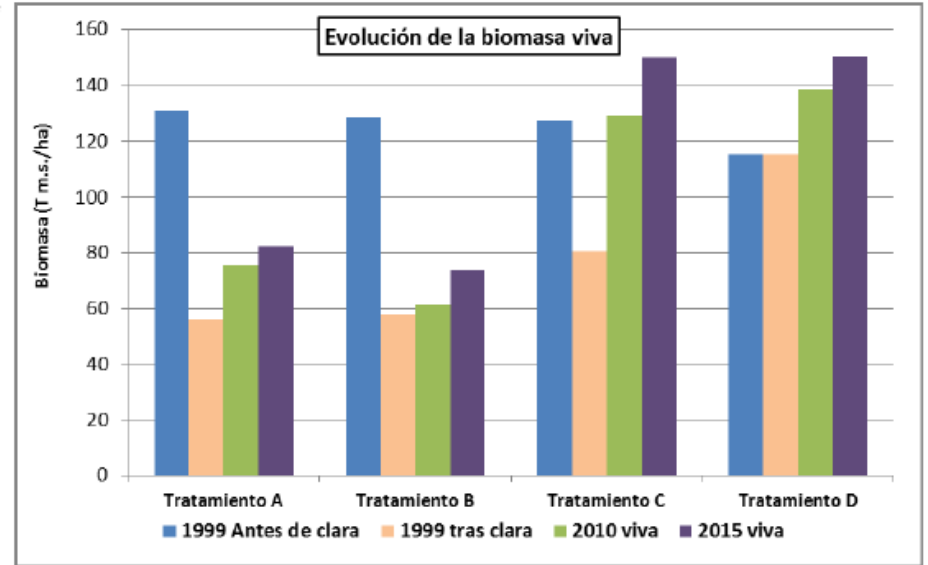
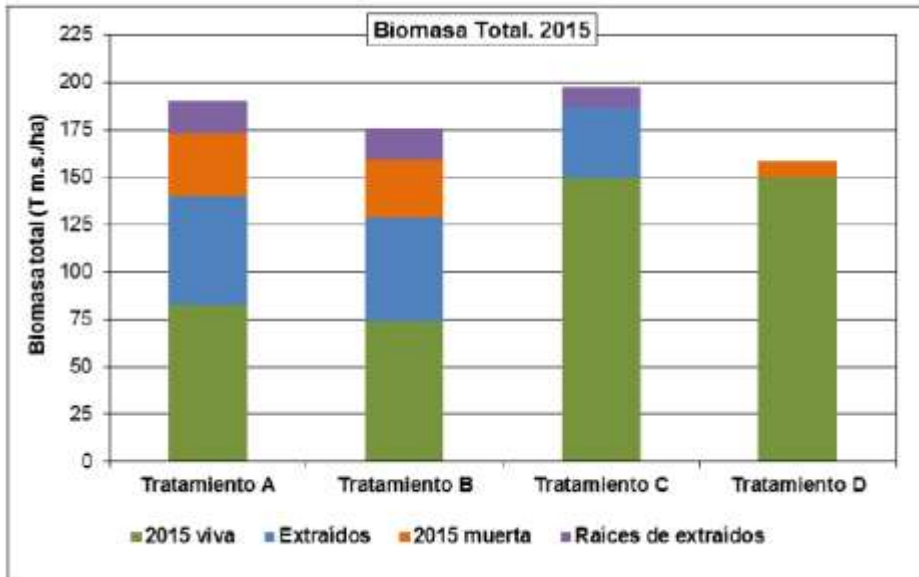
INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESTRUCTURAL



Regeneración de pino carrasco (pies/ha)	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento C	Tratamiento D
Árboles h < 0,5 m	Muy abundantes	Muy abundantes	Abundantes	Inexistentes
Árboles h 0,5-1,3 m	500	1.375	-	-
Árboles h > 1,3 y dn < 2,5 cm	-	350	-	-
Árboles h > 1,3 y dn 2,5 - 5 cm	-	25	-	-
TOTAL	500	1.750	-	-

Reposición de especies tolerantes (pies/ha, estimación)	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento C	Tratamiento D
Coscoja (<i>Quercus coccifera</i>)	400	275	Muy escaso	Muy escaso
Sabina albar (<i>Juniperus thurifera</i>)	25	100	Muy escaso	-
Aladierno (<i>Rhamnus alaternus</i>)	Escaso	-	Muy escaso	Muy escaso
Espino negro (<i>Rhamnus lyciodes</i>)	-	-	Muy escaso	Muy escaso
TOTAL	425	375	-	-

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD ESTRUCTURAL



INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD **ESTRUCTURAL**



Tratamiento D: mortalidad por competencia,
homogeneidad, estancamiento

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD **ESTRUCTURAL**



**Tratamiento C: Sin derribos ni regeneración,
homogeneidad, crecimiento óptimo**

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD **ESTRUCTURAL**

A photograph of a forest with a person in a red jacket standing in the middle ground, surrounded by trees and fallen branches. The forest floor is covered with dry leaves and moss. The trees are mostly thin and tall, with some larger, more mature trees. The lighting is bright, suggesting a sunny day.

Tratamiento B: Derribos, madera muerta, regeneración, diversificación de diámetros

INCREMENTO DE LA DIVERSIDAD **ESTRUCTURAL**

A photograph of a pine forest. In the foreground, a tree trunk is marked with the letter 'A' and the number '79' in white paint. The forest floor is covered with dry pine needles, small green plants, and some fallen branches. The background shows a dense stand of pine trees with sunlight filtering through the canopy.

Tratamiento A: Derribos, madera muerta, regeneración, diversificación de diámetros

SELVICULTURA ECOLÓGICA EN REPOBLACIONES

Si el objetivo principal de las repoblaciones en RN2000 puede no ser la producción:

¿Porqué aplicar una selvicultura productiva?

Selvicultura ecológica:

La incorporación del entendimiento de las perturbaciones y los procesos de desarrollo del rodal en mayor medida es la base de la selvicultura ecológica (Franklin et al., 2007)

Sencillas medidas a aplicar a lo largo de la vida del rodal

SELVICULTURA ECOLÓGICA EN REPOBLACIONES

1. RETENCIÓN ESTRUCTURAL

Mantenimiento de los legados biológicos y zonas ecológicas especiales (puntos de agua, tremedales, etc.) en todas las intervenciones

Implantación: mantenimiento de especies, pies adultos, madera muerta, etc.

Tratamientos: mantenimiento de pies senescentes y muertos en pie, de madera muerta, de pies con funciones ecológicas especiales, etc.

Cortas finales: mantenimiento además de reserva de pies adultos.

SELVICULTURA ECOLÓGICA EN REPOBLACIONES

1. RETENCIÓN ESTRUCTURAL



SELVICULTURA ECOLÓGICA EN REPOBLACIONES

1. RETENCIÓN ESTRUCTURAL



SELVICULTURA ECOLÓGICA EN REPOBLACIONES

1. RETENCIÓN ESTRUCTURAL



SELVICULTURA ECOLÓGICA EN REPOBLACIONES

2. INCORPORACIÓN DE LOS PROCESOS NATURALES DE DESARROLLO DEL RODAL A LOS TRATAMIENTOS

Ejecución de tratamientos que favorezcan la diversidad estructural y específica de la masa:

- Favorecimiento de los pies de mayor tamaño.**
- Heterogeneidad espacial: apertura de claros, tratamientos de densidad variable, y zonas sin intervenir a lo largo del rodal.**
- Heterogeneidad vertical: apertura de claros de diferentes tamaños, favorecimiento de subpisos.**

SELVICULTURA ECOLÓGICA EN REPOBLACIONES

2. INCORPORACIÓN DE LOS PROCESOS NATURALES DE DESARROLLO DEL RODAL A LOS TRATAMIENTOS.

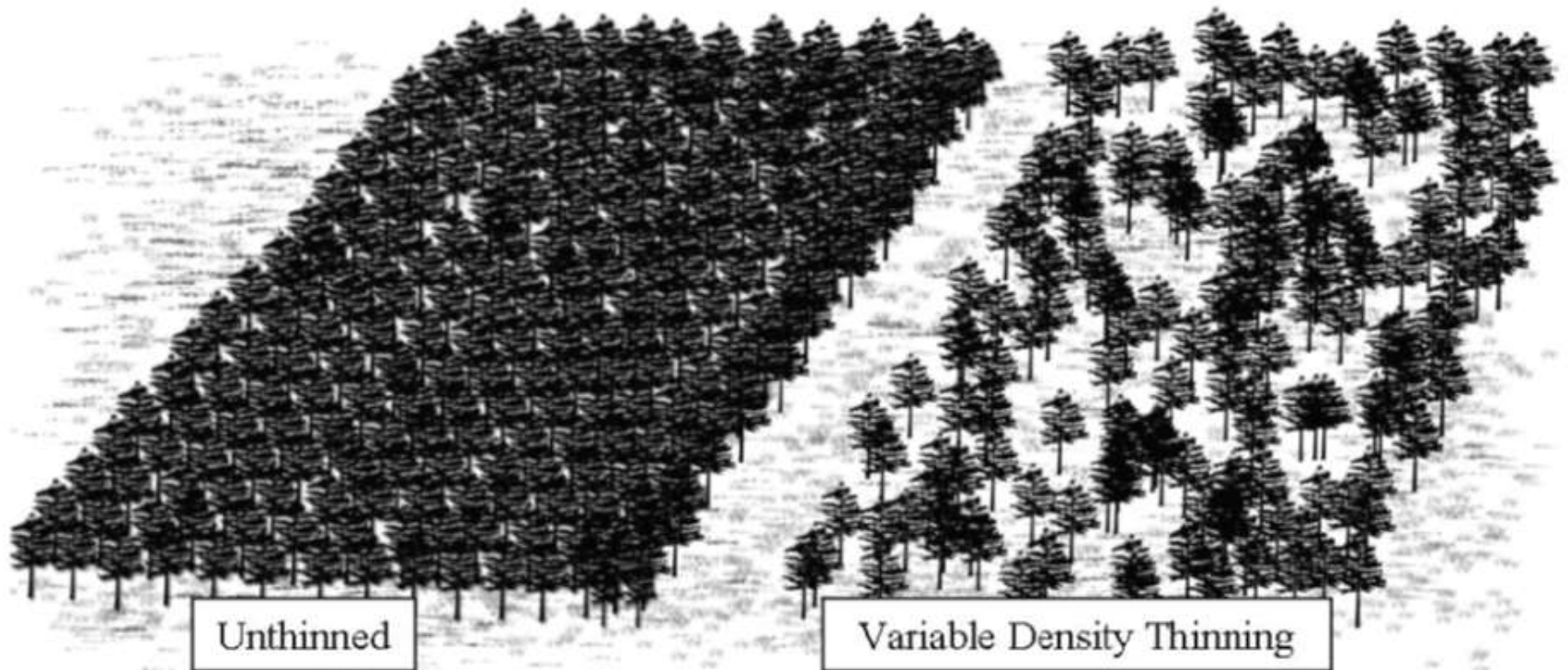


Figure 29.—Stylized representation of variable density thinning: (a) unthinned stand; (b) thinned stand displaying horizontal variation in stand density including gaps, skips (unthinned areas), and lightly thinned matrix.

SELVICULTURA ECOLÓGICA EN REPOBLACIONES

3. ADOPCIÓN DE PERIODOS DE RECUPERACIÓN ADECUADOS

Alargamiento de los plazos considerados en la ordenación, y en particular:

- Duración de la rotación de claras**
- Edad de madurez o Turno**

Abandono del concepto de “monte normal” y de las tablas de producción como guía de la gestión.

SELVICULTURA ECOLÓGICA EN REPOBLACIONES

4. RESTAURACIÓN ESTRUCTURAL

Tratamientos selvícolas tendentes a acelerar la consecución de una mayor complejidad estructural en rodales en estados iniciales e intermedios de desarrollo

- Incremento de árboles gruesos, favoreciendo el crecimiento de ciertos árboles.**
- Liberación de pies del subpiso, normalmente de especies más tolerantes a la sombra.**
- Consecución artificial de elementos estructurales como la madera muerta en pie o en el suelo.**

OBJETIVOS EN LA NATURALIZACIÓN DE REPOBLACIONES

Repoblaciones de alta edad (≈ 100 años) con subpiso consolidado de especies constitutivas de hábitats

- **Masa mixta:**
 - Cortas de Regeneración (fuertes)**
- **Cambio de especie:**
 - Abandono de cortas**
 - Extracciones graduales suaves**
 - Desvitalización**

OBJETIVOS EN LA NATURALIZACIÓN DE REPOBLACIONES

Las cortas intensas darán oportunidades al pino



OBJETIVOS EN LA NATURALIZACIÓN DE REPOBLACIONES

Si no se ejecutan cortas el pino no tiene ninguna posibilidad



OBJETIVOS EN LA NATURALIZACIÓN DE REPOBLACIONES

Repoblaciones de edad media (50-80 años) con subpiso instalado de especies constitutivas de hábitats

- **Consolidación del subpiso**

Claras medias-fuertes con medidas de silvicultura ecológica

OBJETIVOS EN LA NATURALIZACIÓN DE REPOBLACIONES



OBJETIVOS EN LA NATURALIZACIÓN DE REPOBLACIONES



MEDIDAS PRÁCTICAS PARA LA NATURALIZACIÓN DE REPOBLACIONES

Repoblaciones de edad media (50 - 80 años) y jóvenes (< 50 años) con regeneración incipiente o sin regeneración

Diversificación estructural y específica

- **En zonas sin potencial de reclutamiento**

Introducción de especies: núcleos de dispersión y/o implantación bajo cubierta

Claras moderada débiles con medidas de selvicultura ecológica

OBJETIVOS EN LA NATURALIZACIÓN DE REPOBLACIONES

Repoblaciones de edad media (50 - 80 años) y jóvenes (< 50 años) con regeneración incipiente o sin regeneración

Diversificación estructural y específica

- **En zonas con potencial de reclutamiento**

Claros medias con medidas de silvicultura ecológica

Refuerzo con núcleos de dispersión

OBJETIVOS EN LA NATURALIZACIÓN DE REPOBLACIONES



OBJETIVOS EN LA NATURALIZACIÓN DE REPOBLACIONES



Mantenimiento bifurcados

Favorecimiento de gruesos

OBJETIVOS EN LA NATURALIZACIÓN DE REPOBLACIONES

Repoblaciones cuyas especies principales constituyen hábitats de interés comunitario (pino carrasco, pino negral, pino rodeno)

- **Buena calidad de estación: masas mixtas con otros hábitats**
- **Mala calidad de estación: regeneración del pinar**

OBJETIVOS EN LA NATURALIZACIÓN DE REPOBLACIONES

Aceptable calidad de estación: masa mixta de pino carrasco, encina y quejigo



OBJETIVOS EN LA NATURALIZACIÓN DE REPOBLACIONES

Mala calidad de estación: pinar de carrasco



A photograph of a dense forest of evergreen trees. The trees are lush green and fill most of the frame. A large, dark tree trunk is prominent on the right side. The background shows more trees and a slightly overcast sky.

Muchas gracias por su atención