

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRÓNOMOS**

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA***

**“INFLUENCIA DE LAS CLARAS FORESTALES EN EL CRECIMIENTO Y ESTRUCTURA DE UN RODAL
DE PINO SILVESTRE EN EL PIRINEO NAVARRO”**

presentado por

Iker Tres Pascual (e)k

aurkeztua

**INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA EN EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS
NEKAZARITZAKO INGENIARI TEKNIKOA NEKAZARITZA ETA ABELTZAINZA USTIAPENAK
BEREZITASUNA**

Octubre, 2014 / 2014, Urria

Universidad Pública de Navarra

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

***NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA***

TRABAJO FIN DE CARRERA de INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA

**“INFLUENCIA DE LAS CLARAS FORESTALES EN EL CRECIMIENTO Y ESTRUCTURA DE UN
RODAL DE PINO SILVESTRE EN EL PIRINEO NAVARRO”**

Trabajo Final de Carrera presentado por Iker Tres Pascual con el objeto de optar al título de Ingeniero Técnico Agrícola, siendo su director Juan A. Blanco Vaca, profesor del Departamento de Ciencias del Medio Natural de la Universidad Pública de Navarra.

Vº Bº Director del trabajo:

Autor:

Juan A. Blanco Vaca

Iker Tres Pascual

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar las gracias al que ha sido mi director en este trabajo, Juan Blanco, por la dedicación que le ha puesto, ya que sin su ayuda la realización del trabajo no hubiera sido posible. Por todos los conocimientos que he adquirido tanto en el trabajo de campo como en la realización del documento, y por la motivación que me ha aportado.

Tampoco me olvido de María, Jon y Bosco, que junto a Juan, fueron mis compañeros en el trabajo de campo y los que me ayudaron a hacer las mediciones. Gracias a ellos, también ha sido posible este trabajo y por supuesto, me dejan un buen recuerdo de aquellos días en las parcelas de Garde y Aspurz.

Eskerrik asko!!

RESUMEN

Título del trabajo:

Influencia de las claras forestales en el crecimiento y estructura de un rodal de pino silvestre en el Pirineo Navarro.

Director:

Juan A. Blanco Vaca

Departamento:

Ciencias del Medio Natural. Área de Ecología.

Alumno:

Iker Tres Pascual

Resumen:

El presente trabajo se centra en el estudio del efecto de las claras en un rodal de *Pinus sylvestris* L. situado en la localidad de Garde, en el Pirineo navarro. El estudio de la zona comenzó en 1999, cuando se escogió el área de bosque que iba a recibir el tratamiento de clara. Se dividió en 3 bloques con 3 repeticiones de tratamientos de clara: 0%, 20% y 30% del área basal en un total de nueve parcelas.

El objetivo general de este proyecto, es determinar si después de 13 años los efectos de las claras se mantienen en un rodal de pino silvestre o las diferencias generadas por las mismas han desaparecido.

Durante el trabajo de campo se marcaron todos los árboles de las parcelas, se midieron los diámetros de los mismos y se clasificaron sociológicamente. Posteriormente se midieron las alturas de 5 árboles de cada clase sociológica en cada parcela.

Una vez recogidos los datos, se realizaron los cálculos necesarios para la obtención de los datos necesarios de las variables a estudiar, que fueron el número de árboles, el número de árboles según la clase sociológica a la cual pertenecían, el diámetro medio, el área basal y la altura media de los árboles. Los resultados se obtuvieron mediante los programas "Excel" y "SPSS statistics".

Se obtuvieron diferencias significativas para algunas de las variables según el tratamiento de clara, lo que significó que las claras tuvieron efecto y 14 años después se mantuvo. Se observaron tendencias no significativas en otras variables en algunos casos, concluyéndose que no estaban necesariamente estrechamente relacionadas con los tratamientos de claras, o que debido a la variabilidad de los datos no se pudieron detectar diferencias estadísticamente significativas con el programa.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Los bosques	1
1.1.1. Definición	1
1.1.2. Los bosques templados	1
1.2. Situación de los bosques en Navarra	2
1.2.1. Plan Forestal de Navarra	2
1.2.2. La evolución de los bosques en Navarra	3
1.2.2.1. Cambio en la pérdida de superficie forestal arbolada	3
1.2.2.2. Expansión de algunos tipos de bosques.....	3
1.2.2.3. Regresión de algunos tipos de bosques	3
1.2.3.1. La expansión de la superficie forestal arbolada.....	4
1.2.3.2. El abandono paulatino de algunos bosques.....	5
1.2.3.3. Las nuevas demandas sobre los montes.....	5
1.3. El desarrollo de los árboles dentro de la masa forestal	6
1.3.1. Competencia entre los árboles de una masa	7
1.3.2. Clases sociológicas dentro de la masa	7
1.4. La silvicultura.....	8
1.4.1. Definición e importancia	8
1.4.2. Las claras	9
1.4.2.1. Definición	9
1.4.2.1. Objetivos de las claras.....	9
1.4.2.2. Funciones	10
1.4.2.3. Tipos de claras.....	11
1.4.2.5. Efectos de las claras	15
1.4.2.6. Inconvenientes de las claras	16
1.5. Antecedentes del trabajo.....	17
2. OBJETIVOS	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Caracterización de la zona.....	19
3.1.1. Localización	19
3.1.2. Características de las parcelas.....	20
3.1.3. Geomorfología	21
3.1.4. Características climáticas	21
3.1.4.1. Clasificación climática	22

3.1.4.2. Datos climáticos de la estación metereológica.....	23
3.1.5. Biogeografía.....	24
3.1.5.1. Pisos Bioclimáticos	24
3.1.5.2. Vegetación.....	24
3.1.5.3. Zonificación Ombroclimática	24
3.2. Pino silvestre	25
3.2.1. Biología.....	25
3.2.2. Ecología	25
3.2.3. Distribución	26
3.2.4. Variedades de Pinus sylvestris en la península Ibérica	27
3.2.5. Pinares de Pinus sylvestris.....	28
3.3. Trabajo en campo.....	29
3.3.1. Identificación y numeración de los árboles	29
3.3.2. Medidas de los diámetros y clasificación.....	29
3.3.3. Medidas de alturas.....	30
3.4. Análisis estadístico	31
3.4.1. Comprobación de la idoneidad de los datos para el análisis estadístico.....	31
3.4.2. Análisis de Varianza.....	32
4. RESULTADOS.....	33
4.1. Número de árboles.....	33
4.2. Estructura sociológica del rodal	35
4.3. Diámetro medio	37
4.4. Área basal.....	40
4.5. Altura media.....	43
5. DISCUSIÓN	46
5.1. Número de árboles.....	46
5.2. Estructura sociológica del rodal	48
5.3. Diámetro medio	50
5.4. Área basal	51
5.5. Altura media.....	53
5.6. Implicaciones para la gestión	54
6. CONCLUSIONES.....	57
7. BIBLIOGRAFÍA	59

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Los bosques

1.1.1. Definición

Según la definición de Thomas y Packham (2007), el bosque es una área arbolada, relativamente grande, donde los árboles por lo general forman un denso follaje cerrado. No obstante, un bosque no tiene que ser uniforme en gran superficie. De hecho frecuentemente se compone de una serie de masas, grupos de árboles que varían en diferentes características como la edad, la especie o la estructura. Estas masas, además, suelen estar intercaladas con lugares abiertos tales como prados, lagos y zonas donde el ganado pastorea limitando el desarrollo de los árboles.

1.1.2. Los bosques templados

Estos ecosistemas ocupan posiciones topográficas que van desde las tierras bajas hasta las cimas montañosas. Sus condiciones ambientales varían desde un medio cálido y semiárido hasta un ambiente frío y húmedo. Se enfrentan a amplias fluctuaciones de temperatura, tanto diarias como estacionales, las que generan un estrés fisiológico sobre plantas y animales. Pese a la rigurosidad del ambiente los bosques templados suelen mantener una productividad elevada (Smith y Smith, 2002).

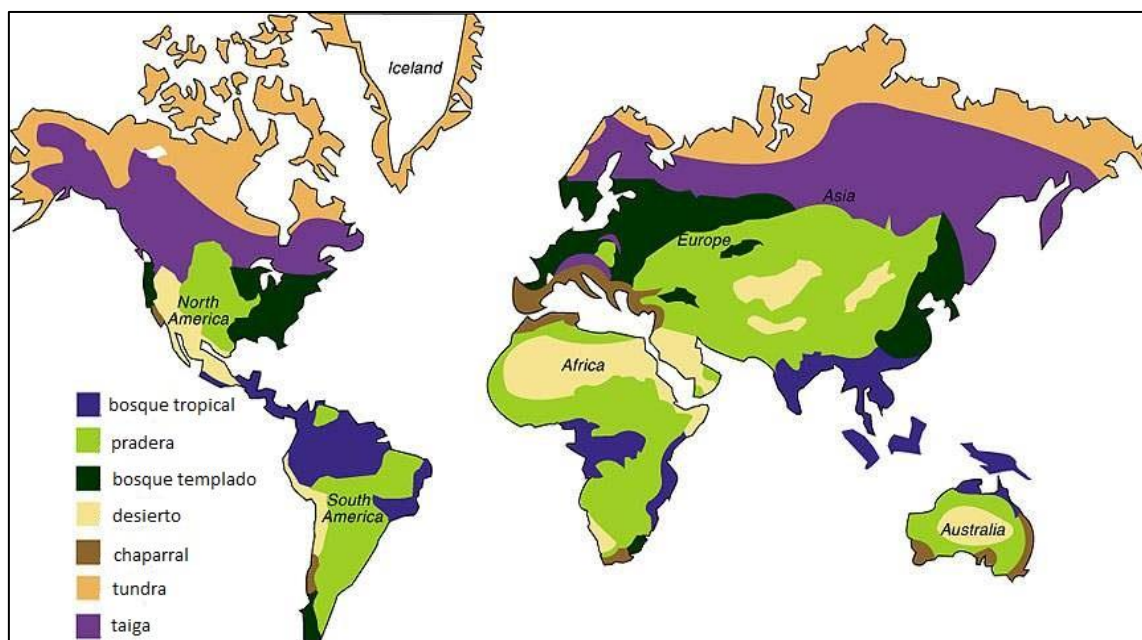


Figura 1.1. Esquema de los diferentes ecosistemas distribuidos en el mundo .En negro los bosques templados (Asociación nacional de Maestros de Ciencias de la Tierra, 2012).

Los bosques templados, abarcan asociaciones de coníferas, de especies caducifolias o de agrupaciones mixtas. Independientemente del tipo que sean, estos bosques poseen una gran cantidad de biomasa aérea. Dicha biomasa origina varios estratos de vegetación, que influyen tanto en la estructura vegetal como en las condiciones ambientales de la asociación vegetal como luz, humedad, temperatura, vientos y dióxido de carbono. (Smith y Smith, 2002).

Los fuertes contrastes altitudinales, la diversidad de rocas y suelos y la variedad de bioclimas que hay en Navarra, han hecho que exista una gran diversidad de tipos de bosque, ya que se pueden encontrar casi todos las regiones biogeográficas que existen en la Península Ibérica, y también gran parte de las europeas. (Pardo y Velasco, 2006). Los bosques templados están presentes en la mitad norte de Navarra.

1.2. Situación de los bosques en Navarra

1.2.1. Plan Forestal de Navarra

La creación del Plan Forestal de Navarra responde a una exigencia del Parlamento Foral que refleja el interés y el cuidado que han tenido históricamente los navarros por sus montes.

En Navarra, los bosques suelen localizarse en los montes, ya que históricamente las zonas de valle o llanura se han empleado para usos agrícolas. Los montes ocupan cerca de las dos terceras partes del territorio navarro. Constituyen un capital ecológico y económico difícil de medir. Dicho capital está compuesto por cientos de especies vegetales y animales y su información genética, los suelos que sostienen los bosques, los cientos de millones de árboles que crecen sobre ellos, el paisaje que crean, las tradiciones y habilidades de gestión y conservación, y las infraestructuras que permiten su protección y aprovechamiento.

Dicho esto no cabe duda de que el citado capital debe ser protegido y no sólo por su incalculable valor ecológico. Necesita ser protegido, gestionado para que produzca las rentas materiales, ambientales y demás que demanda la sociedad actual y que exigen inversiones para que aumente tanto en calidad como en cantidad, para su uso y disfrute de las próximas generaciones.

El Plan Forestal de Navarra plantea ocho objetivos que cumplir, para intentar cubrir las necesidades que demandan los montes y las actividades que se realizan en ellos:

- Aumento de la calidad y cantidad de los bosques.
- Protección de la biodiversidad y calidad de los recursos de los montes.
- Defensa del bosque ante riesgos naturales y humanos.
- Protección sostenible de bienes económicos.
- Adecuación a las demandas de usos sociales.
- Una industria forestal competitiva estabilizadora de empleo.
- Aumento de la actividad gestora de los actores forestales.
- Desarrollo y mejora de los medios y técnicas de gestión.

1.2.2. La evolución de los bosques en Navarra

Desde el Neolítico hasta hoy en día, las masas forestales han sufrido una fuerte intervención humana (Plan Forestal de Navarra, 1998b). Se ha simplificado la estructura y composición de los bosques y modificado los mecanismos regeneración y resistencia. Tal es la situación que en muchos casos la evolución natural no permite conseguir unos bosques equilibrados capaces de responder a las demandas ecológicas, sociales y económicas.

1.2.2.1. Cambio en la pérdida de superficie forestal arbolada

Desde la alta Edad Media los bosques navarros han sufrido un retroceso para dar paso a pastos y cultivos. Son varias las razones por las que se mantuvo cierta cantidad de bosques, pero un argumento de peso es que suponían la única fuente de energía.

Según los diferentes estudios (Plan Forestal de Navarra, 1998b), el último tercio del siglo XIX y los primeros años del pasado siglo, es el momento histórico en el que los montes navarros se encontraban en peor estado. Los paisajes predominantes eran montes desnudos, bosques abiertos con escasa regeneración y el abandono del monte bajo que había sido la principal fuente de leña para la realización del carbón.

Las técnicas modernas de gestión de montes, el inicio de repoblaciones forestales y el abandono de muchas zonas de cultivo y de pastos por ejemplo, hicieron que a principios del siglo XX la situación empezase a cambiar. La superficie arbolada se ha incrementado en más de 100.000 hectáreas en menos de un siglo. Según el Tercer Inventario Forestal Nacional publicado en 2006, la superficie arbolada aproximada era de 458.944 Has, el 44,2% de la superficie total.

1.2.2.2. Expansión de algunos tipos de bosques

El haya es una especie en expansión desde que llegó a Navarra hace unos 3.000 años. Ahora es la especie más representativa de la región. Con más de 132.000 Has según el tercer inventario forestal, supone un tercio de la superficie de hayas en la Península Ibérica. Compite ventajosamente en la montaña frente a otros tipos de bosque como pinares o robledales.

Dentro de las coníferas autóctonas destacan los pinares de pino silvestre que se ha extendido gracias a la actividad antrópica. Representa la segunda superficie forestal con más de 67.000 Has (Pardo et al., 2006). Cabe mencionar el auge de los pinos laricio y alepo por la actividad repobladora y la del pino radiata por ser el principal cultivo forestal.

Aunque sea en menor medida, los cultivos forestales de chopos híbridos de alta productividad tienen su importancia. Se han desarrollado a expensas de antiguos bosques roturados en su día con interés agrícola y ganadero.

1.2.2.3. Regresión de algunos tipos de bosques

El carrascal de tipo castellano-aragonés es el tipo de bosque que mayor reducción superficial ha sufrido, hasta limitarse casi de forma residual a la zona de Miranda de Arga y

Tafalla. El espacio que ocupaba se ha ido transformando en secano cerealista, cultivos arbóreos de secano, pastizales y matorrales bajos.

Debido al fuerte carboneo, el encinar colino cántabro-euskaldun ha dejado de cubrir las pendientes pronunciadas de calizas del valle del río Araxes. Se mantiene únicamente en Betelu y Lezaeta y de forma testimonial.

Los robledales y fresnedas cántabras han desaparecido casi totalmente. Su posición en el fondo de algunos valles las hace muy vulnerables debido a la presión de transformación en tierras agrícolas.

Han desaparecido casi en su totalidad los robledales de roble común o pedunculado con espino navarro. Se limitan al bosque de Orgi y a las manchas que quedan en Ultzama y Basaburua.

En riesgo de desaparecer están las olmedas, roturadas para cultivos de vega y muy afectadas por la grafiosis. La misma suerte corren los marojales ibéricos y cántabros que han sido carboneados, sustituidos por castañales y pastizales, o repoblados con pino radiata o laricio. Las fresnedas pirenaicas han sido ocupadas por prados, cultivos, choperas o destruidas casi en su totalidad por infraestructuras. Tampoco se libran los abetales pirenaicos amenazados por distintas enfermedades.

Los bosques que acompañan a los ríos como la chopera y sauceda pirenaica o la aliseda cántabra, han sufrido una importante alteración en su mejor caso, o un gran deterioro en el peor.

1.2.3. Las tendencias actuales de los bosques navarros

Realmente las tendencias que se describen a continuación no son tan actuales, ya que, los datos más actualizados pertenecen al Tercer Inventario Forestal Nacional realizado en 2006. No obstante aunque los datos no puedan tomarse como números exactos, son referentes a la hora de ver las tendencias de los montes navarros en las últimas décadas.

1.2.3.1. La expansión de la superficie forestal arbolada

La superficie forestal arbolada se ha incrementado de 304.000 Has a 458.944 Has en las tres últimas décadas. El incremento se ha dado tanto en especies de coníferas como en frondosas. Esto se ha debido principalmente a que en el mismo periodo de tiempo la superficie de matorral y pastizal se ha reducido de 250.000 Has a 180.000 Has aproximadamente.

Según los inventarios forestales, el haya, el pino silvestre y la encina han sido las especies más favorecidas junto a las especies de repoblación, como pino laricio, pino alepo o carrasco y pino radiata (Pardo et al., 2006).

Son varias las causas que han contribuido a la expansión de la superficie arbórea. Además de la sustitución de la madera por otras fuentes de energía, cabe destacar la actuación

de la Administración Forestal por impulsar a partir de 1965 las repoblaciones y la recuperación de zonas degradadas y lucha contra la erosión.

La repoblación fundamentalmente ha sido sobre rasos con el objetivo de mejorar y proteger el suelo. Sólo en los casos del pino radiata y de los chopos híbridos que representan el 1% de la superficie forestal en Navarra se puede hablar de cultivos forestales.

El arbolado alóctono representa cerca del 11% de la superficie forestal, habiéndose incrementado en 8.000 de las 58.000 Has totales.

1.2.3.2. El abandono paulatino de algunos bosques

El descenso de la población activa agraria y su envejecimiento; el abandono de algunas tradicionales como la recogida de leña; el menor interés de los propietarios de montes respecto a las extracciones de una madera cada vez menos valorada etcétera, hacen que poco a poco se vaya abandonando la gestión de algunos montes.

Respecto a los montes públicos, solo el 20% de entidades locales titulares, realizan algún tipo de aprovechamiento maderero y regular en sus montes, el 40% lo hace sin regularidad y el 28% lo hace muy ocasionalmente.

La propiedad privada dispone de 177.000 Has de las cuales 86.000 están arboladas. Se distribuyen en 34.000 propietarios de los que aproximadamente solo 5.000 son propietarios activos.

Se puede pensar que el abandono de la gestión de los montes podría propiciar la recuperación de los mismos. Sin embargo la experiencia dice, que en los montes intervenidos en los que su estructura natural ha sido alterada normalmente esto no ocurre. Al abandonarse la gestión, dejarse de recoger la leña y al disminuir el ganado dentro de los montes, se ha incrementado el riesgo de incendios al aumentar la carga combustible, sobre todo en bosques de carácter más mediterráneo.

En zonas más atlánticas también se han visto experiencias negativas en el abandono en la gestión de bosques de frondosas. Se ha visto que un alargamiento excesivo del turno de corta ha propiciado la existencia de grupos de árboles demasiado maduros. Estos son más vulnerables a plagas y enfermedades y pueden tornarse en un reservorio de agentes infecciosos extensibles a otras masas forestales.

1.2.3.3. Las nuevas demandas sobre los montes

Tradicionalmente la madera y la leña han servido para el mantenimiento de la economía de muchos pueblos. Hoy en día se añaden nuevas demandas que tienen relación con la optimización de todas las funciones de los bosques. Hay un cambio cultural que exige la preservación de los aspectos ecológicos de los montes, una nueva conciencia social que valora el patrimonio ecológico y la necesidad de conservarlo y mejorarlo en miras a las generaciones futuras.

También crece la demanda del uso público paisajístico-recreativo. En la medida que se despuebla el medio rural, crece la demanda de visitar los bosques como lugar de esparcimiento.

Los bienes económico-sociales que antes eran básicamente la madera y leña, toman hoy una nueva dimensión. Son vitales para generar puestos de trabajo que fijen población en el medio rural. Actualmente alrededor de 4000 personas están empleadas dentro del ámbito forestal, ya sea en la gestión, en la industria, o en otras actividades. Hoy en día la biomasa forestal juega un papel importante como fuente de energía. En este mismo año 2014 se ha celebrado en Navarra la 2ª Feria de la Biomasa Forestal. El precio de la biomasa es competitivo y estable y el ahorro en la factura energética supera el 50%. En 2012 se generaron 39,1 MW de electricidad en plantas de generación de biomasa agrícola y forestal.

La industria maderera exige cada vez maderas de más calidad, que difícilmente han de conseguirse sin una adecuada silvicultura.

Por otro lado, los hongos, las setas, semillas, plantas y en menor medida frutos, cada vez adquieren más interés en el mercado. Hasta hace poco eran objeto de un aprovechamiento no regulado pero en ciertos montes pueden llegar a suponer rentas complementarias a la madera, de bastante consideración.

La caza es otra de las actividades que aunque en Navarra haya tenido un carácter más social que productivo se empieza a considerar aprovechamiento.

1.3. El desarrollo de los árboles dentro de la masa forestal

Cuando un árbol crece en campo abierto, la copa se expande vertical y horizontalmente, puesto que las ramas terminales y laterales crecen hacia el exterior (Oliver y Larson, 1996). Al mismo tiempo que los árboles van creciendo y desarrollándose, van alterando el área de la luz, la humedad, el oxígeno y los regímenes de nutrientes del suelo, debajo de la cubierta a medida que se expanden. Cuanto más cerca están unos árboles de otros mayores son las alteraciones o restricciones de disponibilidades de recursos que causan.

Los árboles ocupan más luz y causan mayor sombreamiento a medida que sus copas se expanden. Simultáneamente, las raíces ocupan más espacio dentro del suelo, y también limitan la disponibilidad de recursos que hay en el suelo. Se asume que la plena ocupación del espacio de crecimiento disponible se consigue cuando ocurre la superposición entre unas copas y otras por toque adyacente vegetal (Oliver y Larson, 1996), utilizando así toda la luz disponible. Este fenómeno se conoce como el cierre de copas.

Especialmente en los sitios pobres en nutrientes o en agua esta suposición puede ser una simplificación excesiva, ya que la humedad o nutrientes pueden ser limitantes antes que de la luz del sol. En estos sitios, todo el espacio de crecimiento disponible puede ser ocupado, mientras que las copas de los árboles adyacentes son aún muy distantes.

1.3.1. Competencia entre los árboles de una masa

El comportamiento conocido como competencia aparece cuando uno o más recursos necesarios para el desarrollo del árbol es insuficiente para el desarrollo de los mismos (Del Río, 2001). Dentro de una especie a partir de cierta acumulación de biomasa, se empiezan a notar los efectos de la competencia traduciéndose en una reducción de la tasa de crecimiento conjunto (Terradas, 2001). La mortalidad inducida o por la densidad o autoraleo es el resultado de la competencia entre individuos de una masa.

1.3.2. Clases sociológicas dentro de la masa

La competencia conduce a una dominancia de unos individuos sobre otros (Terradas, 2001). Esto hace que unos individuos se desarrollen a expensas de que otros queden limitados en su crecimiento y desarrollo dentro de la masa, habiendo diferentes tipos de árboles según la posición de dominancia o subordinación que ocupen.

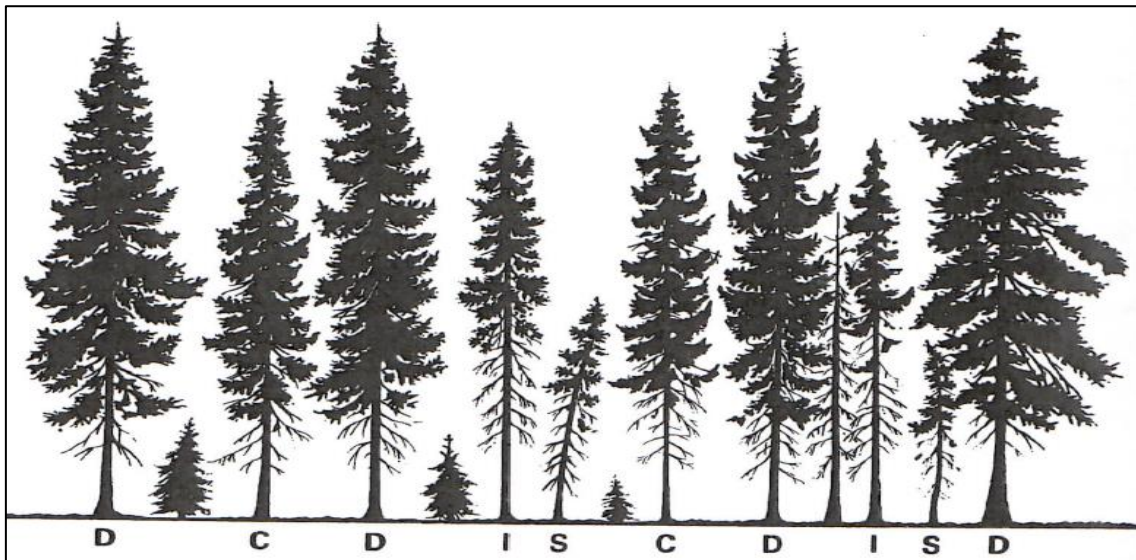


Figura 1.2. Distintos tipos de árboles según la clase sociológica. D=Dominante; C=Codominante; I=Intermedio; S=Ocluido. (Thomas y Packham, 2007).

a) Árboles dominantes

Son los más altos de una masa. Desbordan a los demás en altura y reciben luz por arriba y por los lados. Su copa es relativamente profunda respecto a su altura, y más bien ancha respecto al diámetro del tronco. Se hacen gruesos y ramosos relativamente rápido y mantienen una buena vitalidad. No suelen reaccionar apenas a su liberación, ya que normalmente crecen sin demasiadas opresiones. En ocasiones se distinguen los predominantes, que son los ejemplares que son claramente mayores.

b) Árboles codominantes

Suelen ser similares o algo menores en altura que los dominantes. Reciben abundante luz desde arriba, pero poca desde los laterales. Como consecuencia de la competencia que sufren, tienen una copa menos profunda y más estrecha respecto al diámetro y a la altura que los anteriores. Crecen bastante rápido, aunque con poca ramosidad, y tienen un tronco bastante cilíndrico por lo que suelen tener mejores fustes que los dominantes.

c) Árboles intermedios

Suelen ser algo más pequeños en altura y en diámetro que los anteriores y reciben luz por arriba y por los lados. No se les ve mucha competencia alrededor, por lo que se puede pensar que anteriormente han sufrido algo más de competencia y no han crecido muy rápidamente, y posteriormente por causas naturales o no, han desaparecido los ejemplares que originaban la competencia.

d) Árboles dominados u ocluidos

Son de altura claramente menor que la de las clases anteriores. Reciben poca luz por arriba y apenas nada por los lados. Prácticamente han perdido la carrera por la luz, excepto cuando son de especies más de sombra que los dominantes y codominantes que hay alrededor. Su situación tiende a empeorar y crecen muy lentamente. Suelen reaccionar mal y tardíamente a su liberación, y en especial si son adultos y pertenecen a especies que requieren mucha luz, ya que estas especies resisten menos ante la competencia aguda. Hay autores que distinguen los árboles ahogados o sumergidos en otra clase de copa, que son los que están normalmente moribundos y no tienen ninguna capacidad de reacción ante su liberación.

1.4. La silvicultura

1.4.1. Definición e importancia

La silvicultura se ha definido de diversas maneras, como el arte de producir y cuidar un bosque; la aplicación de los conocimientos de bioecología silvícola en el tratamiento de un bosque; o la teoría y práctica de controlar el establecimiento de bosques, la composición, la estructura y el crecimiento. Dado que en las prácticas silvícolas se aplica la ecología forestal, también es una parte importante de la tecnología biológica que conlleva la gestión de ecosistemas en acción (Smith et al., 1997).

Las prácticas silvícolas consisten los distintos tratamientos aplicados a los bosques para mantener y mejorar su utilidad para cualquier propósito. Los deberes de los forestales son analizar los factores naturales y sociales que influyen en cada masa para luego diseñar y llevar a cabo los tratamientos más apropiados para el objetivo de la gestión.

Al igual que el resto de la actividad forestal en sí, la silvicultura es una ciencia aplicada que se apoya en las ciencias naturales y sociales más fundamentales. La fundación inmediata de la silvicultura en las ciencias naturales es bioecología silvícola, que se ocupa del desarrollo y

crecimiento de los árboles individuales y otras biotas forestales, así como de los ecosistemas forestales enteros (Smith et al., 1997).

La madera, para muchos el objetivo más común, no es ni el único ni necesariamente el dominante. Es un error que algunos silvicultores supongan que la producción de madera es o debería ser el único objetivo de la silvicultura. Con frecuencia, sobre todo en los bosques públicos, beneficios tales como el agua, la vida silvestre, el pastoreo, la recreación, o la estética pueden ser más importantes.

La mayoría de las prácticas silvícolas se aplican en el curso de la cosecha de madera, aunque sólo sea porque el valor de los productos retirados reduce en gran medida los costos de las operaciones; esto es cierto incluso si la producción de madera es sólo un objetivo secundario o terciario de la gestión. La silvicultura para la producción de madera es también el tipo más complejo debido a la especie y calidad de los árboles son de mayor preocupación de lo que serían con otros usos del bosque. El diseño de la silvicultura para la gestión de la vida silvestre también es complicado, pero principalmente debido a la dificultad de la determinación de los tipos de vegetación que las poblaciones de animales móviles y elusivos requieren.

1.4.2. Las claras

1.4.2.1. Definición

A partir de los 10 cm de diámetro a 1,30 m del suelo, se dice que los árboles han alcanzado el latizal medio. Una clara es una intervención de control de la espesura de una masa (bosquete o rodal), realizada sobre pies del tamaño de los latizales medios o mayores, y que habitualmente genera ya productos de dimensión comercial (Montoya y Mesón, 2004).

Algunos de los ejemplares que deben ser cortados, para regular adecuadamente las relaciones de competencia dentro de la masa, empiezan a alcanzar dimensiones y formas superiores a las típicas de las brozas y leñas. Comienzan a ser “maderas” de mayor o menor dimensión.

Se llaman clareos o aclareos a las intervenciones de control de espesura que no corten maderas mayores de 10 cm de diámetro, y claras a las que corten maderas de más de dicha dimensión.

1.4.2.1. Objetivos de las claras

La clara, como control de espesura que es, tiene la finalidad de prevenir de los efectos y riesgos de una competencia intensa entre los árboles. Elimina precozmente los peores pies de la población en beneficio de los mejores. Según las necesidades y posibilidades, los extrae para aprovechamiento o los destruye como residuo, para prevenir posibles daños sanitarios o de otro tipo.

No obstante, hay que tener en cuenta que una determinada competencia resulta recomendable en algunas ocasiones. Los troncos se limpian de ramas y crecen más rectos y cilíndricos. El sotobosque queda limitado en su crecimiento por la sombra del arbolado, reduciendo el riesgo de incendios y mejorando la transitabilidad del bosque. Es por tanto, interesante y necesario no perder demasiada espesura y no alcanzar espesuras excesivas al mismo tiempo.

Normalmente al mismo tiempo que se realizan claras con este objetivo, se aprovecha para completar otro tipo de cortas como de liberación y mejora, podas de formación y otras intervenciones que queden pendientes en el bosque. En la práctica una corta intermedia no busca otra cosa que mejorar al máximo el monte con el menor coste posible. Por ello aunque en toda intervención predomine un tipo de corta, normalmente se mezclan varios de ellos y esto hace que en la realidad una intervención silvícola de estas características suele ser más compleja que lo que parece en un principio.

1.4.2.2. Funciones

Las claras tienen tres funciones diferentes: sanitaria, de cosecha de productos y de mejora de la masa residual.

a) Sanitaria

Un ritmo de claras bien mantenido, es la mejor medida sanitaria de tipo preventivo que puede tomarse en el monte ya que se eliminan ejemplares con daños, enfermos, muertos y en mal estado. Habrá menos fuentes de daños y más vigor en los restantes, y en consecuencia menos bajas.

b) De cosecha de productos

Los aspectos económicos relacionados con la cosecha del monte van tomando más importancia conforme el arbolado va haciéndose más grueso. Si las claras se repiten a un ritmo suficientemente rápido se ejecutan las cortas de recuperación, con un mayor peso e interés económico cuanto más gruesos sean los materiales a extraer.

c) De mejora de la masa residual

La masa residual la van componiendo cada vez un número menor de árboles, cada vez mejores que son los que van a quedar como productores y reproductores finales. La masa residual se beneficia a en cada clara en su crecimiento, estado sanitario y longevidad. Cuando la clara es suficientemente selectiva, se mejora la calidad media de los individuos y especies que van quedando. Todo pase de clara supone inicialmente un choque para la masa residual seguido de un incremento de su vitalidad. Lo ideal son pases ligeros y frecuentes, pero hay que tener en cuenta que una elevada frecuencia de claras puede ser contraria a los aspectos económicos que interesan.

1.4.2.3. Tipos de claras

a) Claras sistemáticas y calles de arrastre

También conocidas como claras geométricas, suelen practicarse en el caso de algunas repoblaciones artificiales muy homogéneas y en masas naturales demasiado densas en las que es difícil penetrar. Se realizan sobre todo en las primeras edades de la masa, en ocasiones habría que hablar de clareos en vez de claras.

Siguen unas normas de corta bastante rígidas sobre el terreno. Se trazan bandas o calles bastante rectas y en principio se cortan todos los árboles que estén dentro de esas franjas. Es frecuente cortar una de cada dos, tres o cuatro filas de árboles. Cuando se repite la intervención es recomendable que las filas que se corten sean perpendiculares a las anteriormente cortadas.

Es un tipo de clara que se adapta bien a aquellos casos en que los precios de los productos finales no dependen apenas de las calidades individuales de los árboles. Es el caso de las maderas de trituración, biomasa con fines energéticos, o cuando se quiere abrir paso para maquinaria. Es común en las pocas choperas artificiales que se aclaran.

Aplicando estas claras se construyen calles de arrastre que se trazan en el monte en sentido próximo a las líneas de máxima pendiente. Facilitan el señalamiento, el control de la intervención y el arrastre hasta el cargadero de las piezas extraídas en la misma clara o en las sucesivas. Las calles de arrastre suelen ocupar hasta un 15-20% de la superficie del monte en los arrastres mecanizados. No obstante, cuando se cortan correctamente, los pies dudosos quedan como protección para la masa colindante frente a los daños del arrastre, el volumen realmente cortado suele ser inferior al inicialmente esperado.

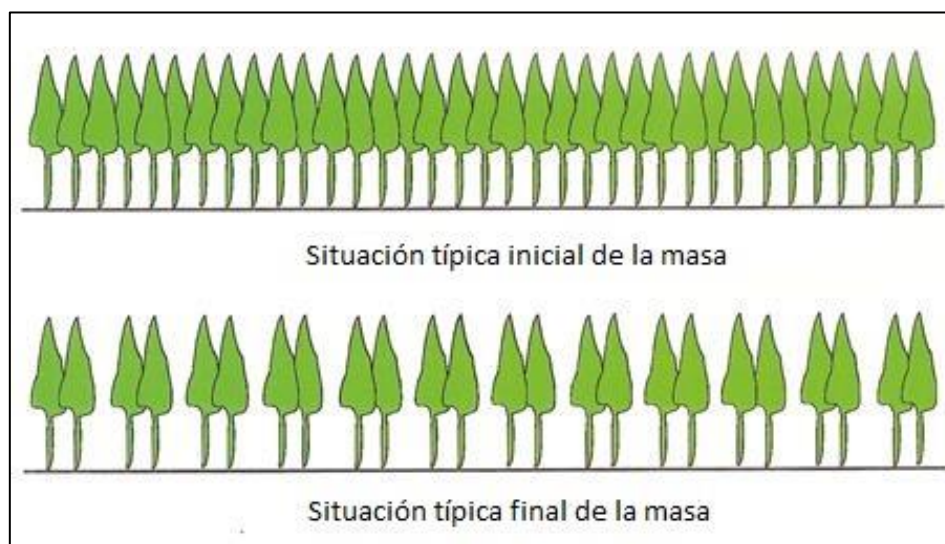


Figura 1.3. Situación de una masa antes y después de una clara sistemática. Modificada a partir de Montoya y Mesón, (2004).

Dentro de este tipo de claras hay una modalidad un poco más flexible. Se corta en las entrecalles sobre todo en la fila elegida, pero si toca cortar un buen árbol en ésta, se cortará uno peor de las filas colindantes, árbol que debería quedar en pie según lo explicado anteriormente. De todas formas, esta excepción no se aplica nunca en las calles de arrastre, donde siempre se cortan filas completas para facilitar el arrastre. No se señala para la corta un árbol de la fila, si en cualquiera de las dos filas colindantes existe otro peor que él. Esta versión es muy útil en las repoblaciones artificiales, sobre todo, en masa de interés paisajístico y recreativo donde se quiere empezar a romper la sensación de árboles alineados.

Al realizar una ejecución flexible suele aumentar la dimensión media del arbolado residual. En el planteamiento rígido el árbol medio extraído es del mismo tamaño que el inicial, mientras que en la clara flexible suele ser 0,4-0,6 veces el árbol medio inicial.

b) Clara alemana o clara baja

Se cortan los pies muertos, ahogados y dominados de la masa. Se dice que es “ligera” cuando solo afecta a individuos ahogados o muertos; “media” cuando también elimina los dominados; e “intensa” cuando se eliminan, además, los intermedios y algunos codominantes de escasa calidad.

La relación entre el volumen del árbol promedio extraído y el árbol medio de ante de la clara es del orden de 0,4-0,6, es decir, cada árbol cortado mide aproximadamente la mitad del árbol medio de la masa inicial. Por tanto se considera que se cortan árboles relativamente pequeños.

Por lo general en las claras bajas más intensas suele extraerse hasta el 33% del área basimétrica inicial, lo que significa extraer de media el 50% de los pies iniciales o el 25% del volumen inicial.

Es la clara más intuitiva de todas, y la más fácil de entender y asimilar por el personal de corta, al mismo tiempo que estéticamente es la más recomendable de todas. No obstante este tipo de claras no queda exento de inconvenientes.

No suele ser económica ya que se extrae sólo la madera de menor dimensión del monte, excepto cuando el arbolado está muy crecido. Los pies que se sacan están en los estratos inferiores del bosque y prácticamente no compiten con los pies dominantes que se dejan, por lo que la mejora obtenida en el resto de la masa es inapreciable en muchas ocasiones. Algunos de los árboles dominados ayudan a liberar de ramas secas a los que quedan en pie y al eliminarlos puede disminuir la calidad de la madera a extraer en un futuro. Además, muchas plagas concentran los ataques en los árboles más débiles, que mientras están en el bosque juegan un papel de “cebo”, beneficiando claramente al resto.

Según Montoya y Mesón (2004), debido a los inconvenientes descritos, salvo en determinadas selviculturas especiales, estas claras deberían limitarse sólo a las últimas claras, cuando los árboles dominantes superan los 30 cm de diámetro a 1,30 m del suelo. Sin embargo, suele ser una práctica abusiva en España, debido a su fácil comprensión en comparación con otro tipo de claras y al mejor aspecto del monte tras las mismas.

Es el tipo de clara más recomendable para las selviculturas basadas en la longevidad y el vigor de los árboles dominantes más que en la forma. Es el caso de las selviculturas dirigidas por ejemplo a corcho, resinas y frutos.

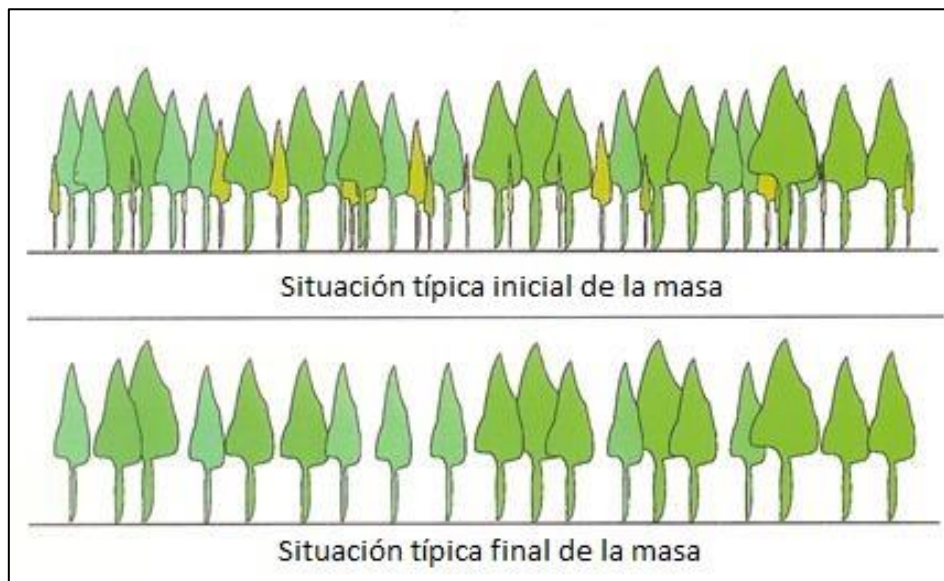


Figura 1.4. Situación de una masa antes y después de una clara baja. Modificada a partir de Montoya y Mesón (2004).

c) Clara francesa o clara alta

Se basa en criterios contrarios a la anterior. Sobre todo se cortan los dominantes y codominantes de peor forma, calidad y futuro, en beneficio de los dominantes y codominantes que quedan en pie. Se extrae del monte madera de cierta dimensión y precio y los árboles menos deseables que más compiten.

Es frecuente que se practique después o acompañada de claras sistemáticas o de establecimiento de las calles de arrastre.

La clara alta, bien hecha, es muy parecida a una corta de liberación tardía. Como práctica silvícola no tiene inconveniente alguno, ya que permite aclarar y mejorar montes relativamente jóvenes en unas condiciones económicas razonables. Se trata de liberar a los mejores de la competencia de los mayores que tengan un futuro peor. En la práctica la relación entre el volumen del árbol extraído y el árbol medio antes de la clara es de entre 0,9 y 1,1.

Una vez eliminados los peores dominantes y más gruesos de una masa, no se puede seguir indefinidamente de la misma manera. Se acabarían eliminando los mejores pies para facilitar el crecimiento de los más mediocres genéticamente. Estos últimos pueden perder además la capacidad de reaccionar ante su liberación, que es lo que ocurre con árboles que han sido sometidos durante largo tiempo a una competencia intensa.

Siempre que se haga correctamente es muy recomendable para las primeras edades de los bosques, pero luego no resulta conveniente. Salvo en casos especiales, la primera clara debería ser de este tipo, aparte de las sistemáticas. La selección de los mejores componentes debería terminarse mediante cortas de liberación y mejora y los claros previamente realizados a lo largo de la vida de la masa.

Tras la clara alta se eliminan muchos de los árboles más batidos por el viento, por lo que los mejores pies quedan más expuestos a los daños por el viento. Sin embargo, esta situación se anula e incluso se invierte con el tiempo.

La fácil práctica de las claras "pseudofrancesas", que elimina pies de un determinado diámetro hacia arriba, permite rentabilizar antes los montes. Habiéndose eliminado los mayores dominantes, a la siguiente se cortan los que antes eran codominantes, y así sucesivamente. Económicamente es rentable, pero en lo que al bosque se refiere, los árboles que quedan son de peor calidad.

Según la situación, puede ser un método económicamente recomendable, pese a sus limitaciones genéticas y silvícolas. Es el caso de masas pobres y con elevados riesgos sanitarios o de incendios. Se ha aplicado mucho en pinares de carrasco (*Pinus halepensis* Mill.), justificándose por los elevados riesgos asociados a sequías intensas e incendios.

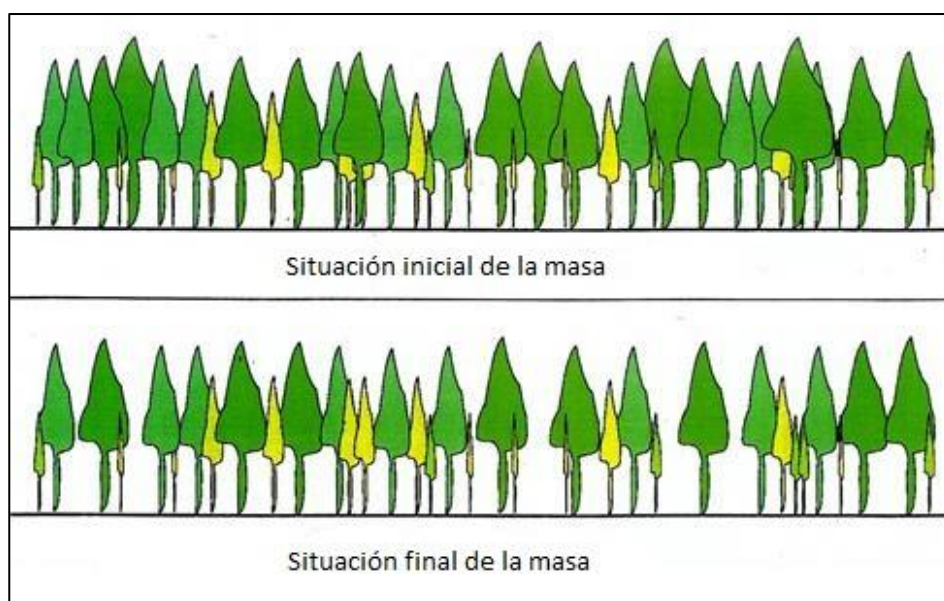


Figura 1.5. Situación de una masa antes y después de una clara alta. Modificada a partir de Montoya y Mesón (2004.)

d) Clara danesa o clara mixta

Es una clara intermedia entre las dos anteriores. De la misma forma que en la francesa, se extraen los pies dominantes y codominantes dañados, malformados o perjudiciales; y al igual que en la alemana se sacan los pies moribundos, ahogados o dominados que no lograrían sobrevivir hasta la siguiente clara.

Se suele aplicar sobre todo en masa de edad media, en fustales jóvenes de 20-30 cm de diámetro. Se puede decir que es una clara francesa, pero cuando empieza a haber árboles menores que merece la pena sacar del monte. Al sacar ejemplares pequeños y grandes la relación entre el volumen del árbol promedio extraído y el árbol medio antes de la clara es de 0,6-0,9.

En masas espesas madereras por lo general, lo ideal es el correcto encadenamiento entre los diferentes tipos en el tiempo. El objetivo debiera ser, seguir la evolución de una masa de forma acorde con las necesidades naturales de sus mejores árboles y con las conveniencias económicas. La norma es: “coger lo que sirve, en beneficio de lo que resta” (Montoya y Mesón, 2004).

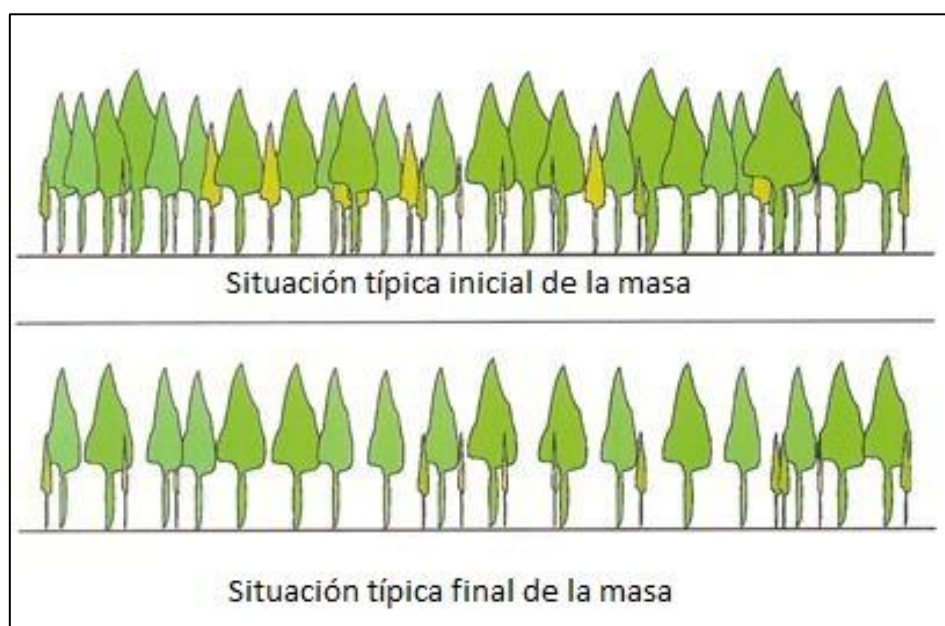


Figura 1.6. Situación de una masa antes y después de una clara mixta. Modificada partir de Montoya y Mesón (2004).

1.4.2.5. Efectos de las claras

Mediante un buen programa de clareos y claras puede llegarse a doblar la producción total del monte a lo largo de todo el periodo de crecimiento del arbolado. En el mismo periodo de tiempo, o con la misma edad, se pueden conseguir diámetros hasta un 50% mayores que los alcanzados sin claras. Además de crecer más rápido, los árboles que crecen en menores condiciones de competencia, se hacen más longevos y conservan una mejor vitalidad durante más tiempo.

Crece más deprisa significa para el árbol crecer en mejores condiciones de vigor y salud. Para el gestor significa que el árbol aumente más rápidamente de tamaño, produzca antes frutos, cortezas, resinas u otros productos y pueda llegar a ser cortado antes y con mejor aprovechamiento de su madera (Montoya y Mesón 2004).

Las masas densas incrementan de forma importante la interceptación de la lluvia. Llega a significar un porcentaje de pérdidas importante respecto de la precipitación anual acumulada, sobre todo con frecuentes y pequeñas precipitaciones (Primicia, 2012). Estas masas consumen muy rápidamente el agua finalmente infiltrada en el terreno, por lo que la siguiente precipitación será más utilizada en recuperar la humedad de la zona radicular que por ejemplo en recargar los acuíferos. Las masas con espesura bien gestionada resultan por tanto más convenientes cuando es importante la gestión del agua, sobre todo donde no abunda.

En las masas muy densas también es frecuente que la luz no llegue al suelo y en consecuencia la hojarasca reseca se acumula. Esto quita nutrientes en reutilización por el arbolado y si la acumulación es elevada puede llegar a causar acidificaciones edáficas. Es fácil que la capa de hojarasca inmovilizada se reduzca tras las claras que incrementan la luz y el agua en la superficie (Blanco et al., 2009).

Las claras aceleran el crecimiento diamétrico de los individuos que quedan en el monte tras ellas ya que el potencial de crecimiento se concentra sobre un menor número de ejemplares. Si la edad de corta se fija mediante diámetros, mínimo comercial u óptimo para la corta, el turno quedaría acortado por la aplicación de claras.

Al reforzar la vitalidad del arbolado, este incrementa su longevidad. De esta manera, los árboles mantienen durante más tiempo la capacidad y ritmo de crecimiento. Si la corta se fija para obtener el máximo rendimiento por unidad de tiempo, el turno resulta alargado por las claras. En resumen, un bosque aclarado deja de crecer más tarde que uno denso.

1.4.2.6. Inconvenientes de las claras

Aunque las claras en principio se hacen con el objetivo de mejorar el bosque, en ocasiones, las masas aclaradas y sus maderas presentan varios inconvenientes.

La madera tiende a tener más nudos, porque las ramas vivas ocupan mayor proporción de longitud del fuste y se hacen más gruesas.

En las coníferas la madera se hace más blanda, ya que aumenta la proporción de madera blanda de primavera respecto al otoño. Los anillos blancos de primavera son más ensanchados tras la clara y los oscuros resultan parecidos en grosor. Este efecto no ocurre en las frondosas de anillo poroso, ya que crecen en primavera tardía.

La madera joven que se extrae suele tener un importante porcentaje de madera juvenil. Aunque el aspecto de dicha madera sea bien parecido al resto la resistencia es menor, ya que tiene menor densidad y menor longitud de fibra.

Al ser delgada, la madera joven tiene poco duramen respecto a la albura y esto la hace menos resistente frente a la pudrición. En cambio es madera que se impregna más fácilmente cuando se trata.

El sotobosque recibe más luz después de la clara, por lo que tiende a coger más vigor (Arias, 2014). Algunas veces esto se traduce en una mayor diversidad animal y vegetal, pero

puede que dificulte el tránsito y el control de incendios. Esto último no debería darse en un sotobosque bien controlado por una espesa cubierta arbolada. Una corta demasiado drástica en un momento determinado, puede tornarse en una inoportuna corta de regeneración.

1.5. Antecedentes del trabajo

Desde el año 1999 el grupo de Ecología y Medio Natural de la UPNA en colaboración con la sección de Montes del Gobierno de Navarra y la empresa Gestión Ambiental - Viveros y Repoblaciones de Navarra S.A, estudia la influencia de dos intensidades de clara en la producción arbórea, en el ciclo de nutrientes y en las comunidades vegetales y animales del sotobosque de *Pinus Sylvestris* L. El estudio se realiza en dos bosques diferentes en las localidades de Aspurz y Garde, en el Pirineo occidental de Navarra.

El presente trabajo final de carrera, que da enmarcado dentro del citado estudio que actualmente continúa realizándose. En 1999 se realizaron las primeras claras en las parcelas experimentales de Garde y posteriormente se tomaron medidas de los diámetros y alturas de los ejemplares de pino silvestre que quedaron en pie (Iriarte y Puertas, 2003). Entre los años 1999 y 2009 se midieron y estudiaron distintas variables ecológicas como el microclima, el crecimiento secundario del pino silvestre, el contenido de nutrientes del suelo, el contenido de nutrientes y la retranslocación en acículas, o el agua de trascolación (Primicia, 2012). Durante el verano de 2013, catorce años después, se volvieron a identificar, marcar y medir los pinos de las nueve parcelas. Este trabajo concretamente pretende estudiar la situación de los ejemplares de pino silvestre que quedaron después de las claras.

2. OBJETIVOS

Las claras forestales están orientadas al a la reducción de densidad arbórea para aumentar los recursos de los árboles que quedan. Sin embargo, es necesario saber si la estructura del bosque se ve afectada por las claras solo a corto plazo, o si la influencia de estas se extiende en el tiempo.

- El objetivo general de este proyecto, es determinar si después de 14 años los efectos de las claras se mantienen en un rodal de pino silvestre o las diferencias generadas por las mismas han desaparecido.

Este objetivo general se logrará cumpliendo los siguientes objetivos particulares:

- Comprobar si hay diferencias entre tratamientos de clara en la estructura sociológica del rodal (clase sociológica de los árboles y estado sanitario de los mismos).
- Comprobar si hay diferencias entre tratamientos de clara en el diámetro de los árboles.
- Comprobar si hay diferencias entre tratamientos de clara en el área basal del rodal.
- Comprobar si hay diferencias entre tratamientos de clara en la altura de los árboles.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Caracterización de la zona

3.1.1. Localización

El estudio se ha realizado en el término municipal de la localidad de Garde. Administrativamente pertenece al partido judicial de Aoiz, enmarcado en la merindad de Sangüesa. Geográficamente, Garde está situada al noreste de Navarra (42° 48' 50" N, 0° 52' 30" W), en los Valles Pirenaicos Transversales (Floristán, 1995b), concretamente en el Valle de Roncal.

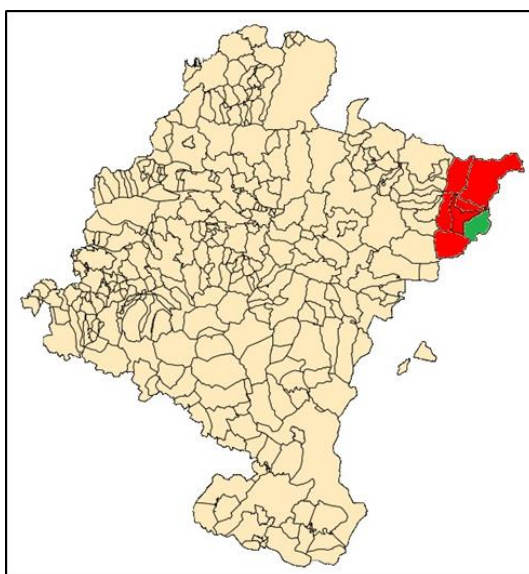


Figura 3.1. Localización del Valle de Roncal (rojo) y de Garde (verde) en Navarra.



Fig.3.2. Panorámica del área de estudio (recuadro) en el paraje de Krutxillaga.

3.1.2. Características de las parcelas

Las parcelas se sitúan dentro de una masa natural de pino silvestre comunal, perteneciente al Ayuntamiento de Garde. Son nueve parcelas experimentales de 30x40m que se encuentran en la sierra de “Arrigorrieta”, en el término de “Krutxillaga”. El área estudiada está orientada al noroeste y tiene una pendiente media del 50% y una altitud media de aproximadamente 1335 m sobre el nivel del mar.

La especie arbórea dominante y objeto de estudio en el presente trabajo es el pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.). El seguimiento de las parcelas comenzó en 1999 cuando la edad media de las masas era de 37 años (Blanco et al., 2005). Los tratamientos realizados en dicha fecha fueron de tres tipos diferentes. En las parcelas 1, 4 y 8 no se realizó ningún tipo de tratamiento (P0 o testigo). En las parcelas 3, 5 y 6 se realizó una clara baja moderada donde se eliminó el 20% del área basal cortando principalmente los ejemplares dominados y algún pie de codominantes y dominantes mal formados (tratamiento P20). Por último en las parcelas 2, 7 y 9 se aplicó una clara mixta fuerte, eliminándose el 30% del área basal (tratamiento P30). En éste último tratamiento además de los pies dominados y los mal formados, se eliminaron algunos intermedios. Después de las claras del año 1999 la densidad arbórea era de entre 3942 y 1392 pies/ha según tratamientos y parcelas. Las alturas dominantes variaban entre 15,1 y 13,6 m. Los diámetros dominantes entre 27,4 y 22,4 cm. El área basimétrica mayor era de 59,2 m²/ha, mientras que el menor era de 31,6 m²/ha (ver tabla 3.1).

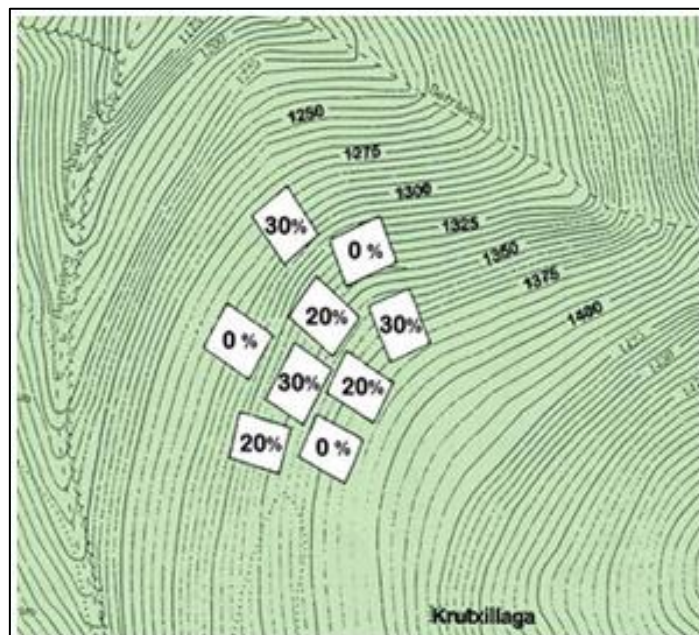


Figura 3.3. Disposición de las parcelas estudiadas en el paraje de Krutxillaga (Arias, 2014).

Tabla 3.1-Datos de las parcelas después de las claras de 1999 (Iriarte y Puertas, 2003).

Parcela	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tratamiento	P0%	P30%	P20%	P0%	P20%	P20%	P30%	P0%	P30%
Nº pies/ha	2842	1575	1567	3942	2075	1450	1475	3883	1392
Altura dominante(m)	14,6	14,2	14,6	13,7	13,6	14,7	14,4	13,8	15,1
Altura media(m)	11,4	13,2	13,4	11,2	12,3	13	13,2	10,1	13,5
Diámetro dominante(cm)	27,4	24,6	25,8	24,9	22,6	26,5	24,9	22,4	26,7
Diámetro medio(cm)	12,6	16,7	17,7	12,9	15,3	17,9	16,5	11,4	17,1
Área basimétrica(m ² /ha)	44,4	34,5	38,8	59,2	38	36,6	31,6	45,3	32,1

3.1.3. Geomorfología

Navarra forma parte de tres unidades o dominios tectónicos: el Pirineo, la Depresión del Ebro y la Cordillera Ibérica (Sola, 1999). La zona de estudio por tanto, pertenece al dominio o unidad del Pirineo.

Desde el punto de vista geológico, en la geografía navarra se distinguen tres dominios geológicos importantes divididos en franjas, que siguen direcciones este-oeste. Las franjas septentrional, central y meridional quedan limitadas por accidentes tectónicos importantes. El área de estudio que da dentro de la franja central, ocupada por materiales geológicos del Paleoceno-Eoceno.

Por lo que a la estructura se refiere, se diferencian dos dominios: la Ribera y la Montaña. Es a este último al que pertenece el área estudiada. Dicho dominio está compuesto por terrenos paleozoicos, mesozoicos y de los cenozoicos marinos intensamente plegados.

En el ámbito de la litología, en la sierra de Arrigorrieta predomina el flysch, conjunto sedimentario marino proveniente de rocas duras, que intercala estratos duros de areniscas con estratos más blandos y menos espesos de margas o arcillas.

3.1.4. Características climáticas

Los contrastes climáticos que se dan en Navarra están condicionados en gran medida por la altitud, proximidad del mar, relieve y orientación de las montañas (Sola, 1999), que se manifiestan con la graduación térmica y pluviométrica.

Las precipitaciones son más abundantes conforme aumenta la cercanía al cantábrico y aumenta la altitud de las zonas montañosas. Lluvia más en la zona noroccidental, con la excepción de algunos valles, y alguna zona montañosa que supera los 2000 m de altitud y está

muy alejada del mar. El área de mayores precipitaciones abarca aproximadamente la zona que comprende la vertiente cantábrica, con 1800 mm anuales. La precipitación va disminuyendo de forma gradual desde el noroeste hacia el sureste. La zona de estudio se encuentra en una zona de abundantes precipitaciones (1000-1200 mm/año), más por la altitud en la que se encuentra (1300 m) que por su cercanía al mar.

La oscilación térmica es mayor cuanto más lejos está del Mar Cantábrico, ya que el mar realiza funciones de regulador de temperatura y esto afecta menos a las zonas más alejadas de su influencia. Por otro lado, la altitud de la zona nororiental (Valles Transversales) hace que las temperaturas sean inferiores a las del resto de la geografía navarra.

3.1.4.1. Clasificación climática

a) Clasificación de Thornthwaite

Este tipo de clasificación recurre a los fenómenos meteorológicos mencionando las estaciones, para poner la nomenclatura. Según Thornthwaite la zona de estudio pertenece al dominio B, que en Navarra pertenece a las zonas de la Cuenca de Pamplona, vertiente meridional de Urbasa-Andía, y mitad meridional de los Valles Pirenaicos. La mitad meridional de los Valles Pirenaicos al Este del río Erro, constituyen un segundo subtipo húmedo cuyas diferencias respecto a la Cuenca de Pamplona son de una menor humedad, pequeña falta de agua en verano.

b) Clasificación de J.Papadakis

Esta clasificación agroclimática coloca a los Valles Pirenaicos dentro de un clima Mediterráneo Húmedo, tomando como referencia el régimen de humedad, la duración, intensidad y situación estacional del periodo seco.

3.1.4.2. Datos climáticos de la estación meteorológica

No hay una estación meteorológica en Garde, por lo que los datos climáticos se ajustarán a partir de los datos recogidos en la estación de Urzainqui, que es la más cercana. Los datos de los últimos 20 años (1992-2012) indican una pluviometría media anual de 1147 mm y una T^a media anual de 11,4°C aproximadamente. De media el mes más lluvioso sería noviembre con 143 mm de lluvia acumulados, mientras que el más seco sería julio con 41 mm acumulados. Diciembre es según la misma fuente el mes más frío con una temperatura media de 4,4°C y agosto el más cálido con una media de 19,8°C (Gobierno de Navarra, 2014).

Como se aprecia en la figura 3.4, los meses más lluviosos coinciden con el otoño, mientras que los más secos con el verano. Las temperaturas más altas coinciden con los meses menos húmedos.

La altitud es una de las características más destacadas en todas las montañas del mundo. La temperatura desciende con la altitud a un ritmo aproximado de 0,5°C por cada 100m o 5°C por cada 1000 m (Floristán, 1999a). La estación de Urzainqui se encuentra a una cota de 717 m mientras que la zona de estudio se aproxima a los 1335 m de altitud. Con una diferencia de altura de 618 m la temperatura en las parcelas es aproximadamente 3,1 °C más

baja respecto a la de la estación de Urzainqui. La temperatura media anual en la zona de estudio rondaría por tanto los 8,3°C.

A la hora de ajustar las precipitaciones según la altura, no se puede hablar de un gradiente pluviométrico, ya que el aumento de las lluvias no es gradual e ininterrumpido conforme se asciende en altura. Según dice Floristán hay estudios que para Europa estiman un gradiente pluviométrico medio del orden de 50-200 mm por 100 m. Por tanto lo único que se puede decir con seguridad es que en las parcelas las precipitaciones son mayores que en la estación de referencia, pero sin poder hacer una aproximación real.

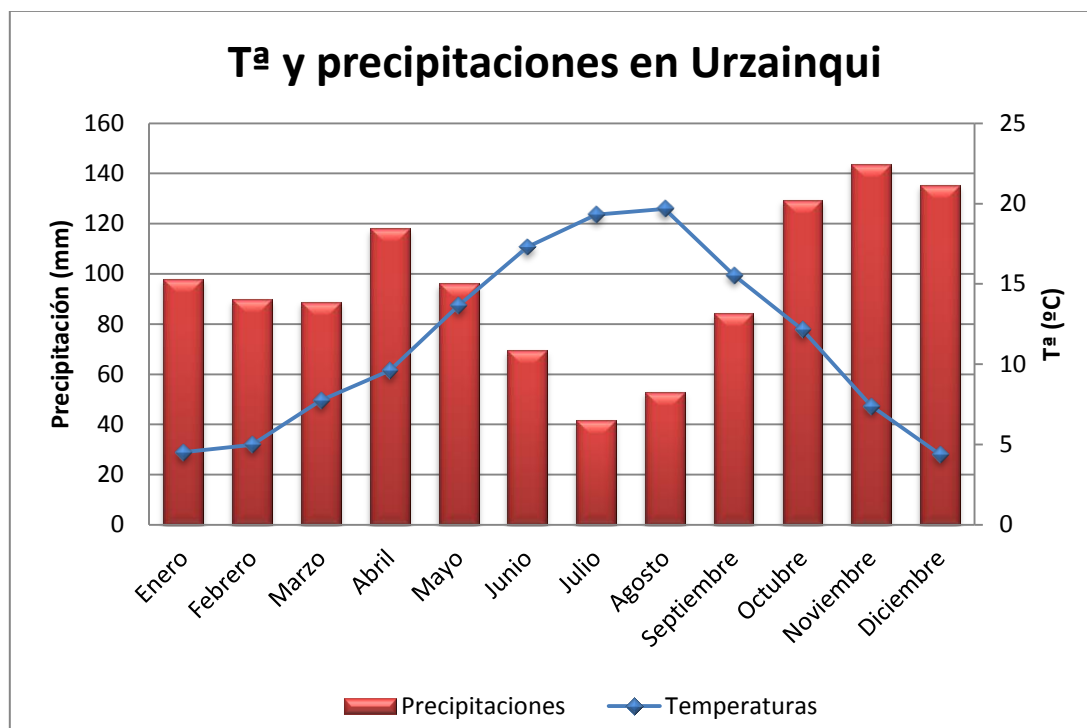


Figura 3.4. Datos de la estación meteorológica de Urzainqui entre los años 1992-2012, precipitaciones y temperaturas medias mensuales. Elaboración propia a partir de los datos de Gobierno de Navarra, (2014).

3.1.5. Biogeografía

El relieve, el tipo y composición de suelos, los rasgos climáticos y la vegetación están fuertemente relacionados. Las características de los tres primeros factores citados, inciden de forma importante en la vegetación y establecen la diferenciación de sus especies, así como su abundancia o escasez (Sola, 1999). Sin embargo, dentro de los factores influyentes es el clima el que mayor peso toma a la hora de condicionar a los seres vivos y el estudio de la bioclimatología el más importante para analizar esas relaciones. Concretamente la relación del clima con la fitocenosis es la más utilizada a nivel mundial mediante los Pisos Bioclimáticos y la Zonificación Omroclimática, ya que mantienen una estrecha relación entre los distintitos ecosistemas.

3.1.5.1. Pisos Bioclimáticos

La principal frontera biogeográfica que atraviesa Navarra es la que separa las dos regiones, Eurosiberiana y Mediterránea en las que se divide la Europa meridional (Loidi y Báscones, 1999). Las parcelas se encuentran en la región Eurosiberiana y pertenecen al Piso Montano Superior o Altimontano, limitando con el montano inferior. El Piso Montano abarca entre los 600-650 m y los 1600-1700 m de altitud aproximadamente. El Montano Superior se sitúa entre los 950-1000 m y los 1600-1700 m donde comienza el piso Subalpino.

Las condiciones climáticas de dicho piso son determinadas por la existencia de un invierno de tipo frío o fresco, con valores de temperatura media entre los 0 y los -4°C y con una duración relativamente larga, de 2 a 5 meses.

Bajo tales condiciones en, el piso montano las series de vegetación corresponden a bosques caducifolios, principalmente hayedos y también robledales de roble peloso. En la región Pirenaica aparecen además las series de los abetales, y del pino albar (como en las parcelas de estudio), típicas de dicho territorio.

3.1.5.2. Vegetación

La vegetación de la zona de estudio pertenece a la serie de vegetación altimontana pirenaica silicícola del pino albar o *Pinus sylvestris* (*Veronico Officinalis – Pineto Sylvestris Sigmatum*) (Loidi y Báscones, 1995). La especie arbórea potencial y prácticamente única es el *Pinus sylvestris*, aunque podemos encontrar algún haya (*Fagus sylvatica*), que forma un pinar bastante cerrado. En el sotobosque se distinguen *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* y algunas especies acidófilas como *Veronica officinalis*, *Deschampsia flexuosa* y *Galium rotundifolium*. Destaca también la presencia de *Hylocominum sp.pl* dentro de los briofitos.

Dicha descripción de la vegetación hace referencia a la vegetación de los pinares donde se encuentran las parcelas de estudio. Sin embargo, cabe destacar que los pinares se intercalan con zonas de pastizal debido a que el terreno del lugar ha sido de uso principalmente forestal y en segundo lugar ganadero.

3.1.5.3. Zonificación Ombroclimática

Las parcelas pertenecen a la Provincia Pirenaica, en el marco, de la antes ya citada región Eurosiberiana (Sola, 1999). Dicha provincia se caracteriza por la fuerte continentalización en el clima, a partir del intrefluvio Irati-Urrobi hacia el este. A continuación de este punto, desaparecen las series de *Quercus robur* e inmediatamente aparecen series del haya, del abeto, del pino albar y del pino negro.

Las comarcas de la Navarra pirenaica se organizan en valles, como en este caso el valle de Roncal, y suelen presentar dos tramos; uno alto más lluvioso frío, y otro bajo, más cercano al límite con la región mediterránea.

3.2. Pino silvestre

3.2.1. Biología

Es un árbol de tronco recto y bien desarrollado que alcanza alturas de 30-40 m en condiciones ambientales adecuadas (Blanco, 1997). Su ramificación se limita al tercio superior del árbol cuando forma masas de cierta densidad. Cuando es joven tiene un porte cónico–piramidal, mientras que con la edad va tomando una forma más asimétrica, causada también por la exposición, pendiente y el viento. Tiene un fuerte sistema radicular que permite anclar el árbol sobre terrenos variables y soportar fuertes vientos.



Figura 3.5. Forma de un pino silvestre aislado y fotografía de un bosque de pinos silvestres.

En un principio la corteza es de tono grisáceo, pero el rápido crecimiento la va tornando de color rojizo, sobre todo en la parte superior del tallo y en las partes basales de las ramas. El color de la corteza es un rasgo que hace a este pino inconfundible ante cualquier otra especie.

Las acículas son cortas (3-6 cm), delgadas, rígidas y punzantes, de una tonalidad verde glauca. Las piñas son pequeñas (3-5cm), péndulas, regulares y con escamas leñosas dotadas de una apófisis saliente y aplanada (ver figura 3.6). No obstante es común encontrar piñas con apófisis algo salientes y revueltas en gancho hacia la base, sobre todo en el lado más iluminado. Según Blanco (1997) esta última característica puede deberse a una posible hibridación de *Pinus sylvestris* con *Pinus uncinata* en épocas pasadas.

3.2.2. Ecología

Es un árbol que se instala sobre todo tipo de sustratos, incluidos los yesíferos, aunque se desarrolla mejor sobre los ácidos. Crece tanto en los suelos bien desarrollados como en los turbosos.

Es una especie de requerimientos frescos. En áreas donde se encuentra esta especie las temperaturas máximas medias de verano no suelen superar los 20°C y las medias del mes más frío suelen estar entre los 3 y 7°C. Requiere de zonas luminosas y soleadas y soporta bien largos periodos de heladas y fuertes vientos. Sus exigencias en precipitación se sitúan por encima de los 600 mm anuales, con mínimas estivales no inferiores a 200 mm.



Figura 3.6- Morfología de frutos y acículas del pino silvestre.

3.2.3. Distribución

Es el árbol de área más extensa de Europa y el pino de mayor área natural que se conoce (Blanco, 1997). Es el de mayor difusión artificial tanto en Europa como en Asia. En latitud se extiende desde el paralelo 71° Norte en Escandinavia hasta los 37° en Sierra Nevada y montañas del Norte de Irán. En sentido longitudinal abarca desde aproximadamente el meridiano 6° Oeste en Escocia y montes de Palencia y León hasta los 130° Este en Manchuria. Las masas más grandes se encuentran en Rusia, Polonia y Alemania.

En la península Ibérica el *Pinus sylvestris* ocupa tres núcleos principales, que son, los Pirineos, el Sistema central y el Sistema Ibérico. En menor medida también se encuentra en los montes vasco-cantábricos y palentino-leoneses, así como en las sierras orientales andaluzas. El núcleo pirenaico es el más importante, que comprende casi la mitad de la extensión total de la península. Huesca y Lleida son las provincias que más y mejores manifestaciones de los ejemplares tienen. La responsable de ello podría ser la continentalidad climática. Los pinares de esta especie forman en estas zonas un cinturón de vegetación entre los robledales y pinares de pino negral (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*) que lo limitan inferiormente y los pinares de pino negro (*Pinus uncinata*) por arriba.

En Navarra constituye la segunda masa forestal, por detrás del haya con una superficie que supera las 51.150 has. Es la vegetación dominante en los valles del Roncal y Salazar. Por el

oeste se extiende hasta el municipio de Ezcabarte, mientras que el límite meridional está en el municipio de Leoz. En ocasiones se desplaza hasta cotas llamativamente bajas (300-400 m) para la especie, como ocurre por ejemplo en Zubiri. Según el *Mapa de aprovechamientos y cultivos de Navarra* (Gobierno de Navarra, 1998a), es fácil encontrarlo en otras zonas fuera de este ámbito, pero con seguridad procede de repoblaciones.

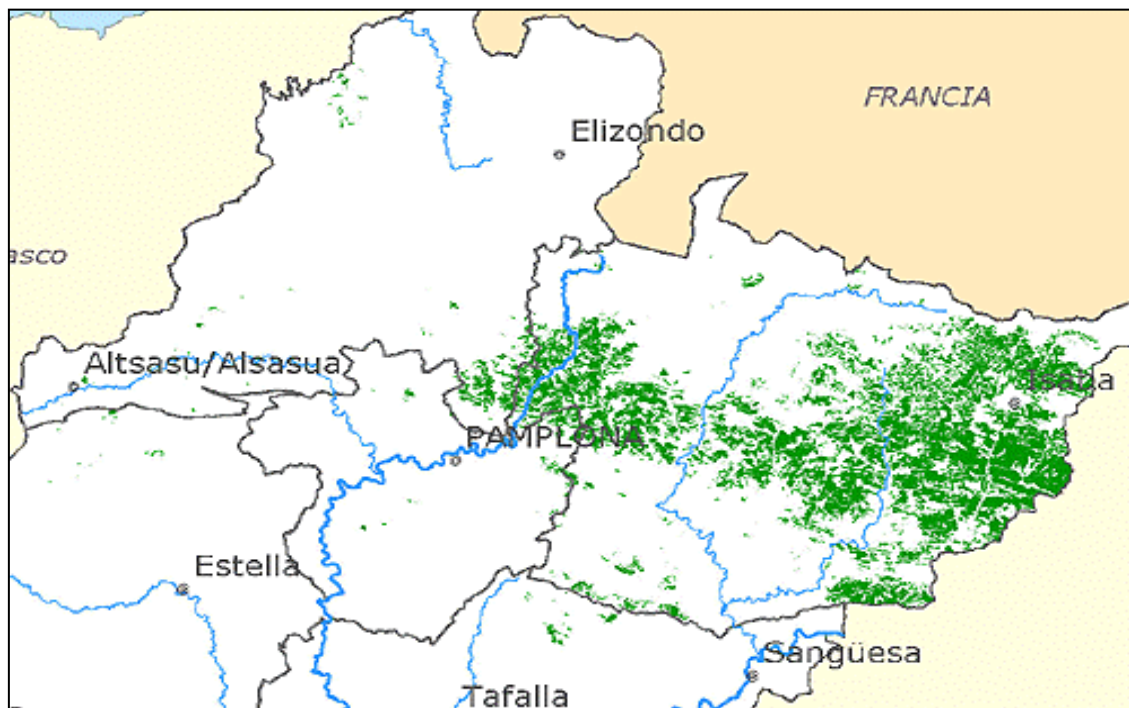


Figura 3.7. Distribución del pino silvestre en Navarra

Desde mediados del siglo XVIII el pino albar se ha difundido mucho por repoblación artificial, también fuera de su área de distribución natural. Debido a sus fustes despejados, calidad de la madera y la frugalidad de la planta es una de las coníferas más empleadas. En España ocupa aproximadamente un millón de hectáreas, de las cuales 650.000 corresponden a masas naturales. Cerca del 35% de la superficie ocupada por esta especie es por tanto de origen artificial. La tercera parte de las masas naturales corresponden a formaciones mixtas donde se mezcla con otras especies.

3.2.4. Variedades de *Pinus sylvestris* en la península Ibérica

En un área de distribución tan amplia, las situaciones en las que se encuentra son diversas. Por ello se han diferenciado multitud de razas geográficas y variedades adaptadas a condiciones locales. Se han descrito más de 150 variantes de esta especie. Se agrupan en siete grandes grupos en función de su procedencia geográfica, talla, conformación de copas, espesor de la corteza etcétera. En la Península Ibérica se reconocen cinco de estas razas, a las que la mayoría de los autores asignan un rasgo varietal: var. *catalaunica* Gaussen, en los pirineos orientales; var. *Ibérica* Svob. del centro peninsular; var. *nevadensis* Christ, de Sierra

Nevada; var. *olivicola* Vayr., de Cataluña y var. *pyrenaica* Svob., de los pirineos centrales y occidentales. No obstante, las diferencias morfológicas de estas cinco variedades son difíciles de establecer.

3.2.5. Pinares de *Pinus sylvestris*

Los pinares de pino albar suelen presentar una estructura pluriestrata y un aspecto relativamente denso, siempre que las condiciones sean buenas. Los mejores pinares están constituidos de poblaciones muy cerradas de pinar musgoso sobre suelos profundos y húmedos. En estos casos el *Pinus sylvestris* domina el estrato arbóreo, con fustes largos y copas regulares, pudiendo alcanzar los 25-30m de altura. Su cobertura puede llegar al 80-90%. Suelen acompañarle otras especies arbóreas como el pino negro (*Pinus uncinata*) en los niveles altimontanos o subalpinos inferiores. En lugares más húmedos convive con el abeto común (*Abies alba*), el haya (*Fagus sylvatica*), el álamo temblón (*Populus tremula*) o el abedul común (*Betula pendula*).

El sotobosque de estos pinares presenta un estrato arbustivo, cuya cobertura y desarrollo depende de la densidad de árboles. Destaca el boj (*Buxus sempervirens*), un arbusto de tendencia basófila. Se encuentra en muchos de estos pinares, mezclado con especies silicícolas e incluso acidófilas como el brezo (*Calluna vulgaris*) y otras herbáceas.

Ni siquiera en los casos de mayor densidad la cobertura del estrato arbóreo es total. Produce una sombra ligera que no dificulta la regeneración del pinar. Las acículas menos densas que en otras coníferas, no son muy eficaces interceptando la luz solar y siempre existe cierta luminosidad dentro del bosque. Esto hace un lugar adecuado para el avellano (*Corylus avellana*). También comparten espacio otros arbustos como madreselvas (*Lonicera xylosteum*), varias especies del género *Rosa*, enebro (*Juniperus communis*), o morrionera (*Viburnum lantana*).

El estrato herbáceo en las situaciones más frescas llega a presentar un desarrollo continuo debido a la presencia de algunos musgos. Esta capa de musgos con gran capacidad de retener agua le permite al pino resistir mejor los periodos secos. Por su abundancia destacan *Rhytidiadelphus triquetrus* e *Hulocominum splendens*. Las demás especies que componen este estrato son especies capaces de soportar la sombra y los medios pobres en nutrientes, como el heno común (*Deschampsia flexuosa*), la verónica (*Veronica officinalis*), fresa silvestre (*Fragaria vesca*), aleluya (*Oxalis acetosella*), galio (*Galium vernum*), hierba hepática (*Anemone hepatica*), primavera (*Primula vulgaris*), o azucena (*Lilium martagon*). Estas especies suelen ser las mismas que se pueden encontrar en los abetales o en los hayedos acidófilos. Aunque en menor medida también conviven los helechos destacando *Polypodium vulgare*.

A medida que aumentan las condiciones de xericidad la composición florística de los pinares cambia y se hace más abierta. Los causantes del cambio pueden ser el clima, la topografía, el sustrato o menor altitud. Van desapareciendo las especies más umbrófilas dejando sitio a vegetación más común en robledales y quejigares. Entre las matas y arbustos las especies más comunes están la retama blanca (*Genista florida*), coronilla (*Coronilla*

emerus), aliagata fina (*Cytisus sessilifolius*), aligustre (*Ligustrum vulgare*), retama negra (*Cytisus scoparius*), endrino (*Prunus spinosa*) y enebro común (*Juniperus communis*), además del boj (*Buxus sempervirens*).

También en el estrato herbáceo dominan especies típicas de ambientes más secos como la hierba melera (*Ononis natrix*), lavanda (*Lavandula angustifolia* subs.*pyrenaica*), consuelda mayor (*Prunella grandiflora*), *Dianthus monspessulanum* etcétera.

Lo hasta ahora descrito deja en evidencia que el pino albar es una especie muy rústica que participa en diferentes comunidades forestales. De todas maneras es en el piso montano de la vertiente meridional pirenaica, sobre todo en el sector central, de acusada continentalidad donde domina esta especie y constituye extensos bosques.

3.3. Trabajo en campo

El trabajo en campo se realizó en diferentes días de los meses de junio, julio, agosto y septiembre de 2013.

3.3.1. Identificación y numeración de los árboles

Todas las parcelas están claramente señalizadas con una placa metálica sobre un mojón de hormigón en cada una de las cuatro esquinas.

Sin embargo, debido al tiempo transcurrido desde el último inventariado de los árboles (1999), la mayoría de las referencias que los numeraban habían desaparecido. Lo primero que se hizo en campo fue la identificación y numeración de los ejemplares de pino silvestre. Para identificarlos se usaron como referencia los límites de las parcelas y los mapas de cada una de ellas donde se indicaba de manera orientativa la posición de cada uno de los árboles. Para numerarlos se utilizó pintura o cinta de plástico.

3.3.2. Medidas de los diámetros y clasificación.

Se midió el diámetro de todos los ejemplares identificados utilizando forcípulas de precisión (± 1 mm). Para poder medir los diámetros se señaló cada uno de los árboles a 1,30 m del suelo (altura normalizada "DBH", a la altura del pecho) una T invertida. Sobre esa señal se realizó la medida del diámetro con la forcípula, y se hicieron segundas mediciones colocando la forcípula de forma perpendicular a la primera medición.

Al mismo tiempo que se medía el diámetro realizó una clasificación sociológica de cada árbol (dominante, codominante, intermedio y ocluido) y del estado de salud (vivo, copa rota o muerto). También se indicó si había alguna anomalía en los pinos (bifurcado, doblado, tirado).

3.3.3. Medidas de alturas

Una vez medidos los diámetros y clasificado los árboles se midieron las alturas. Se midió la altura de veinte ejemplares en cada parcela, cinco de cada clase sociológica que estaban vivos y con la copa sana.



Figura 3.8. Medición de alturas en una de las parcelas (Elaboración propia, 2013).

Para ello se utilizó el hipsómetro “Haglöf Vertex IV”. Es un instrumento para medir alturas de objetos parados, aunque también permite medir distancias, distancia horizontal y ángulos. Usa señales ultrasónicas para obtener la distancia exacta. Las alturas son calculadas trigonométricamente con la distancia y los ángulos. El Vertex IV va acompañado del “Trasponder T3”, un transmisor–receptor ultrasónico que es el que hace de punto de referencia.

El instrumento se calibra sobre una superficie plana, midiendo 10 m exactos entre el “Vertex” y el “Trasponder”, mediante la opción “Calibrate” del menú. Una vez calibrado el hipsómetro está listo para poder medir las alturas. Las alturas se midieron entre dos personas, una de ellas se encargaba del “Vertex” mientras que la otra sostenía el “Trasponder”. El receptor se colocaba en un soporte a una altura fija de 1,30 m y se sujetaba de manera vertical apoyado en el tronco del árbol cuya altura se iba a medir. De manera aproximada se estimaba la altura que podría tener el árbol que se quería medir y esa es la distancia que separaba el hipsómetro del receptor, sin que hubiera obstáculos en línea recta entre ambos. Se apuntaba primero al receptor y posteriormente a la parte más alta de la copa. El “Vertex” realiza seis medidas consecutivas guardándose la media de todas las medidas como la altura del árbol.



Figura 3.9. Imagen del Vertex a la izquierda y del receptor a la derecha (Haglöf Sweden AB, 2007).

3.4. Análisis estadístico

Antes de realizar el análisis estadístico se generó una matriz de datos de las diferentes parcelas y tratamientos con las mediciones obtenidas en campo.

A partir de los datos de alturas y diámetros medidos se realizaron varios cálculos para obtener los datos de las variables (área basal, diámetros medios, alturas, número de árboles) a analizar mediante el programa Microsoft Excel 2010.

Mediante los cálculos de medias, desviaciones típicas y errores estándar se representaron varios diagramas de barras de las variables que se querían estudiar. En dichas gráficas ya se apreciaba que había diferencias entre algunos grupos de datos y mediante el análisis estadístico se determinó si las diferencias eran significativas a causa de los factores tratamiento y tipo de árbol, que fueron los factores estudiados.

3.4.1. Comprobación de la idoneidad de los datos para el análisis estadístico

Para poder realizar el Análisis de Varianza (ANOVA), los datos deben cumplir dos condiciones:

- Aproximarse a una distribución normal.
- Tener varianzas homogéneas (homocedasticidad).

La comprobación de dichas condiciones se hizo mediante el programa SPSS 15.0. La prueba de normalidad se realizó a través de los Test de Kolmogorov-Smirnov y de Shapiro-Wilk, mientras que la homocedasticidad se comprobó con la prueba de homogeneidad de varianzas al realizar el ANOVA de un factor, mediante el test de Levene.

A pesar de que algunos datos no cumplían la distribución normal, testada a través de las pruebas Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk del programa SPSS, se considera que esta prueba no es tan crítica como la de la igualdad de varianzas (Barón y Téllez, 2011).

En los casos que no se cumplían las condiciones anteriores se transformaron los datos a los logaritmos neperianos de sus valores y se repitieron las pruebas para asegurarnos de que se cumplían las condiciones.

Los test de Levene son una familia de técnicas. Dependiendo del test de Levene que se esté implementando, y particularmente en el caso del test de Levene basado en el uso de la media de los grupos como límite alrededor del que se calcula la varianza y el cual se encuentra en programas como SPSS, uno puede estar usando una técnica estadística que es peor que aquella a la que los test de Levene pretendían reemplazar (Nordstokke y Zumbo, 2007).

3.4.2. Análisis de Varianza

El ANOVA comprueba si la variabilidad de los datos entre los grupos es similar o no. Dicho de otra forma, pone a prueba la hipótesis que las medias poblacionales son iguales. El objetivo de este análisis es saber si las diferencias entre los datos son significativas, es decir, que son causadas por el factor estudiado y no por el azar.

Según la variable a analizar se realizó el ANOVA de un factor (tratamiento) o de dos factores (tratamiento y tipo de árbol) y la interacción (tratamiento x tipo de árbol) de los dos factores.

Se realizó el ANOVA con una significación de 0,05. En los casos en los que la significación obtenida es inferior a la fijada, se rechaza la hipótesis de que en los grupos las medias son iguales. En estos casos por tanto hay diferencias significativas entre los grupos de datos, a causa del factor o factores estudiados.

En los casos en los que hubo diferencias significativas se realizó la prueba de Tukey HSD “Honestly Significance Difference”, para saber qué grupo es diferente.

Con estos resultados se modificaron las gráficas obtenidas anteriormente indicando con letras las diferencias entre los grupos de datos.

4. RESULTADOS

4.1. Número de árboles

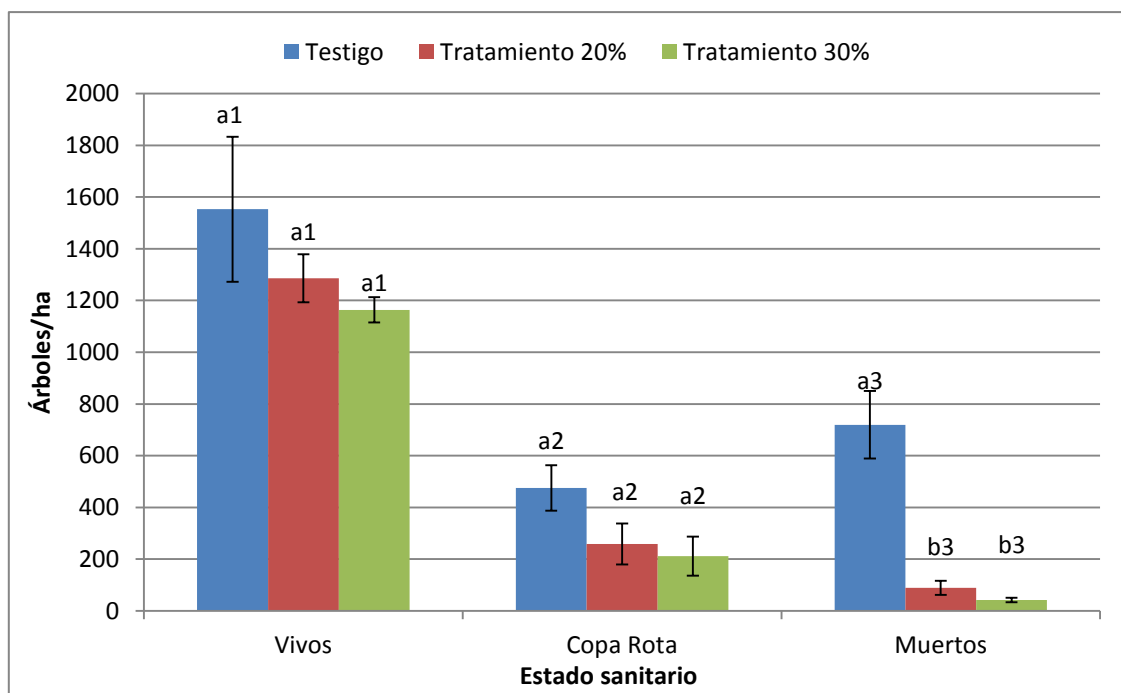


Figura 4.1. Diagrama de barras con el número de árboles por hectárea según los diferentes tratamientos. Diferentes números indican distinto estado sanitario. Distintas letras indican diferencias significativas.

En la figura 4.1 se aprecia que para cualquiera de los tres estados sanitarios el número de árboles es mayor donde no ha habido tratamiento, donde no ha habido ninguna extracción. Se ve también, una tendencia entre los dos tratamientos de claras, siendo ligeramente superior el número de árboles en los sitios donde ha habido Tratamiento 20%. Destaca el número de árboles muertos en las parcelas testigo en comparación con las parcelas donde se han realizado claras.

Los resultados del ANOVA (tabla 4.1) indican que sólo hay diferencias significativas para la variable “árboles muertos”. En los casos de los árboles vivos y los árboles con copa rota no se aprecian diferencias significativas.

El error estándar es notablemente mayor para el grupo testigo, sobre todo para el caso de los árboles vivos, lo que significa una mayor variabilidad, lo que puede haber reducido la capacidad del análisis para detectar diferencias significativas.

Tabla 4.1. ANOVA para el número de árboles según tratamiento. En negrita las comparaciones con significación <0,05. El factor es el tratamiento (0%, 20%, 30%). (gl= grados de libertad; sig= significación).

ANOVA de un factor						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Árboles vivos	Inter-grupos	0,101	2	0,051	1,252	0,351
	Intra-grupos	0,242	6	0,040		
	Total	0,343	8			
Árboles rotos	Inter-grupos	1,294	2	0,647	2,488	0,163
	Intra-grupos	1,561	6	0,260		
	Total	2,855	8			
Árboles muertos	Inter-grupos	13,194	2	6,597	39,019	0,000
	Intra-grupos	1,014	6	0,169		
	Total	14,208	8			

Tabla 4.2. Test de Tukey DHS de comparaciones múltiples para el número de árboles según el factor tratamiento. En negrita las comparaciones con significación <0,05.

Comparaciones múltiples-DHS de Tukey							
Variable dependiente	(I) tratamiento	(J) tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior
Árboles vivos	0	20	0,16030	0,16403	0,616	-0,3430	0,6636
		30	0,25694	0,16403	0,329	-0,2464	0,7602
	20	0	-0,16030	0,16403	0,616	-0,6636	0,3430
		30	0,09663	0,16403	0,831	-0,4067	0,5999
	30	0	-0,25694	0,16403	0,329	-0,7602	0,2464
		20	-0,09663	0,16403	0,831	-0,5999	0,4067
Árboles copa rota	0	20	0,66228	0,41646	0,320	-0,6155	1,9401
		30	0,89528	0,41646	0,160	-0,3825	2,1731
	20	0	-0,66228	0,41646	0,320	-1,9401	0,6155
		30	0,23300	0,41646	0,846	-1,0448	1,5108
	30	0	-0,89528	0,41646	0,160	-2,1731	0,3825
		20	-0,23300	0,41646	0,846	-1,5108	1,0448
Árboles muertos	0	20	2,14500(*)	0,33573	0,002	1,1149	3,1751
		30	2,84623(*)	0,33573	0,000	1,8161	3,8763
	20	0	-2,14500(*)	0,33573	0,002	-3,1751	-1,1149
		30	0,70123	0,33573	0,172	-0,3289	1,7313
	30	0	-2,84623(*)	0,33573	0,000	-3,8763	-1,8161
		20	-0,70123	0,33573	0,172	-1,7313	0,3289

En la tabla 4.2, de comparaciones múltiples, se aprecia que las diferencias significativas están en los árboles muertos. Hay diferencias estadísticamente significativas en el número de árboles muertos entre el tratamiento testigo y los tratamientos de claras, pero no hay diferencias entre los tratamientos de clara al 20 % y al 30%.

A excepción de esta diferencia en los árboles muertos, el análisis estadístico demuestra que las diferencias que se contemplan en cuanto al número de árboles vivos o con copa rota no son significativas.

4.2. Estructura sociológica del rodal

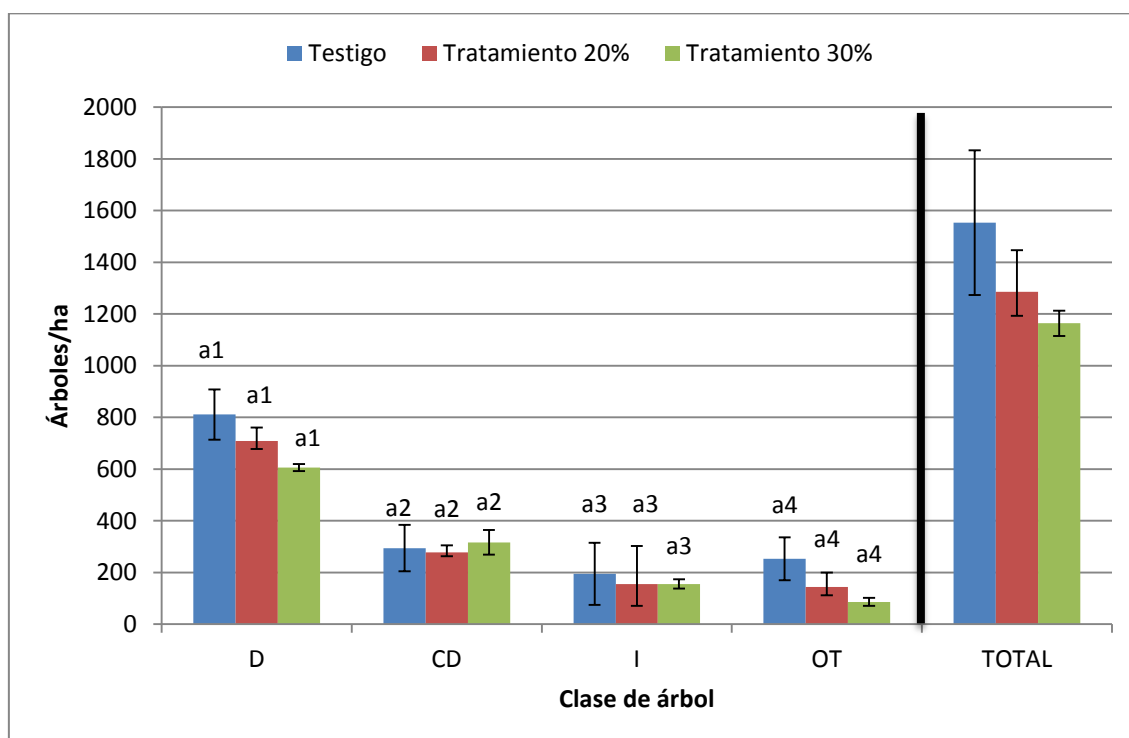


Figura 4.2. Diagrama de barras del número de árboles por hectárea clasificados por clase sociológica según los distintos tratamientos. (D=dominante; CD=codominante; I=intermedio; OT=ocluido). Mismas letras con mismo número indican que no hay diferencias significativas dentro del mismo grupo.

En la figura 4.2 se vuelve a ver claramente que hay más árboles vivos donde no ha habido ningún tratamiento. Se aprecia que en el caso de los dominantes, intermedios y ocluidos el número de árboles es mayor en el conjunto de las parcelas testigo. Según indica la gráfica después de 14 años vuelven a aparecer árboles ocluidos en las parcelas donde se realizaron claras.

Según el análisis de varianza (ver tabla 4.3), no hay diferencias significativas entre los tratamientos para el número de árboles clasificados por clase sociológica. Los resultados de las

significaciones, mayores que 0,05 en los cuatro grupos, muestran que las diferencias anteriormente citadas no serían debidas al factor tratamiento.

El error estándar es mayor en las parcelas testigo y en algunos casos engloba el rango de valores de los errores de las parcelas donde ha habido tratamiento. Esto significa que la variabilidad del número de árboles es mayor por lo que probablemente sea la causa de que no haya diferencias significativas.

Tabla 4.3. Anova para el número de árboles por clase sociológica. El factor es el tratamiento (0%, 20%, 30%). (gl=grados de libertad; sig= significación).

ANOVA de un factor						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
D	Inter-grupos	63379,630	2	31689,815	3,004	0,125
	Intra-grupos	63287,037	6	10547,840		
	Total	126666,667	8			
CD	Inter-grupos	2283,951	2	1141,975	0,109	0,899
	Intra-grupos	63009,259	6	10501,543		
	Total	65293,210	8			
I	Inter-grupos	3024,691	2	1512,346	0,069	0,934
	Intra-grupos	130972,222	6	21828,704		
	Total	133996,914	8			
OT	Inter-grupos	42916,667	2	21458,333	2,656	0,149
	Intra-grupos	48472,222	6	8078,704		
	Total	91388,889	8			

4.3. Diámetro medio

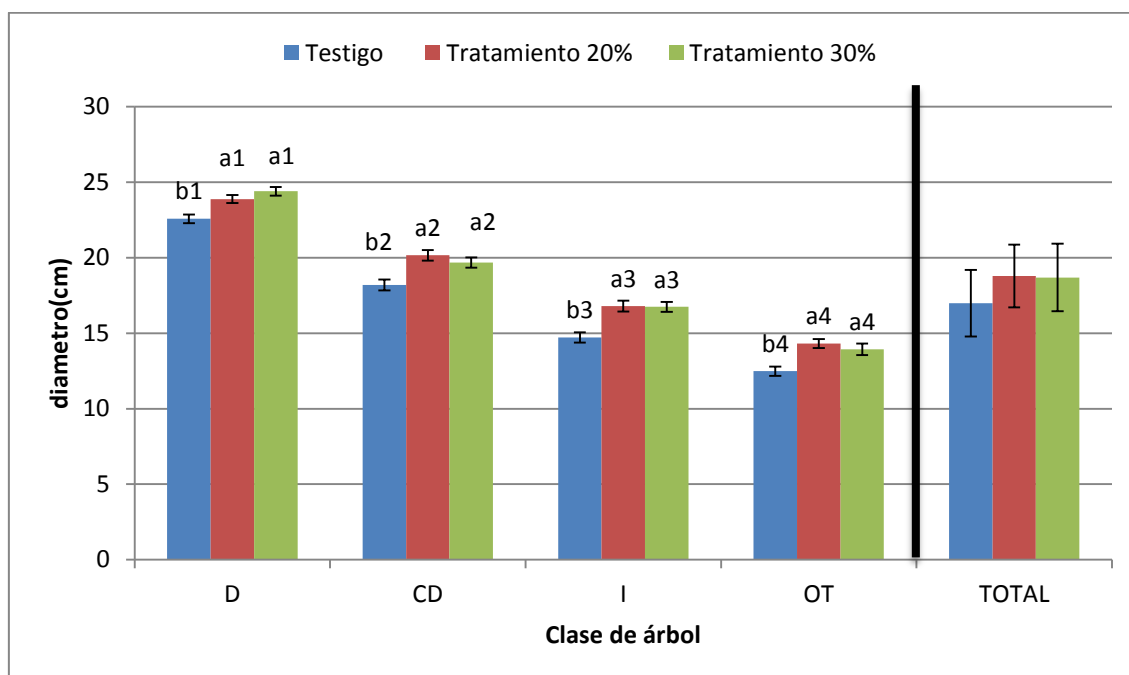


Figura 4.3. Diagrama de barras del diámetro medio de los árboles. Los factores son el tratamiento y la clase sociológica de los árboles. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos; distinto número indica diferencias entre clases sociológicas de árboles.

La figura 4.3 muestra que los árboles dominantes son los de mayor diámetro, seguidos de los codominantes, intermedios y los ocluidos. Este resultado indica que la clasificación sociológica realizada en campo fue adecuada, ya que según esta clasificación los árboles más gruesos son los que dominan, seguidos de los codominantes e intermedios hasta llegar a los más finos, que son los ocluidos.

Por otro lado se aprecia que, en general los árboles de mayor diámetro corresponden a los pies de las parcelas en las que se realizó el tratamiento más severo. En las parcelas donde se realizaron claras al 20% del área basal, los diámetros son algo menores que en las parcelas de 30% de clara en el caso de los árboles dominantes mientras que para las restantes clases sociológicas, los diámetros son algo mayores en las parcelas con clara al 20%, aunque las diferencias no son significativas para ninguno de los casos. Los diámetros más pequeños se encuentran en las parcelas testigo, para cualquiera de las clases sociológicas.

Por tanto el diagrama en principio indicaría que las claras de hace 14 años tuvieron efecto, ya que donde más competencia se eliminó los árboles tienen diámetros medios más gruesos y que ese efecto seguía vigente 14 años después de realizar las claras.

En la tabla 4.4 los resultados del análisis de varianza univariante muestran que los dos factores influyen en el diámetro de los árboles. Por el contrario se aprecia que la interacción entre los dos factores no es influyente. Por tanto, se podría afirmar que los diámetros

dependen en parte del tratamiento realizado y también del tipo de clase sociológica, pero el tratamiento influye de igual manera sobre todos los árboles, en los más gruesos en los intermedios y en los más pequeños.

Tabla 4.4- Resultado del análisis de varianza univariante entre los dos factores, para la variable diámetro medio. En negrita las significaciones <0,05, que indican diferencias.

Pruebas de los efectos inter-sujetos – Análisis de varianza univariante					
Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	282,193(a)	11	25,654	145,089	0,000
Intersección	16806,971	1	16806,971	95053,941	0,000
tratamiento	11,654	2	5,827	32,956	0,000
clase_sociológica	236,157	3	78,719	445,206	0,000
tratamiento * clase_sociológica	0,970	6	0,162	0,915	0,483
Error	252,669	1429	0,177		
Total	29412,750	1441			
Total corregida	534,862	1440			

Tabla 4.5- Test de Tukey DHS de comparaciones múltiples para el diámetro medio según tratamientos. En negrita las comparaciones con significación <0,05.

Comparaciones múltiples – DHS de Tukey						
(I) tratamiento	(J) tratamiento	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior
0	20	-0,2430(*)	0,02642	0,000	-0,3050	-0,1810
	30	-0,2619(*)	0,02717	0,000	-0,3257	-0,1982
20	0	0,2430(*)	0,02642	0,000	0,1810	0,3050
	30	-0,0189	0,02835	0,782	-0,0855	0,0476
30	0	0,2619(*)	0,02717	0,000	0,1982	0,3257
	20	0,0189	0,02835	0,782	-0,0476	0,0855

Como se puede ver en la tabla 4.5, las significaciones inferiores a 0,05 dicen que hay diferencias entre los diámetros entre el tratamiento 0% o testigo y entre los tratamientos de claras. Sin embargo no hay diferencias entre los tratamientos 20% y 30%.

Tomando como factor la clase sociológica, los diámetros son diferentes entre todos los tipos de árboles ya que la significación es en todas las comparaciones inferior a 0,05 (ver tabla 4.6).

Tabla 4.6- Test de Tukey DHS de comparaciones múltiples para el diámetro medio según la clase sociológica de los árboles. En negrita las comparaciones con significación <0,05.

Comparaciones múltiples – DHS de Tukey						
(I) clase_sociológica	(J) clase_sociológica	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación	Intervalo de confianza al 95%.	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior
CD	D	-0,4503(*)	0,02799	0,000	-0,5223	-0,3783
	I	0,3963(*)	0,03904	0,000	0,2958	0,4967
	OT	0,7516(*)	0,03961	0,000	0,6497	0,8535
D	CD	0,4503(*)	0,02799	0,000	0,3783	0,5223
	I	0,8465(*)	0,03468	0,000	0,7573	0,9357
	OT	1,2018(*)	0,03532	0,000	1,1110	1,2927
I	CD	-0,3963(*)	0,03904	0,000	-0,4967	-0,2958
	D	-0,8465(*)	0,03468	0,000	-0,9357	-0,7573
	OT	0,3553(*)	0,04458	0,000	0,2407	0,4700
OT	CD	-0,7516(*)	0,03961	0,000	-0,8535	-0,6497
	D	-1,2018(*)	0,03532	0,000	-1,2927	-1,1110
	I	-0,3553(*)	0,04458	0,000	-0,4700	-0,2407

4.4. Área basal

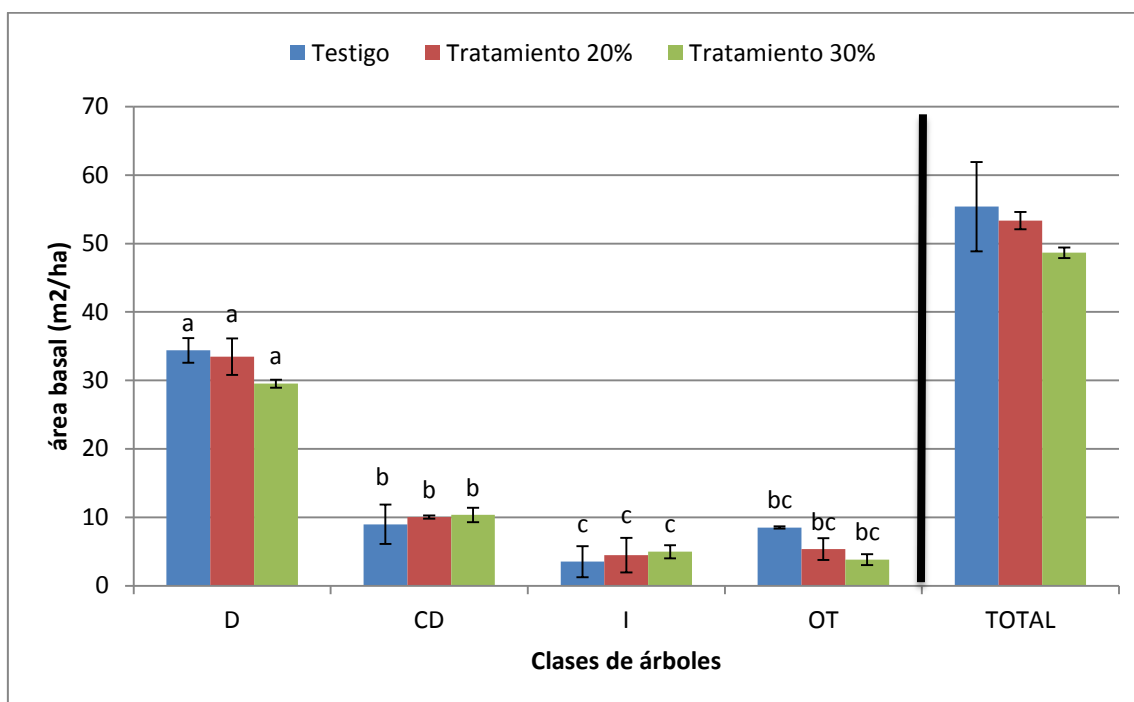


Figura 4.4. Diagrama de barras del área basal según el tratamiento y la clase sociológica. Al no haber diferencias entre tratamientos, dos letras indican pertenecer al mismo grupo, según clase sociológica.

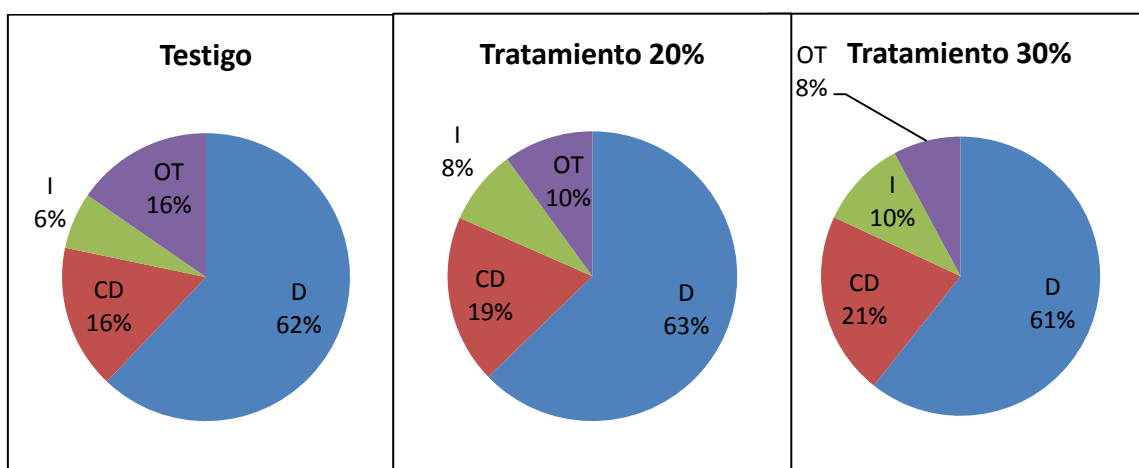


Figura 4.5. Gráfica circular con el área basal de cada clase sociológica según tratamiento.

En el diagrama de barras (figura 4.4.) se aprecia que el total de área basal es mayor donde no ha habido tratamiento, después donde ha habido tratamiento 20% y por último donde ha habido tratamiento 30%, es decir, el área basal disminuye al aumentar la intensidad

de corta. Sin embargo esta tendencia no es estadísticamente significativa. Parece que esa tendencia solo se cumple para los árboles dominantes y ocluidos, mientras que donde ha habido tratamiento destaca, que el área basal ha aumentado en los árboles codominantes e intermedios, que son los que parece han aprovechado los recursos al eliminar competencia. Por lo que parece que las claras han tenido efecto.

En la figura 4.5 se muestra el área basal relativa de cada clase sociológica respecto al área basal total del conjunto de los árboles según el tratamiento. Se aprecia que para el caso de los árboles dominantes varía solamente un punto y lo hace de aumentando en el caso del tratamiento 20% de clara y disminuyendo respecto al testigo en el tratamiento 30%. Para el caso de los codominantes e intermedios se ve una leve tendencia a aumentar conforme el tratamiento de clara aumenta, mientras que el área basal relativa de los árboles ocluidos disminuye conforme aumenta la intensidad de clara. Este resultado parece indicar que las claras sí que han tenido efecto, eliminándose parte de la competencia disminuyendo el volumen de madera de los árboles ocluidos y aumentando en los codominantes e intermedios a medida que la clara aumenta.

Tabla 4.7. Resultado del análisis de varianza univariante entre los dos factores, para la variable área basal. En negrita las significaciones <0,05, que indican diferencias.

Pruebas de los efectos inter-sujetos - Análisis de varianza univariante					
Fuente	Suma de cuadrados tipo I	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	30,071(a)	11	2,734	6,824	0,000
Intersección	161,767	1	161,767	403,802	0,000
Tratamiento	0,041	2	0,021	0,051	0,950
Tipo_arbol	27,813	3	9,271	23,142	0,000
Tratamiento * Tipo_arbol	2,216	6	0,369	0,922	0,497
Error	9,615	24	0,401		
Total	201,453	36			
Total corregida	39,685	35			

Los resultados del análisis dicen que solo hay diferencias significativas entre las clases sociológicas ya que la significación es menor del 0,05, pero no hay diferencias significativas entre los tratamientos, ni entre la interacción del tratamiento x tipo de árbol.

No obstante, cabe destacar que el error estándar es notablemente mayor en las parcelas testigo, por lo que puede ser la razón de que no haya diferencias significativas en cuanto al tratamiento se refiere, ya que la variabilidad es más alta en este caso.

Como se puede ver en las tablas 4.8 y 4.9 hay diferencias entre algunas clases sociológicas de árboles para la variable área basal. Los árboles dominantes difieren del resto claramente, mientras que no hay diferencias significativas entre los codominantes y los

ocuidos ni entre los intermedios y los ocuidos. Esto no quiere decir que los distintos tipos de árboles sean iguales en cuanto área basal, si no que el conjunto de árboles pertenecientes a algunos de estos tipos ocupan parecida superficie.

Tabla 4.8. Test de Tukey DHS de comparaciones múltiples para la variable área basal según la clase sociológica de los árboles. En negrita las comparaciones con significación <0,05.

Comparaciones múltiples – DHS de Tukey						
(I) Tipo_arbol	(J) Tipo_arbol	Diferencia entre medias (I-J) Límite inferior	Error típ. Límite superior	Significación Límite inferior	Intervalo de confianza al 95%.	
					Límite superior	Límite inferior
CD	D	-1,2451(*)	0,29837	0,002	-2,0682	-,4220
	I	1,1330(*)	0,29837	0,005	,3100	1,9561
	OT	0,5520	0,29837	0,276	-,2711	1,3751
D	CD	1,2451(*)	0,29837	0,002	,4220	2,0682
	I	2,3781(*)	0,29837	0,000	1,5550	3,2012
	OT	1,7971(*)	0,29837	0,000	,9740	2,6202
I	CD	-1,1330(*)	0,29837	0,005	-1,9561	-,3100
	D	-2,3781(*)	0,29837	0,000	-3,2012	-1,5550
	OT	-0,5810	0,29837	0,236	-1,4041	,2420
OT	CD	-0,5520	0,29837	0,276	-1,3751	,2711
	D	-1,7971(*)	0,29837	0,000	-2,6202	-,9740
	I	0,5810	0,29837	0,236	-,2420	1,4041

Tabla 4.9. Subconjuntos homogéneos para la variable área basal según la clasificación sociológica de los árboles.

Subconjuntos homogéneos – DHS de Tukey				
Tipo_arbol	N	Subconjunto		
		1	3	2
I	9		1,0967	
OT	9		1,6778	1,6778
CD	9			2,2298
D	9			
Significación			,236	,276
				3,4749
				1,000

4.5. Altura media

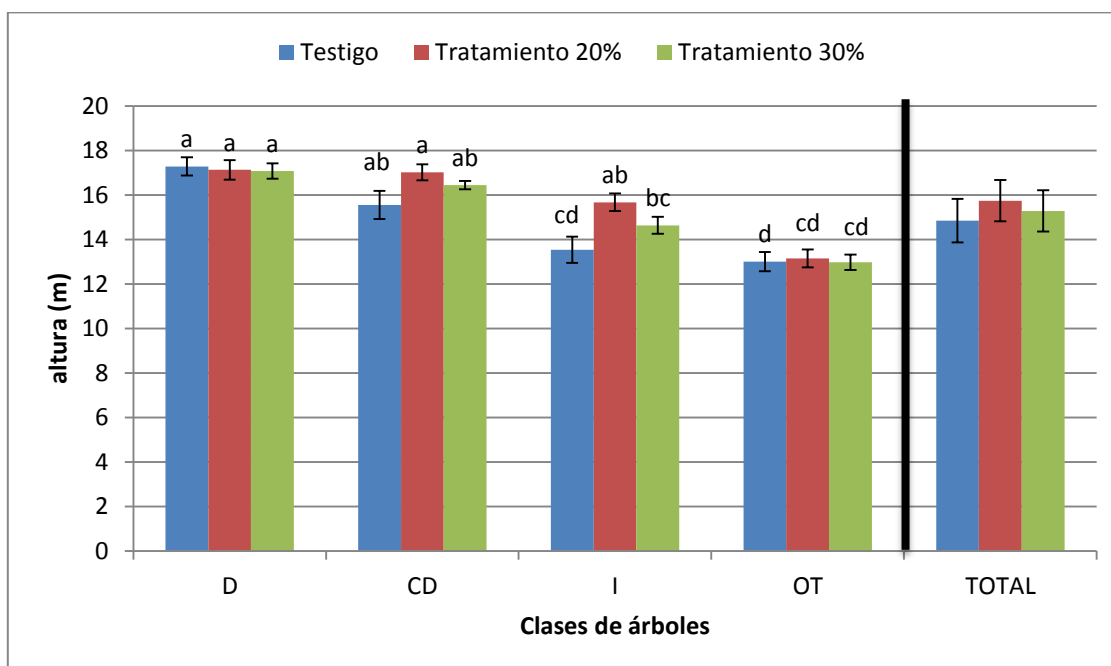


Figura 4.6. Diagrama de barras de las alturas medias según los tratamientos y las clases sociológicas de los árboles. Distintas letras indican diferencias entre significativas.

En la gráfica de la figura 4.5 se puede ver que los árboles dominantes son los más altos. Se aprecia también que entre los individuos pertenecientes a las restantes clases sociológicas hay diferencias significativas, siendo por lo general los del tratamiento 20% los más altos y los de las parcelas testigo los más bajos.

Observando cualquiera de los tratamientos por lo general los árboles dominantes son los más altos, pasando por los codominantes e intermedios hasta llegar a los ocluidos que son los más bajos.

La significación menor que 0,05 de los resultados del análisis indica que hay diferencias significativas entre las alturas de los tratamientos y de las clases sociológicas, pero en la interacción entre el tratamiento y la clase sociológica no hay diferencias significativas (ver tabla 4.10).

En la tabla 4.11 se aprecia la división de las alturas en dos grupos según el tratamiento. Hay diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos de clara pero no dentro de los tratamientos. Los resultados indican que las alturas son ligeramente mayores para los casos con tratamiento.

Los árboles dominantes y codominantes son similares en cuanto a la altura y los intermedios y ocluidos son distintos entre ellos y entre el grupo anterior (ver tabla 4.12).

La tabla 4.13 es el resultado del desglose por tratamiento y por clase sociológica donde se aprecia de forma más clara donde están las diferencias significativas, también reflejado por las letras en la figura 4.5. Se puede observar que las diferencias sobre todo están en los árboles

codominantes e intermedios y que afectan de forma similar, siendo los más altos los de las parcelas aclaradas al 20% y los más bajos los de las parcelas testigo.

Tabla 4.10. Resultados del análisis de varianza univariante entre los dos factores para la variable altura. En negrita las significaciones <0,05, que indican diferencias.

Pruebas de los efectos inter-sujetos – Análisis de varianza univariante					
Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	2,646(a)	11	0,241	20,120	0,000
Intersección	1305,885	1	1305,885	109214,196	0,000
Tratamiento	0,189	2	0,095	7,913	0,001
Clase_sociologica	2,341	3	0,780	65,259	0,000
Tratamiento * Clase_sociologica	0,110	6	0,018	1,528	0,172
Error	1,985	166	0,012		
Total	1312,154	178			
Total corregida	4,631	177			

Tabla 4.11. Subconjuntos homogéneos para la variable altura según el tratamiento.

Subconjuntos homogéneos – DHS de Tukey			
Tratamiento	N	Subconjunto	
	1	2	1
0,00	60	2,6675	
30,00	60		2,7181
20,00	58		2,7465
Significación		1,000	0,336

Tabla 4.12. Subconjuntos homogéneos para la variable altura según la clase sociológica.

Subconjuntos homogéneos – DHS de Tukey				
Clase sociológica	N	Subconjunto		
	1	3	2	1
OT	45	2,5428		
I	43		2,6694	
CD	45			2,7879
D	45			2,8392
Significación		1,000	1,000	,125

Tabla 4.13. Subconjuntos homogéneos para la variable altura según la clase sociológica y el tratamiento.

Subconjuntos homogéneos- DHS de Tukey				
Tratamiento y clase sociológica	Subconjunto			
	4	3	2	1
0%, D				2,8440
30%, D				2,8353
20%, D				2,8353
20%, CD				2,8326
30%, CD			2,7993	2,7993
20%, I			2,7476	2,7476
0%,CD			2,7320	2,7320
30%, I		2,6780	2,6780	
0%, I	2,5913	2,5913		
20%, OT	2,5713	2,5713		
30%, OT	2,5580	2,5580		
0%, OT	2,5006			

5. DISCUSIÓN

5.1. Número de árboles

Las claras son las cortas hechas en masas inmaduras de árboles con el fin de estimular el crecimiento de los árboles que quedan y de aumentar la producción de material comercialmente utilizable de la masa forestal (Hawley y Smith, 1982). El primer efecto indiscutible de una masa aclarada en comparación con una masa similar en la cual no se ha realizado ningún tipo de clara, es que en la primera se reduce el número de árboles en mayor medida en tanto mayor sea la intensidad de clara. A partir de este momento si no se realiza ninguna práctica silvícola y considerando que no haya habido una perturbación que haya afectado más a una de las masas, el número de árboles seguirá siendo menor en la masa donde se realizó la clara. Sin embargo, en las parcelas donde no hay claras a causa de la mayor densidad de árboles, la competencia es mayor y esto se traduce también en una mayor mortalidad de los mismos. En el curso de una rotación normal, la mortalidad representa una pérdida muy considerable de volumen de madera comercial (Hart, 1991). La competencia conduce a un incremento de la dominancia, con individuos más grandes y densidad total menor (Smith y Smith, 2002). A largo plazo en turnos largos, el número de árboles suele ser similar entre las parcelas aclaradas y no aclaradas, siempre que las claras no sean demasiado fuertes. Por ello aunque el número de árboles al final del turno vaya ser similar, mediante las claras se disminuye la competencia resultando en una mayor disponibilidad de luz, agua y nutrientes para los que quedan en pie. La competencia se da si uno o más recursos necesarios para el desarrollo del árbol es insuficiente para las necesidades de los individuos y la masa en su conjunto (Del Río et al., 2001). Generalmente y como consecuencia de la reducción del número de árboles, los individuos restantes aumentan su diámetro más rápidamente, producen más frutos y semillas, muestran mayor resistencia al ataque de plagas, tienen mayor concentración de N y P en hojas, así como mayores tasas de fotosíntesis (Castillo et al., 2003).

En nuestro estudio, en las parcelas en las cuales se realizó algún tratamiento de claras, se eliminaron en primer lugar los árboles muertos y de peor estado sanitario. Se continuó por los pies vivos de mayor vulnerabilidad dentro de la clasificación sociológica del rodal, es decir los ocluidos e intermedios, hasta eliminar un 20% o un 30% del área basal de las parcelas.

Los resultados indican que 14 años después de haber realizado las claras han vuelto a aparecer árboles muertos en las parcelas donde se eliminaron. Sin embargo es mucho mayor el número de árboles muertos para el tratamiento testigo que para los dos tratamientos de claras. Las diferencias son significativas entre las parcelas testigo y las parcelas donde hubo tratamiento de clara, pero no hay diferencias significativas entre los tratamientos de clara al 20 y al 30%. En el estudio realizado por Blanco et al. (2004), donde se observaron las pérdidas de N, hubo un gran aumento de pérdidas al pasar de un bosque sin manejo a otro donde se retiró un 20% del área basal, pero esas pérdidas no aumentaron mucho al pasar de las claras del 20% al 30% del área basimétrica. El hecho de que no haya diferencias significativas entre los dos tratamientos es que una diferencia del 10%, puede no ser muy relevante. En un estudio realizado por Blanco et al. (2006), donde se observó la cantidad de biomasa después de las

claras tampoco se vieron diferencias significativas entre los resultados de las parcelas con tratamiento al 20% y al 30%. En dicho estudio la mayor variabilidad de la biomasa en las parcelas de aclaradas al 30% parece que fue la razón de la ausencia de diferencias significativas. No obstante, a pesar de no ser significativa, se ve una leve tendencia entre los dos tratamientos, siendo ligeramente mayor el número de pies muertos en el caso del 20% de clara.

En otros estudios realizados en las mismas parcelas esa diferencia del 10% sí que ha supuesto diferencias significativas (Eslava, 2008). Al estudiar el desfronde en Aspurz este autor describió diferencias significativas de aproximadamente un 10 %, precisamente la diferencia entre los dos tratamientos de claras. Hay que tener en cuenta también que otros estudios realizados sobre otras variables ecológicas como el desfronde han encontrado diferentes respuestas de los mismos tratamientos de claras realizándolas en Garde o en Aspurz (Ansó, 2008), por lo que los resultados podrían variar según la localización. Precisamente la localización, la edad del árbol y la duración de la supresión entre otros, son factores de los cuales dependen las respuestas a las claras según Castillo et al. (2003).

De todas maneras el hecho de que vuelva a haber árboles muertos donde fueron eliminados, no tiene por qué ser directamente a causa de la competencia entre individuos, ya que por ejemplo las condiciones meteorológicas adversas pueden haber influido en la muerte de algunos árboles y tampoco sabemos desde cuando los individuos están muertos ya que hay un periodo de 14 años donde no ha habido un seguimiento continuo. Hay que tener en cuenta que son varias las perturbaciones o alteraciones que pueden dejar marcas físicas en la vegetación y el entorno, incluso causar la muerte de los árboles (Peterken, 1996), como pueden ser el viento, la sequía, la nieve, el hielo, etc. (dentro de las causas climáticas), y las enfermedades causadas por microorganismos o insectos (dentro de causas bióticas). En principio las claras reducirían el riesgo de daños y por consiguiente de muertes, por los anteriores factores (Smith et al., 1997). En el caso de la nieve, la falta de hojas en las frondosas durante el invierno hace que sean menos dañadas que las coníferas. Las especies forestales de copa irregular y tronco delgado que crecen en zonas de gran pendiente suelen troncharse por el paso de la nieve pudiendo derribar a otros árboles al caer (Torres, 1998). Las parcelas no aclaradas son las más susceptibles de sufrir estos daños, ya que hay mayor densidad de árboles (Del Río et al., 2006) y también mayor número de árboles muertos y enfermos que pueden caerse con mayor facilidad, además de ser más propensas al ataque de insectos y microorganismos, por contener mayor cantidad de madera muerta y en estado de pudrición que las parcelas aclaradas (Romanyk y Cadahia, 2002).

En el caso de los árboles con la copa rota, no hay diferencias significativas entre ninguno de los tres tratamientos. Sin embargo hay una tendencia a que disminuya el número de árboles con copa rota a medida que aumenta la intensidad de clara. Aunque los árboles con la copa rota son más numerosos en el caso de las parcelas testigo, la diferencia entre este número y los de las parcelas con tratamiento de clara no es tan pronunciada como en el caso de los árboles muertos. El que no haya diferencias significativas entre ninguno de los tres casos significaría que el tratamiento no influye en el número de los pies con copa rota. Al igual que ocurre con los árboles muertos, algún factor externo como por ejemplo el viento, unido a la posición en el rodal de los árboles, puede haber sido el causante de las roturas de las copas.

Sin embargo cabe destacar que, los árboles más vulnerables y enfermos (con ataques de hongos, muérdago, insectos, etc.) tienen puntos más débiles en el tronco que hacen que en vez de caerse enteros se rompan las copas con vientos más flojos (Torres, 1998). Las claras por los bajo o claras bajas ya han eliminado esos árboles más vulnerables, por lo que las masas que han recibido tratamiento en general están más sanas que las de las parcelas testigo. En este caso el análisis estadístico no observa diferencias significativas, pero hay una tendencia que indicaría que el número de árboles con copa rota disminuye a medida que aumenta la intensidad de clara, por lo que las claras en parte, mantendrían su efecto sobre esta variable.

En el caso de los árboles vivos el resultado del análisis estadístico indica que no hay diferencias significativas entre ninguno de los tres tipos de tratamiento. No obstante y como se puede ver en la figura 4.1, hay una tendencia clara a disminuir el número de árboles conforme se intensifica la clara. El error estándar en el caso de los árboles vivos de las parcelas testigo es mucho mayor que en los otros dos casos, lo que indica una mayor variabilidad. Esto puede haber reducido la capacidad del análisis para detectar diferencias significativas.

Comparando con los árboles que había después de realizarse las claras en 1999, hay que decir que el número de árboles como era de esperar han disminuido. La masa estaba compuesta de 3555, 1697 y 1478 pies /ha de media para los tratamientos testigo, clara al 20% y clara al 30% del área basal respectivamente (Iriarte y Puertas, 2003). 14 años después las cifras descienden a 2747, 1633 y 1416 pies /ha teniendo en cuenta los árboles vivos, los de copa rota y los muertos. Destacan las cifras de mortalidad, 23% en las parcelas testigo, 9% en las parcelas con tratamiento al 20% y 7% en las parcelas con tratamiento al 30%. Las cifras indican que la diferencia en cuanto a mortalidad es grande entre las parcelas aclaradas y no aclaradas mientras que entre los tratamientos de clara no hay una diferencia tan significativa. Sin embargo en cuanto al porcentaje de árboles con la copa rota las diferencias no son tan acentuadas (17%, 15,8% y 15,9% aproximadamente). Estos resultados demuestran que las claras han tenido efecto y aun lo mantienen, pues la mortalidad es mucho menor donde se han realizado claras que donde no se realizaron y que evidentemente la competencia es un factor influyente en la mortalidad.

5.2. Estructura sociológica del rodal

Los análisis estadísticos señalan que no hay diferencias significativas entre tratamientos en cuanto el número de árboles de cada clase sociológica dentro del rodal. El error estándar es mayor en las parcelas testigo, englobando en algunos casos el rango de valores de error de las parcelas donde ha habido tratamiento. Esto se traduce a que en el caso de las parcelas testigo, la variabilidad del número de árboles es mayor, lo que probablemente sea la causa de que no haya diferencias significativas. Pese a no ser significativo, en el caso de los árboles dominantes y ocluidos el número de árboles tiende a disminuir conforme aumenta la intensidad de clara, pero no ocurre en el caso de los árboles codominantes e intermedios. Las claras habrán eliminado la mayoría o la totalidad de los árboles ocluidos, e incluso algunos intermedios, pero casi todos los pies de este último grupo y prácticamente todos los codominantes permanecieron en las parcelas tras las claras.

Las claras aumentan la disponibilidad de luz, nutrientes, agua etc. para los árboles que quedan en las parcelas y son los intermedios y los codominantes los que teóricamente podrían beneficiarse de ello. Las grandes copas de los árboles dominantes no pueden estar creciendo tan eficientemente como las copas más pequeñas de los codominantes o árboles intermedios (O'Hara, 1988). En otros estudios realizados en España, parece ser que las claras por lo bajo favorecen principalmente a los árboles intermedios (Del Río et al., 2008). Esto parece apoyar los resultados descritos en este trabajo.

Únicamente en los lugares no muy limitados en nutrientes, tras las claras bajas se reduciría la absorción total de nutrientes del suelo, aumentando la disponibilidad de nutrientes en el mismo. Esto produciría un incremento de concentración de nutrientes en los árboles que quedan tras la clara, traducándose en una mayor productividad y por lo tanto en un mayor crecimiento de los individuos (Blanco et al., 2009).

Tras las claras algunos codominantes ya no habrían tenido que competir tanto y habrían aumentado su desarrollo llegando incluso a entrar en el estrato dominante, pero otros podrían haber seguido compitiendo entre ellos manteniendo su posición en la clasificación sociológica. Parte de los intermedios al ser liberados de buena parte de su competencia también se habrían podido desarrollar mejor y al cabo del tiempo tal vez serán árboles codominantes o dominantes. Sin embargo la competencia no se elimina en su totalidad ya que todos los árboles van a continuar su desarrollo y crecimiento. El mejor desarrollo y crecimiento de unos, va comprometer nuevamente el crecimiento e incluso la supervivencia de otros, aunque sean menos los árboles presentes en el rodal que antes. Por lo tanto, en el futuro algunos árboles van a ser ocluidos porque no van a poder aprovechar de igual manera las nuevas condiciones creadas en el rodal.

En las parcelas en las cuales se realizaron claras, ya sea al 20% o al 30%, volvieron a haber árboles ocluidos o dominados. Esto significaría que en las parcelas aclaradas hubo competencia entre árboles por lo que el efecto de las claras realizadas hace 14 años, para favorecer a los mejores se habría perdido o al menos reducido. Esto indicaría que volvería a haber competencia, unos individuos pueden impedir el crecimiento de otros (Oliver y Larson, 1996), porque nuevamente algunos se han apoderado del espacio, los nutrientes y la luz, limitándose a otros. Al no tener un seguimiento continuo, no se puede saber desde cuándo fueron esos árboles ocluidos, ni por tanto, desde cuando ha vuelto a haber competencia entre los árboles.

Las claras bajas como las realizadas en Garde no tienen efecto de reforestación en el rodal como si pueden tener las claras de regeneración, que aunque sean más intensas tienen como objetivo abrir más el dosel arbóreo para permitir mayor entrada de luz y dejar individuos que generen piñas con el objetivo de que crezcan nuevos individuos. En las parcelas donde se ha llevado a cabo este estudio no ocurre esto. Solo se pudieron visualizar algunos individuos muy jóvenes y de muy escaso tamaño que al poco tiempo de germinar están destinados a morir, ya que la escasa luz a la que podrían acceder no les permitirá sobrevivir. Las plantas jóvenes de *Pinus sylvestris* son muy sensibles a la competencia (Montero et al., 2001). Por tanto, cabe destacar, que todos los individuos que ocupan las parcelas son prácticamente de la misma edad, independientemente de la posición que ocupen y de la clase sociológica a la que

pertenezcan dentro del rodal. Por lo tanto se descarta que haya habido episodios de reclutamiento y aumento de la población de individuos durante los 14 años que han pasado desde la intervención silvícola.

5.3. Diámetro medio

Según los resultados extraídos del análisis, los árboles dominantes son los de mayor diámetro. Les siguen los codominantes, los intermedios y por último están los ocluidos con el diámetro más pequeño. Esta tendencia se da tanto las parcelas testigo como en los casos que ha habido tratamiento de clara. Por un lado, dichos resultados muestran que la clasificación sociológica realizada visualmente en campo fue la adecuada, ya que coinciden con la teoría. En un rodal o en cualquier masa arbolada siempre los fustes más gruesos que coinciden a su vez con las copas más grandes que prácticamente están expuestas plenamente a la luz (Thomas y Packham, 2007) van a pertenecer a los árboles dominantes. Levemente algo más pequeños son los codominantes, con unas copas algo más pequeñas por el sombreado lateral que les aportan los dominantes. Los siguientes son los intermedios que compiten continuamente por la luz que reciben de arriba. Por último están los ocluidos con unos fustes más finos, cuyas copas apenas reciben luz a través de las copas de los árboles que los rodean.

En lo que respecta al tipo de tratamiento, se muestran diferencias significativas entre las parcelas testigo o control y las parcelas donde se realizaron claras, pero no se muestran diferencias entre los dos tratamientos de clara, siendo semejantes los resultados para el 20% y 30% de clara. Cabe destacar por otro lado, el hecho de que no haya diferencias significativas entre los dos tratamientos de clara. Puede ser que un 10% de diferencia no sea lo suficientemente significativo como para distinguir los dos tratamientos. Este resultado coincide con los obtenidos para el resto de variables estudiadas en este trabajo. La variabilidad que existe dentro de las parcelas y la que hay a la hora de realizar los trabajos de campo puede que sean los causantes de este efecto. Sin embargo puede que en algún momento en el transcurso de los 14 años sí que existieran diferencias pero en el momento de hacer las mediciones hubieran desaparecido. Al no haber un seguimiento durante los últimos 14 años no se puede afirmar que en los dos casos el crecimiento de los pies haya sido semejante.

Sin embargo, estos resultados donde no se ven diferencias entre los dos tratamientos de clara pero si entre estos y el testigo, coinciden con el estudio realizado por Blanco et al. (2006) donde se observó que el contenido de nutrientes era mayor en las parcelas testigo que en las aclaradas, pero entre estas últimas no hubo diferencias. Tampoco Zudaire (2009) encontró diferencias significativas entre los tratamientos de claras 20 y 30% en cuanto a la concentración de nitrógeno en las acículas, pero si diferencias entre los tratamientos de claras y el testigo. Por un lado la lectura que se puede hacer es que las claras realizadas hace 14 años tuvieron efecto y aún se aprecia. Uno de los objetivos principales de la mayor parte de las claras es reducir la espesura de la masa, de manera que tenga eventualmente un número menor de árboles, de diámetro medio mayor del que tendría si no hubiese sido aclarada (Hawley y Smith, 1982). Se puede decir por tanto, que mediante las claras se eliminó competencia y el mejor aprovechamiento de los recursos por parte de los individuos de las

parcelas aclaradas se ha traducido en un mayor crecimiento diametral. Zudaire (2009) observó la cantidad de ramas entre los tratamientos y encontró diferencias entre los tres casos, siendo mayor para el tratamiento del 30% de clara. Razonó que ese aumento de ramas podría ser debido a una menor competencia entre árboles unido a un mayor espacio entre los mismos y a la mayor luminosidad en las parcelas con tratamiento 30% de clara.

Por último, el tratamiento ha afectado a los individuos de todas las clases sociológicas de una manera semejante, ya que la interacción entre la clase sociológica x tratamiento no fue estadísticamente significativa según el análisis.

El que las claras hayan aumentado el diámetro medio de los árboles tiene importantes consecuencias silvícolas, ya que normalmente en la madera de calidad se buscan grandes diámetros. Se considera que es muy adecuado relacionar el número de árboles que debe existir en cada momento con el diámetro medio de los mismos (Montero et al., 2003). Normalmente el hecho de que los árboles sean de mayor diámetro, es positivo para la industria maderera, ya que los fustes económicamente tienen más valor y son más manejables por la maquinaria de las serrerías. El mayor tamaño diametral está ligado a una mejor calidad (Serrada, 2008). Además aumenta el valor de la masa que queda en pie, ya que aumenta la proporción de los árboles más valiosos con mayor diámetro (Hart, 1991).

5.4. Área basal

Según los resultados del estudio para el área basal, en el análisis estadístico no se aprecian diferencias significativas entre ninguno de los tres tratamientos. Sin embargo hay una tendencia en lo que al área basal total se refiere, que indica que el área basal es mayor donde no ha habido tratamiento y disminuye a medida que se intensifican las claras. Esta tendencia se repite en los árboles dominantes y ocluidos, pero no en los árboles codominantes e intermedios, donde justamente se da una leve tendencia en sentido contrario, el área basal aumenta conforme aumenta la intensidad de clara.

Teóricamente, el área basal de un rodal está directamente relacionada con la capacidad de producción (la calidad) de un sitio en particular. Cuanto mejor sea la calidad, más área basal puede haber en el bosque (Hawley y Smith, 1982). Dentro de los amplios límites de la densidad de espesura que se encuentran de ordinario en masas bien administradas, el crecimiento del área basal tiende a permanecer constante y óptimo con independencia de la densidad de la masa (Hawley y Smith, 1982). Estudios realizados en Finlandia también indican que el incremento del área basal en rodales jóvenes no estaba estrechamente relacionado con la intensidad de las claras (Huss, 1983). Por tanto, al final del turno el área basal de las parcelas aclaradas debería ser similar al de las que han tenido claras. En las parcelas aclaradas esa área basal estaría repartida en menos árboles de mayor diámetro. Uno de los indicativos que se utilizan para saber cuándo hay que volver a aclarar, es el área basal. Cuando se iguala el área basal de las parcelas aclaradas al de las parcelas testigo, se podrían realizar claras. De lo contrario, si no se espera hasta ese punto se estaría perdiendo productividad ya que no se le estaría dejando al bosque o rodal recuperar ese crecimiento que es capaz de producir en las condiciones en las que se encuentra.

Teniendo en cuenta que en el caso del número de árboles según la clase sociológica no hay diferencias significativas según el tratamiento, dicha tendencia en los árboles intermedios y codominantes indicaría que las claras han tenido efecto en el incremento del área basal. Al eliminar árboles ocluidos antes de que se mueran por la competencia, se evita la pérdida de mucho volumen y son los árboles restantes los que se benefician (Hart, 1991). En teoría, son los árboles intermedios, es decir ni los que ya están ocluidos, ni los más grandes, los que aprovecharían mejor las nuevas condiciones ambientales y la mayor disponibilidad de nutrientes para su desarrollo. Esto se puede observar en los resultados de las áreas basales relativas para cada uno de los tratamientos, donde se ve, que conforme se intensifica la clara el área basal de los árboles intermedios y codominantes aumenta, mientras que disminuye el área basal que representan los árboles dominados y se mantiene prácticamente igual el porcentaje que representan los árboles dominantes. Al realizarse las claras se eliminaron los árboles ocluidos y más débiles pero 14 años después vuelve a haber árboles ocluidos. Esto se debería a que algunos árboles intermedios y codominantes han crecido más que otros de su misma clase sociológica y ha surgido una nueva competencia entre ellos volviendo a quedar nuevamente individuos ocluidos en el rodal. Esto explica también, que siga siendo mayor el área basal de los árboles ocluidos en las parcelas testigo ya que de estas no fueron eliminados. Ocurre lo mismo en el caso de los dominantes y es que, aunque las diferencias no sean significativas, si hay más árboles dominantes en las parcelas testigo es de esperar que el área basal sea mayor en estas parcelas, pues son los árboles más grandes. Estos últimos individuos dominan en el rodal y teóricamente su desarrollo no va a verse afectado por las claras.

Es importante mencionar que el error estándar es bastante amplio en algunos casos, sobre todo el en el caso de las parcelas testigo y en otros de las parcelas con 20% de clara. Esto significa una mayor variabilidad y puede que limite al análisis ver diferencias significativas.

Los áreas basales para cada tratamiento después de realizarse las claras fueron de 49; 37,8 y 32,7 m²/ha de media para las parcelas testigo, tratamiento al 20% y tratamiento al 30% respectivamente (Iriarte y Puertas, 2003). Catorce años después en las mismas parcelas el área basal aproximada era de 55,4; 53,3 y 48,7 m²/ha respectivamente. El área basal de las parcelas testigo es el que menos ha aumentado, 6,4 m²/ha lo que equivale al 11,5%. En las parcelas aclaradas en cambio, las áreas basimétricas han crecido 15,5 y 16 m²/ha, el 29,1% y el 32,8% del área basal de las parcelas aclaradas al 20 y al 30% respectivamente. Los resultados indican que no se ha igualado el área basal de las parcelas aclaradas con el de las parcelas testigo, por lo que todavía perduraría el efecto de las claras. Además se puede observar que en el transcurso de los 14 años, aunque no se sabe el tipo de crecimiento anual, la diferencia entre el área basal de las parcelas testigo y entre los tratamientos de clara ha disminuido considerablemente, pero la diferencia entre las claras al 20% y al 30% del área basal se mantiene.

5.5. Altura media

La competencia está considerada como el principal patrón de la interacción entre los árboles (Oliver y Larson, 1996). Los árboles son plantas no muy especializadas; son organismos versátiles con muchas adaptaciones que les permiten sobrevivir en una variedad de entornos físicos y biológicos, pero dichas adaptaciones no pueden desarrollarse siempre en todas las condiciones naturales o de cultivo, por lo que unos individuos, los dominantes, se imponen siempre sobre otros. Existe una tendencia en las coníferas a tener fustes más derechos cuando se desarrollan en posición subordinada que cuando son dominantes fuertes. Esta diferencia es el resultado del hecho de que la mayoría de las frondosas, siendo relativamente fototrópicas, tienden a curvarse hacia la luz, mientras que las coníferas, que son exclusivamente geotrópicas, tienden a crecer verticalmente. (Hawley y Smith, 1982).

Los árboles con mayor altura que se pueden encontrar en un rodal o en un bosque, son los clasificados sociológicamente como dominantes. Estos individuos compiten por la luz, el agua y los nutrientes con el resto de árboles desde el principio, pero finalmente son los que resultan beneficiados siendo más vigorosos que el resto, lo que les hace ser más gruesos y de mayor altura.

En el caso de nuestro estudio, los resultados muestran que también se cumple esto, ya que para cualquiera de los tres tratamientos los árboles dominantes son los más altos. Este hecho demuestra que la clasificación sociológica de los pies realizada visualmente en campo fue la adecuada, ya que las alturas se midieron después de haber clasificado los árboles.

El análisis estadístico indica que no hay diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos para las alturas de los árboles dominantes. Esto puede dar pie a pensar que las claras realizadas no han tenido ningún efecto o que el efecto ha podido desaparecer con el paso del tiempo, pero también puede ser que dicho efecto no se vea representado particularmente en estos individuos. Independientemente de lo cerrado que sea el lugar donde crezcan, siempre va a haber árboles que dominen sobre los demás, y a costa de que éstos sean los dominantes va a haber otros que estén más o menos ocluidos. Estos últimos van a tener que competir por sobrevivir con otros individuos, pero en ningún caso comprometen el desarrollo de los que ya dominan. Esto puede explicar el comportamiento de los árboles del presente estudio. Varios autores afirman que la altura es una variable ecológica que difícilmente puede variar con el manejo silvícola. El crecimiento en altura dominante depende de la calidad de estación y se ve poco modificado por la selvicultura aplicada (Del Río et al., 2006). El crecimiento en altura está controlado en gran parte por los factores inalterables del sitio (Serrada, 2008), excepto cuando la densidad de la masa es muy baja o extremadamente elevada. Por ello, la altura media de los pies dominantes y codominantes a una edad determinada es el índice de la calidad del sitio. Rara vez es posible alterar el crecimiento en altura de una masa dada cambiando la densidad de espesura, siempre que no se permita a la masa hacerse demasiado espesa y que no se aclare de modo muy drástico (Hawley y Smith, 1982). Solo las claras de gran intensidad, entorno al 51-57% del área basal pueden hacer que haya diferencias significativas según Crecente-Campo et al. (2009). Cuanto más espacio tiene un árbol más crecerá en volumen, pero no en altura (Hart, 1991). Makinen e Isimaki (2004),

observaron que con claras del 42% del área basal realizadas en rodales de pino silvestre en Finlandia, claramente aumentaba el diámetro de los árboles que quedaron, pero no la altura.

Sin embargo la eliminación de competencia a través de las claras sí que parece haber influido en las alturas de los árboles codominantes e intermedios. Zudaire (2009) observó, que para los árboles de menor diámetro (7,5-10cm) fueron más altos en las parcelas aclaradas al 30%. Propuso que podía ser debido a que disponían de mayor cantidad de luz, pero en el resto de los individuos observó lo contrario, que conforme aumentaba la intensidad de clara, eran ligeramente más bajos.

En el presente estudio los árboles intermedios y codominantes son significativamente más altos en las parcelas donde ha habido tratamiento de clara del 20% que en las parcelas testigo, y además, aunque la diferencia no sea significativa, también más altos que en las parcelas con tratamiento del 30%. Por un lado es una respuesta a esperar, ya que los árboles intermedios y codominantes son los que sí se benefician al liberarse de la competencia y ésto se podría traducir a un crecimiento en altura en busca de la luz, aunque como ya se ha comentado varios autores no lo ven posible. Sin embargo parece contradictorio que sean los árboles del tratamiento 20% los que más hayan crecido y no los del tratamiento 30%, siendo estos últimos los que podrían aprovechar mejor las disponibilidades. Esta pequeña diferencia podría ser debida a que los árboles con más disponibilidad de espacio y luz, los de las parcelas aclaradas al 30%, hubieran desarrollado más las ramas y por tanto la copa, mientras que los de las parcelas aclaradas al 20% habrían desarrollado más el tronco. De todas maneras, teniendo en cuenta que la variabilidad de las parcelas es bastante grande, puede deberse a eso la diferencia. Este último hecho coincide también con algunos resultados de Zudaire (2009), que vio que los árboles pertenecientes a las parcelas aclaradas un 20% del área basal poseían una copa, un desarrollo de biomasa y un desarrollo del fuste ligeramente mayor que los de las parcelas aclaradas al 30%.

5.6. Implicaciones para la gestión

Anteriormente se ha citado que el crecimiento y el desarrollo de un bosque o un rodal están estrechamente relacionados con la calidad del sitio, por tanto, con la localización y las características de los mismos. Esto implicaría que el manejo de las masas forestales también debería ser adecuado al lugar concreto. No obstante, es interesante conocer otros resultados de estudios y tipos de gestión que se utilizan en diferentes masas de pino silvestre, independientemente de que se puedan aplicar en un futuro en las parcelas de Garde o no.

En el Sistema Central en altitudes inferiores a los 1.600 m se suelen aplicar claras bajas cuando la masa tiene entre 20 y 40 años o cuando la altura dominante alcanza 10-11 m. El periodo de rotación entre claras debe ser para este lugar de 10 años (Montero et al., 2001). También se suelen aplicar clareos cuando la masa tiene entre 15 y 25 años, pero en muchas ocasiones no se realizan por falta de recursos económicos. En Garde las claras se realizaron cuando las masas tenían 37 años y una altura dominante en torno a los 14,3 m (Iriarte y Puertas, 2003). Del Río y Montero (2001), apuntan que en sitios como Garde el periodo de

rotación de las claras debiera ser cada 15 años extrayendo el 20% del área basal frente a los 10 años en Aspurz extrayendo el 30% del área basal.

Las masas de Garde se planificaron a 100 años. En el Sistema Central se planifican a turnos de 100-120 años (Montero et al, 2001) y para obtener madera de mejor calidad y alto precio se aconseja aumentar la edad de corta a 120-140 años, ya que a edades mayores de 140 años puede haber problemas sanitarios causados por el hongo *Fomes pini* (Montero et al, 1992).

En el Manual de Gestión de los hábitat de Pino Silvestre en Castilla y León (González, 2006) se recogen distintos tratamientos de claras para masas de pino silvestre de calidad >20. En todos los tratamientos la densidad de la masa inicial antes de las claras está entorno a los 1050-800 pies/ha y 14m de altura dominante. Estos datos contrastan con los de las parcelas de Garde donde la densidad de masa inicial rondaba los 3000 pies/ha para una altura dominante aproximada a 14m.

Autores como Montoya y Mesón (2004) creen que salvo en determinadas selviculturas especiales y debido a que no son muy económicas y se extrae la madera de menor tamaño, las claras bajas deberían limitarse sólo a las últimas claras, cuando los árboles dominantes superan los 30 cm de diámetro a 1,30 m del suelo. Sin embargo, suele ser una práctica abusiva en España, debido a su fácil comprensión en comparación con otro tipo de claras y al mejor aspecto del monte tras las mismas. Aconsejan además que las primeras claras a realizar sean claras altas además de las sistemáticas, en vez de claras bajas como se realizó en Garde.

Estudios realizados en Alemania, sugieren que los principales tratamientos deberían hacerse en la primera mitad de la rotación, puesto que según los estudios es en ese tiempo cuando la capacidad de recuperación tras las claras es mayor (Burschel y Huss, 1997). En el caso de que esas recomendaciones se realizaran en Garde, prácticamente ya no se harían más tratamientos, puesto que con una edad entorno a los 50 años las masas se encuentran en la mitad del turno.

En Finlandia se han realizado estudios por medio de un microdensitometro de rayos X, midiendo la densidad de la madera con el objetivo de que sea un indicador a la hora de planificar las claras (Peltola et al., 2007). Según los ensayos realizados, la densidad de la madera no se redujo de manera significativa a pesar de que el crecimiento radial sí que aumentó de forma significativa, para una densidad tras las claras de 575-850 pies/ha (recomiendan una densidad post clara de 700pies/ha después de claras fuertes en una etapa temprana del desarrollo de las masa). Sin embargo sí que han visto diferencias en la densidad de la madera variando la intensidad de las claras.

Un ejemplo muy próximo es el de Aspurz, ya que en las parcelas experimentales de Aspurz en el año 2009 se realizaron las segundas claras, mientras que en Garde se espera que se hagan próximamente. Cabe destacar que entre dos lugares tan próximos, el índice de calidad de las masas de pino silvestre sea diferente, 23 en Garde y 27 en Aspurz. El Ayuntamiento de Garde ya ha realizado la subasta para la realización de las claras, pero debido a la variabilidad que hay en las parcelas y la variabilidad de los trabajos forestales no parece fácil realizarlas, teniendo en cuenta la viabilidad económica.

De haber habido datos registrados de más años, mediante un seguimiento más continuo en los últimos 14 años, se podría hacer un seguimiento más exacto del efecto y la duración de las claras en las parcelas de Garde.

6. CONCLUSIONES

1. El efecto de las claras sobre el número de árboles sigue manteniéndose 14 años después, ya que con la eliminación de competencia se ha reducido también la mortalidad. Hay diferencias significativas en cuanto al número de los árboles muertos entre las parcelas testigo y las aclaradas, pero no entre los tratamientos de claras. Sin embargo hay una tendencia a disminuir el número de árboles muertos y el número de árboles con copa rota al aumentar la intensidad de clara.
2. En lo que a la estructura sociológica del rodal se refiere, catorce años después de las claras vuelve a haber competencia ya que hay individuos ocluidos por la dominancia de otros.
3. Las claras tuvieron efecto en el crecimiento diametral y afectaron a los individuos de todas las clases sociológicas de forma semejante, ya que en las parcelas donde se realizaron claras los árboles de todas las clases sociológicas tuvieron significativamente mayor diámetro que los de las parcelas testigo. No hubo diferencias significativas ni ninguna tendencia entre los tratamientos de claras que eliminaron en 1999 el 20 o 30% del área basal presente ese año.
4. En cuanto al área basal, no hubo diferencias significativas ni entre las parcelas testigo ni entre las parcelas aclaradas. Sin embargo parece ser que las claras sí que han tenido efecto en el área basal a nivel de clases sociológicas, ya que hay una tendencia a aumentar el área basal que representan los árboles intermedios y codominantes conforme se intensifica la clara y disminuye el área basal que representan los árboles dominados. El área basal total fue mayor en las parcelas testigo 14 años después de las claras. Esto indica que el efecto de las claras de 1999 se mantiene por que el área basal de las parcelas aclaradas aún no se ha igualado al de las parcelas testigo.
5. El efecto de las claras sobre la altura de los árboles se limita a producir un incremento de altura en los árboles intermedios y codominantes de las parcelas aclaradas comparados con las parcelas testigo, pero este efecto no es estadísticamente significativo en todos los casos. La altura de los árboles más altos (dominantes) y más bajos (ocuidos) no fue afectada por las claras.

6. La clasificación sociológica realizada visualmente fue adecuada, ya que los árboles dominantes fueron los de mayor diámetro medio, seguidos por los codominantes y éstos por los intermedios, siendo los árboles ocluidos los de menor diámetro medio. La altura media de los árboles siguió el mismo patrón que el diámetro medio, por lo que este tipo de metodología parece adecuada para este tipo de estudios.

7. BIBLIOGRAFÍA

Ansó, M. (2008). *Influencia de las claras en el desfronde de dos bosques del pirineo Navarro entre los años 2000 y 2006*. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Pública de Navarra. Departamento de Ciencias del Medio Natural.

Asociación Nacional Maestros de Ciencias de la Tierra. (2012). Ventanas al Universo. Disponible en: <http://www.windows2universe.org/windows.html&lang=sp>

Arias, M. (2014). *Influencia a largo plazo de las claras forestales en el sotobosque de bosques de pino del Pirineo Navarro: Observaciones tras 13 años*. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Pública de Navarra. Departamento de Ciencias del Medio Natural.

Barón, F.J. y Téllez, F. (2011). *Apuntes de bioestadística*. Capítulo 5: Diferencias que presenta una variable numérica entre varios grupos. Universidad de Málaga. Disponible en: <http://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap05.pdf>.

Blanco, E. (1997). *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*. Pinares eurosiberianos, 147-171. Planeta

Blanco J.A., Zavala M.A., Imbert J.B., Castillo F.J. (2004). *Sostenibilidad de las prácticas forestales en masas de Pinus sylvestris L. en el Pirineo navarro. Evaluación mediante un modelo de proceso*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 18, 39-44.

Blanco J.A., Zavala M.A., Imbert J.B., Castillo F.J. (2005). *Sustainability of forest management practices: Evaluation through a simulation model of nutrient cycling*. Forest Ecology and Management, 213: 209-228.

Blanco J.A., Imbert J.B, Castillo F.J. (2006). *Influence of site characteristics and thinning intensity on litterfall production in two Pinus sylvestris L. forests in the western Pyrenees*. Forest Ecology and Management, 237: 342–352.

Blanco J.A., Imbert J.B, Castillo F.J. (2009). *Thinning affects nutrient resorption and nutrient-use efficiency in two Pinus sylvestris stands in the Pyrenees*. Ecological Applications, 19: 682–698.

Burschel, P., Huss, J. (1997). *Grundriß des Waldbaus*. 2nd Edition. Parey Buchverla. Berlin.

Castillo, F.J., Imbert, J.B., Blanco, J.A., Traver, C., Puertas, F. (2003). *Gestión forestal sostenible de masas de pino silvestre en el Pirineo Navarro*. Ecosistemas 2003/3.

Crecente-Campo F., Pommerening A., Rodríguez-Soalleiro R. (2009). *Impacts of thinning on structure, growth and risk of crown fire in a Pinus Sylvestris L. plantation in northern Spain*. Forest Ecology and Management, 257: 1945-1954.

Del Río, M. y Montero, G. (2001). *Modelo de simulación de claras en masas de Pinus sylvestris L.* Monografías I.N.I.A. Forestal Nº 3. Madrid.

Del Río, M., Montero, G., Bravo, F. (2001). *Analysis of diameter-density relationships and self-thinning in non-thinned even-aged Scots pine stands.* Forest Ecology and Management, 142: 79-87.

Del Río, M., López, E., Montero, G. (2006). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León.

Del Río M., Calma R., Cañellas I., Roig D. y Montero, G. (2008). *Thinning intensity and growth response in SW-European Scots pine stands.* Ann. For. Sci. 3:308–318

Eslava C. (2008). *Influencia de las claras y el tipo de dosel arbóreo en el desfronde y la traslocación de un bosque mixto del Pirineo Navarro.* Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Pública de Navarra. Departamento de Ciencias del Medio Natural. Pamplona.

Floristán, S.A. (1995). *Geografía de Navarra. El solar-1.* Editado por Diario de Navarra. Pamplona.

Floristán, S.A. (1995). *Geografía de Navarra. Las comarcas-1.* Editado por Diario de Navarra. Pamplona.

Gobierno de Navarra. (1998a). *Memoria del mapa de cultivos y aprovechamientos de Navarra.* Hoja 143-III, Navasucés. Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación. Pamplona.

Gobierno de Navarra. (1998b). Plan Forestal de Navarra. Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda. Pamplona.

Gobierno de Navarra. (2014). Meteorología y Climatología de Navarra. Disponible en: <http://www.meteo.navarra.es>

Haglöf Sweden AB. (2007). Guía de Usuario de Vertex IV y Transponder T3. Disponible en: www.haglofsweden.com

Hart, C. (1991). *Practical forestry for the agent and surveyor.* Alan Sutton.

Hawley, R. y Smith, D. (1982). *Silvicultura práctica.* Ediciones Omega. Barcelona.

Huss, J. (1983). *Thinnings in young pine plantations.* Forstw. Cbl. 102: 1–17.

Iriarte A. y Puertas F. (2003). *Thinning experiment in a natural stand of Pinus sylvestris L. In Aspuz (Navarre).* Proceedings of IUFRO Conference Silviculture and sustainable management in mountain forests in the western Pyrenees, Navarra. Septiembre 19-23.

Loidi, J. y Bascónes, J.C. (1999). *Memoria del mapa de series de vegetación de Navarra.* Editado por Gobierno de Navarra. Pamplona.

Mäkinen, H., Isomäki, A. (2004). *Thinning intensity and growth of Scots pine stands in Finland.* Forest Ecology and Management, 201: 311–325.

Montero, G., Rojo, A., Alía, R. (1992). *Determinación del turno del Pinus sylvestris en el Sistema Central*. Montes, 29: 42-48.

Montero, G., Rojo, A., Álvarez, M.F., Del Río, M. (2001). *Aspectos selvícolas y económicos de los pinares de Pinus sylvestris L. en el Sistema Central*. Estudios Agrosociales y Pesqueros, 193: 27-56.

Montero, G., Cisneros, O., Canellas, I. (2003). *Manual de silvicultura para plantaciones de especies productoras de madera de calidad*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Montoya, J.M. y Mesón, M. (2004). *Silvicultura*. Tomo II. Fundación Conde del valle de Salazar. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.

Nordstokke, D.W. y Zumbo, B.D. (2007). *A Cautionary Tale About Levenes Tests for Equal Variances*. Journal of Educational Research and Policy Studies, 7: 1-14.

O'Hara, K. L. (1988). *Stand structure and growing space efficiency following thinning in an even-aged Douglas-fir stand*. Canadian Journal of Forest Research, 18: 859-866.

Oliver, C.D. y Larson, B.C. (1996) *Forest stand dynamics*. Wiley. New York.

Pardo F., Velasco, A. y Gil, L. (2006). *Tercer Inventario Forestal Nacional. 1997-2006. La transformación histórica del paisaje forestal en Navarra*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Peltola, H., Kilpeläinen, A., Sauvala, K., Räisänen, T., Ikonen, V.P. (2007). *Effects of early thinning regime and tree status on the radial growth and wood density of Scots pine*. Silva Fennica, 41(3): 489–505.

Peterken G.F. (1996). *Natural woodland: ecology and conservation in Northern temperature regions*. Cambridge University Press. Cambridge.

Primicia, I. (2012). *Influence of thinning and canopy type on the internal nutrient cycling and the secondary growth of Pinus sylvestris L. in a mixed forest in the Pyrenees*. Tesis Doctoral. Universidad Pública de Navarra. Pamplona.

Romanyk, N. y Cadahia, D. (2002). *Plagas de insectos en las masas forestales*. Mundi-Prensa. Madrid.

Smith, R.B. y Smith T.M. (2002). *Ecología*. Capítulo 30: Bosques templados. 487-499. Addison Wesley. Madrid.

Smith, D., Larson, B., Kelty M., Ashton P.M. (1997). *The practice of silviculture. Applied forest ecology*. John Wiley & sons, Inc.

Sola, A. (1999). *Geografía general de Navarra*. Editado por Gobierno de Navarra. Pamplona.

Terradas, J. (2001). *Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Ediciones Omega S.A. Barcelona.

Thomas, P.A. y Packham, J.R. (2007). *Ecology of woodlands and forests. Description, dynamics and diversity*. Cambridge.

Torres, J. (1998). *Patología Forestal*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Zudaire, E. (2009). *Influencia de las claras, el tipo de dosel y la clase diamétrica en la biomasa aérea de Pinus sylvestris en un bosque del Pirineo Navarro*. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Pública de Navarra. Departamento de Ciencias del Medio Natural. Pamplona.