



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | **Plasencia**
Cáceres, Extremadura

7CFE01-293

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Aplicación de fotografías hemisféricas para determinar el impacto de la apertura de claros sobre el desarrollo de plantaciones bajo cubierta y la regeneración natural

ARIZPE OCHOA, D.¹, GARGALLO BELLÉS, V.¹, HERREROS GARCÍA, R.¹, HUESCA CALATAYUD, S.E.¹, ROMERO CUENCA, G.², SALVADOR IBORRA, B.³, TASA CANDELA, M.⁴ y TORRIJOS SÁNCHEZ, J.⁴

¹ Centro para la Investigación y la Experimentación Forestal (CIEF-VAERSA)

² Servicio Territorial de Medio Ambiente de la Dirección Territorial de Castellón de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural.

³ Estudiante de la Universitat de València en prácticas.

⁴ Estudiante de la Universitat Politècnica de València en prácticas.

Resumen

Este trabajo presenta los resultados del proyecto de restauración forestal LIFE Renaix el Bosc que tiene como objetivo principal la mejora del hábitat prioritario del *Tilio-Acerion* en los LIC'S de l'Alt Maestrat y de la Tinença de Benifassà, Turmell y Vallivana, ubicados en el interior montañoso de la provincia de Castellón. Los trabajos de restauración realizados han consistido en claras y clareos de diferente intensidad en pinares de *Pinus nigra* subsp. *Salzmanii* y *Pinus sylvestris* de diferentes edades y estructuras, proseguidos por la plantación bajo cubierta de 26 especies de árboles y arbustos que forman parte de las tiledas mediterráneas.

La evaluación del impacto de los tratamientos se ha llevado a cabo mediante la medición de la vitalidad y el desarrollo de las plantas frente diferentes grados de apertura de claros en el dosel arbóreo. La metodología aplicada ha sido la toma de fotografías hemisféricas de la cobertura y su posterior tratamiento digital, así como la medición de la densidad y área basimétrica. Para evaluar el desarrollo de las plantas se ha medido la mortandad, vitalidad y crecimiento longitudinal. Primeras observaciones indican que la regeneración natural puede verse favorecida por los tratamientos, sin embargo no es tan evidente en las plantaciones.

Palabras clave

Restauración forestal, repoblaciones, red Natura 2000, bosques mixtos, *Tilio-Acerion*.

1. Introducción

La gestión forestal de las zonas montañosas marginales en las últimas décadas se caracteriza por una reducción casi total de las actividades de explotación de los recursos forestales maderables, debido, principalmente, a su baja rentabilidad y al éxodo masivo de sus habitantes (Soriano, 2003). Este llamado “abandono” del bosque ha propiciado que la vegetación nativa se regenere y que las especies leñosas colonicen de forma lenta pero constante antiguas zonas de cultivos y pastos. Muy a menudo, estas nuevas áreas arboladas están compuestas por formaciones de coníferas de muy alta



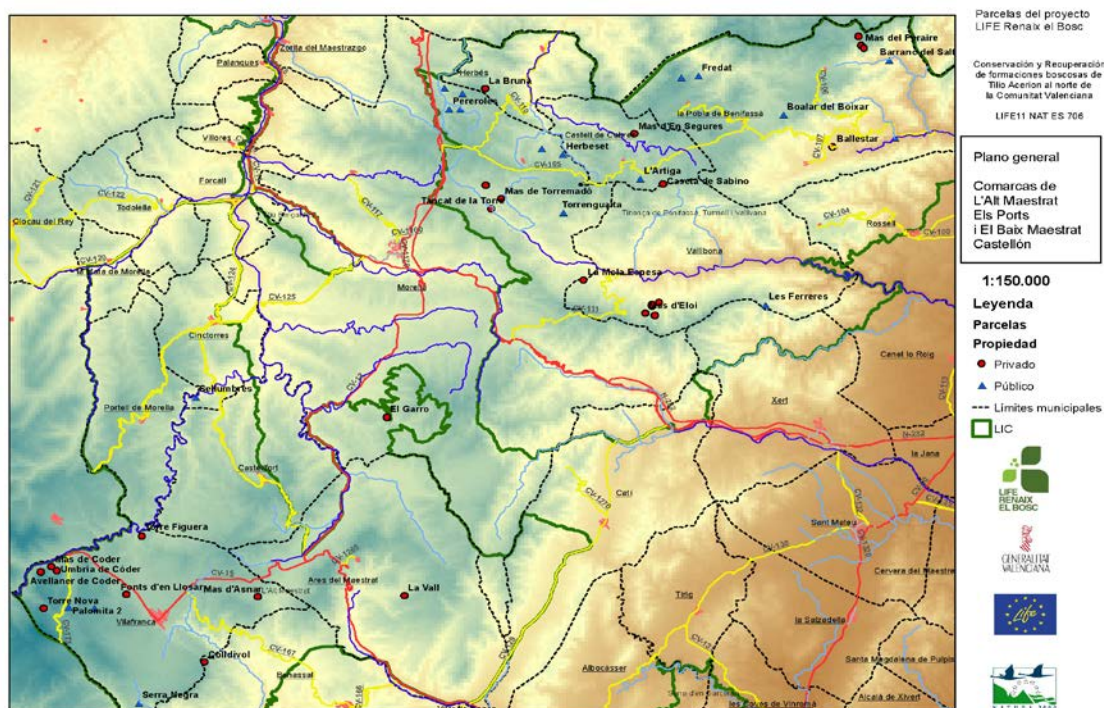
densidad y muy baja diversidad y que pueden generar algunos problemas de gestión como, por ejemplo, el aumento del riesgo de incendio (Jactel et al. 2009). En la zona afectada por las

actividades desarrolladas en el contexto de este trabajo, este fenómeno es muy habitual. De forma muy especial en las laderas de umbría y bancales agrícolas abandonados con suelos fértiles, en donde, las condiciones edáficas y de humedad son más propicias para el desarrollo de la vegetación.

El proyecto LIFE Renaix el Bosc se desarrolla en las comarcas de l'Alt y el Baix Maestrat y els Ports en la provincia de Castellón y tiene como principal objetivo el fortalecimiento de las tiledas mediterráneas mediante una serie de acciones dirigidas a corregir el estado de extrema fragilidad en el que se encuentran. La medida principal es la eliminación de la competencia mediante clareos de los bosques de regeneración que se han desarrollado en zonas que potencialmente pueden albergar el hábitat objetivo. Se trata de sitios frescos y húmedos de barrancos umbrosos y fondos de valle con suelos fértiles de alto contenido en materia orgánica. La finalidad de estos tratamientos es, por un lado, abrir espacios para reintroducir las especies principales del hábitat mediante plantaciones bajo cubierta y, al mismo tiempo, promover el desarrollo y regeneración natural de los individuos de las especies del hábitat que ya están presentes en esos espacios. Lo que se pretende alcanzar es el desarrollo de bosques mixtos que presenten mejores condiciones de resiliencia y resistencia a perturbaciones que los pinares monoespecíficos que encontramos en muchos de estos espacios (Vallejo et al. 2006).

Los bosques de laderas, desprendimientos o barrancos del *Tilio-Acerion* son un hábitat prioritario de la red Natura 2000 y están representados en territorio valenciano por pequeños fragmentos de bosque distribuidos por las montañas del Maestrat y Els Ports. Constituyen refugios post-glaciares para algunas de sus especies más representativas, algunas de ellas específicas de la Región Mediterránea y otras con su óptimo de distribución actual situado en latitudes más septentrionales (Fabregat y Ranz 2015). En el proyecto se trabaja con 26 especies de árboles y arbustos, según la descripción de Crespo et al. (2008) para las tiledas del Sistema Ibérico Oriental.

Figura1. Zona del proyecto LIFE Renaix el Bosc y ubicación de las parcelas en la provincia de Castellón.



Las plantaciones bajo cubierta son una práctica habitual en el mediterráneo mediante la cual se pretende aumentar la diversidad vegetal de esas masas forestales y mejorar sus condiciones ecológicas introduciendo especies con diversas características funcionales como rebrotadoras o productoras de frutos carnosos (Vallejo et al. 2006). Gavinet y colaboradores (2015) afirman en un reciente artículo que para mejorar el éxito de estas repoblaciones es necesario reducir considerablemente la densidad de la vegetación dominante.

En el caso de este proyecto se han llevado a cabo plantaciones bajo cubierta en aproximadamente 265 HA distribuidas en 40 parcelas. En algunas de ellas ha sido necesario reducir previamente la densidad de la vegetación, formada, principalmente, por los pinos laricio y silvestre. Tras los tratamientos selvícolas, se han reintroducido aproximadamente 23.000 plantas de 26 especies, entre las que destacan dos de las especies más características del hábitat y, al mismo tiempo, escasas en el territorio valenciano como *Tilia platyphyllos* y *Ulmus glabra*. Ambas especies fueron incluidas en el Anexo I del Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas con la categoría de vulnerables. Desde el CIEF se trabaja desde hace más de 20 años en la conservación *ex-situ* de estas dos especies y de los recursos genéticos de sus escasas poblaciones. La financiación de este proyecto mediante el programa LIFE (código LIFE11 NAT ES 706) permite aumentar esta estrategia a medidas de conservación de mayor alcance, realizando refuerzos poblacionales y la creación de nuevos núcleos.



Figura 2. Representación valenciana del interior del hábitat prioritario 9180 de los bosques de laderas, desprendimientos o barrancos del Tilio-Acerion.

2. Objetivos

En el presente artículo se presentan los resultados de las acciones de seguimiento de los trabajos de conservación del proyecto. Se evaluará el impacto de los tratamientos selvícolas y el éxito de las plantaciones mediante la obtención de indicadores. También se pretende encontrar una relación entre la intensidad de los tratamientos selvícolas dirigidos a reducir la competencia y el desarrollo de las plantaciones y la regeneración natural.

3. Metodología

Es importante destacar que se trata de datos obtenidos en un proyecto de restauración ecológica y no en un proyecto de investigación en donde el diseño de las parcelas tiene una finalidad experimental que permite un tratamiento estadístico más fiable. La descripción de la metodología se

divide en 4 apartados: elección y características de los sitios de trabajo, inventarios forestales, seguimiento de las plantaciones y fotografías hemisféricas.

3.1. Características de las parcelas de trabajo y las plantaciones

Las parcelas de donde provienen los datos del presente trabajo son las parcelas de trabajo del proyecto LIFE Renaix el Bosc. Para su elección, en el contexto del proyecto, se llevó a cabo un estudio de modelación de distribución de especies (Arizpe *et al.*, 2015) para determinar las condiciones que deben cumplir los sitios escogidos. Dicho de forma resumida, se requieren zonas por encima de los 1000 m.s.n., en laderas con orientación norte o noreste y con suelos fértiles, con buen drenaje y alto contenido en materia orgánica. Para la elaboración de este artículo no se han utilizado datos de todas las parcelas del proyecto. Tomando en cuenta la duración del proyecto, que se inició en 2013 y aún no ha finalizado, no todos los sitios estaban ya en condiciones de ser evaluados. Las parcelas de este trabajo son las que ya habían sido tratadas y plantadas hasta primavera de 2016.

Los tratamientos selvícolas se han llevado a cabo durante los inviernos 2013-14 y 14-15 y han consistido en apeo con motosierra, desramado, trituración de restos y desembosque de los fustes a cargadero. Para las plantaciones se ha utilizado planta producida en los mismos viveros de la Generalitat Valenciana específicamente para el proyecto. Los materiales de reproducción provienen exclusivamente de las poblaciones locales y fueron recolectados por el personal del Banc de Llavors Forestals para este proyecto. La planta se ha servido en bandeja forestal de diferentes tamaños según las necesidades de la especie. En el tajo, el ahoyado ha sido manual de 40x40x40 cm y se ha colocado un protector de 120 cm de alto y 30 cm de ancho tipo CLIMANET + para evitar daños por la fauna silvestre.

3.2. Inventarios forestales

Con el fin de asegurar un error admisible en el muestreo, se han tomado datos en un mínimo de 3 parcelas de muestreo por parcela de Proyecto (incluso en parcelas cuya superficie es inferior a 3 ha) o 1 parcela de muestreo por cada 2 ha de vegetación arbolada, en el caso de parcelas con mayor superficie. La ubicación de las parcelas de muestreo ha sido sistemática, reubicando aquellas que caían sobre zonas claras o límites de la parcela de actuación. Se han levantado parcelas circulares de 10 m de radio utilizando un hipsómetro/distanciómetro vertex 3. En cada parcela se han medido los diámetros normales con una forcípula de brazo móvil de todos los pies con un diámetro normal (dn) mayor a 7,5 cm de las diferentes especies. También se ha medido la altura de 2 árboles tipo, los situados más al norte y más al sur de la parcela.

Con el tratamiento de los datos obtenidos calculamos el Área Basimétrica (AB) y la densidad de pies por hectárea.

El AB es la suma de las superficies de las secciones de todos los troncos medidos a la altura normal (1,3 m), expresada en m²/ha y se calcula con la siguiente fórmula:

Los inventarios forestales se llevaron a cabo antes y después del tratamiento selvícola en los mismos puntos.

3.3 Seguimiento de las plantaciones

El seguimiento de las plantaciones consiste en la realización de una serie de mediciones y estimaciones visuales para determinar la vitalidad de la planta y calcular parámetros vitales como el crecimiento anual.

Estas mediciones se han llevado a cabo sobre una muestra representativa de cada una de las diferentes parcelas. El número de individuos muestreados en cada plantación (n) se ha calculado mediante la siguiente fórmula, aceptando un error de muestreo del 5% (nivel de confianza del 95%):

$$n = \frac{k^2 Npq}{e^2 (N-1) + k^2 pq} \quad \text{donde:}$$

$k = 1,96$, $N =$ n.º de individuos de la población o n.º total de plantas en la parcela, $p = 0,5$; $q = 0,5$ y $e = 0,05$.

Una vez calculado el número de individuos a muestrear, estos se reparten entre diferentes parcelas de muestreo, con el fin de homogeneizar el muestreo entre el total de la superficie de plantación. En cada una de estas parcelas se han medido entre 80 y 160 plantas, en función del total de individuos a muestrear. Se toman los siguientes datos:

- fecha y hora del muestreo
- coordenadas del centro de la parcela
- SP: se determina la especie pertenece y se anota mediante una codificación numérica
- V/M: se anota si la planta está viva (V) o muerta (M)
- VITAL/ NO VITAL: se anota la vitalidad (V) o no vitalidad (NO V) de la planta
- PROTECTOR: se anota si la planta conserva el protector (SI) o no lo conserva (NO)
- Daños: en caso de observarse daños en la planta se anota la posible causa (ramoneo, hongos, sequía, etc)
- crec. longitudinal: se anota el crecimiento anual en cm.
- Ht: se anota la altura total en cm.
- OBSERVACIONES: se rellena en caso de observar alguna anomalía no reflejada en las casillas anteriores.

3.4. Fotografías hemisféricas

La fotografía hemisférica es una técnica ampliamente utilizada en las ciencias forestales para caracterizar la estructura y arquitectura del dosel arbóreo y la radiación solar que llega sotobosque, entre otras cosas (Rich, 1989). Consiste en la adquisición de una fotografía cenital con un lente gran angular de 180° o ojo de pez. Las fotografías son posteriormente tratadas digitalmente con software específico para calcular el porcentaje de claros del dosel.

EL material usado para la adquisición de las fotografías fue una cámara réflex digital EOS 1000D de la marca Canon con un lente de 8 mm de profundidad fotográfica con una visión de ojo de pez y una apertura angular de 180°, de la marca Samyang de T3,8.

La fotografía se obtuvo colocando la cámara sobre un trípode, el cual había sido previamente calibrado con un nivel para obtener una foto cenital y con la parte superior de la cámara orientada al norte geográfico.

El programa utilizado para el calcular el porcentaje de claros en el dosel es el GLA (Gap Light Analyzer) de plataforma libre y es ofrecido en la página web oficial del Cary Institute of Ecosystems Studies (<http://www.caryinstitute.org/>).

Las fotografías fueron hechas en los mismos puntos en donde se obtuvieron los inventarios forestales para poder buscar posibles correlaciones entre los datos de los inventarios (AB y densidad) y la apertura de claros calculada.

4. Resultados

A continuación se presentan los resultados de los inventarios forestales, del seguimiento de las plantaciones y de las fotografías hemisféricas, así como la relación entre ellos.

En algunas parcelas fue posible adquirir una foto previa al tratamiento y otra posterior. Sin embargo, en la gran mayoría de parcelas no se obtuvo la foto previa. Para poder saber los cambios en el dosel en estas parcelas se realizó una regresión de dos variables entre los datos de los inventarios forestales (AB y densidad) y el porcentaje de apertura del dosel de las parcelas en donde si se cuenta con toda la información, tanto del estado previo como del posterior al tratamiento. Los resultados de la regresión se pueden ver en la tabla siguiente.

*Tabla 1. Resultado de la regresión exponencial entre el área basimétrica (AB) y la densidad y la apertura del dosel. La fórmula obtenida de esta regresión es: $y = b * (m1^{x1}) * (m2^{x2})$, en donde y = apertura del dosel en (%), $x1$ = AB en m^2/ha y $x2$ = la densidad en pies/ha.*

variable	valor	error estándar de la variable
b	56,67	0,12
M1	0,989952	0,003548
m2	0,999688	0,000051
R ²	0,71	0,238645
F	35,12	
grados de libertad	29	

En la tabla 1 se puede ver que el valor del coeficiente R² es de 0,71 , lo que demuestra una correlación clara entre las dos variables de los inventarios forestales y la apertura de claros calculada a partir de las fotografías. Este valor de correlación (R²) coincide con las observaciones de Parker (2014) en las que se relaciona la cobertura del dosel de pinares maduros con el área basimétrica, la densidad y la radiación total solar disponible bajo la cubierta arbórea.

A modo de ejemplo se presentan en la siguiente tabla los resultados de los inventarios y de las fotografías que se utilizaron para la regresión.

Tabla 2. Resultados medios de los inventarios y de las fotografías hemisféricas de las 5 parcelas del proyecto en las que se cuenta con todos los datos previos y posteriores al tratamiento forestal. Se trata de valores medios tomados en 4 puntos para las parcelas Segures, Artiga y Sabino y 3 en Llosar y Boix

PARCELA	INICIAL		FINAL		Diferencia				Apertura dosel (%)		
	Ab /ha (m ² /ha)	DENS (pie/ha)	Ab /ha (m ² /ha)	DENS (pie/ha)	Ab /ha (m ² /ha)	AB/HA Rel (%)	DENS (pie/ha)	DiffDens REL (%)	inicial	final	DIFERENCIA
SEGURES	48,41	2536,53	22,01	646,57	26,4	57	1889,96	0,72	16,75	43,46	26,72
ARTIGA	50,21	1090,21	32,22	509,3	17,99	36	580,92	0,53	24,86	40,13	15,27
SABINO	37,98	1209,58	29,63	636,62	8,35	22	572,96	0,47	19,87	37,27	17,4
Llosar	38,56	3066,67	21,17	1050,42	17,38	45	2016,24	0,65	13,18	37,29	24,11
Boix	28,52	763,94	21,79	541,13	6,73	23	222,82	0,29	20,25	40,73	20,48

En la tabla se puede ver que las parcelas presentaban condiciones iniciales muy heterogéneas entre sí en cuanto a densidades y estructura arbórea. Esto se aprecia en el hecho de que con densidades en pies/HA finales muy diversas (de 509 a 1050 pies/ha) se ha logrado una apertura de claros más o menos constante, al rededor del 40%.



Figura3. Fotografías hemisféricas de las parcelas l'Artiga (izq) y el Llosar (der) antes (arriba) y después (abajo) de los tratamientos.

Por otro lado, en la figura 3 se pueden ver fotografías del estado del dosel antes y después de los tratamientos en dos parcelas con estructuras muy diferentes. En las fotografías de la izquierda podemos ver a la parcela de l'Artiga propiedad del Ayuntamiento de Castell de Cabres. Se trata de un pinar maduro de unos 60 años (información de los habitantes de Castell de Cabres), con árboles de 15-20 metros de altura. En cambio, a la derecha tenemos la parcela las Fonts del Llosar en Vilafranca, de propiedad privada, en la que se observa un pinar muy denso de regeneración sobre bancals agrícolas. En el caso de la primera parcela se pasó de una densidad de 1000 a 500 pies/ha aproximadamente. En la segunda, en cambio, se partió de una densidad media inicial de mas de 3000 pies/ha, para quedar en una densidad final de un poco más de 1000 pies/ha.

Respecto a las plantaciones las 26 especies plantadas y evaluadas son las siguientes: *Acer campestre*, *A. monspessulanum*, *A. opalus* subs. *Granatense*, *Amelanchier ovalis*, *Buxus sempervirens*, *Coronilla emerus*, *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*, *Daphne laureola*, *Ilex aquifolium*, *Lonicera etrusca*, *L. xylosteum*¹, *Ononis aragonensis*, *Populus tremula*, *P. mahaleb*, *Prunus spinosa*, *Quercus faginea*, *Rhamnus alpinus*, *Ribes alpinum*, *Sorbus aria*, *S. domestica*, *S. torminalis*, *Taxus baccata*, *Tilia platyphyllos*, *Ulmus glabra* y *Viburnum lantana*.

¹ Los datos de las dos especies del género *Lonicera* utilizadas se tratan de forma conjunta.

Los resultados globales de las plantaciones en las 22 parcelas evaluadas se pueden observar en la gráfica de la figura 4. En esa gráfica se puede ver que los valores medios de todas las especies en todas las parcelas se mantienen relativamente constantes, lo que indica que no hay diferencias significativas claras en el comportamiento de las especies en las diferentes parcelas sometidas a diferentes tratamientos. Los datos de supervivencia global (línea amarilla) tampoco reflejan grandes diferencias entre las parcelas. Solamente dos parcelas, Barranc del Salt y el Boalar del Boixar presentan valores con diferencia significativa entre ellos.

Figura 4. Resultados de las plantaciones. En amarillo se puede ver porcentaje de supervivencia de los plantones. También se representa la media de los totales de todas las especies de los crecimientos anuales (rojo) y de la altura de las plantas (verde) en centímetros.

En este sentido, se llevó a cabo una prueba ANOVA de dos factores con una muestra por grupo en el que se analiza el crecimiento anual de las diferentes especies frente a los efectos de los factores especie y la apertura del dosel media de la parcela. Para este análisis de varianzas no se han utilizado los datos de todas las parcelas ni de todas las especies. Se dejaron fuera las especies las especies que no fueron plantadas en todas las parcelas y también las parcelas en las que no se llevó a cabo ningún tratamiento selvícola. La prueba se hizo con 17 especies y 15 parcelas. Se utilizó el valor medio de la apertura de claros calculado de las mediciones en 3 o 4 puntos en cada una de las parcelas, según su tamaño. Los resultados del análisis de varianza se pueden ver en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis de varianza de dos factores con una muestra por grupo. Crecimiento anual en función de la especie y la parcela.

Origen de las variaciones	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de Los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico Para F
Parcelas (Filas)	276,58	14	19,76	1,60	0,07962	1,74
Especies (Columnas)	2360,78	16	147,55	11,97	2,34E-022	1,69
Error	2760,80	224	12,32			
Total	5398,16	254				

El análisis de varianzas de la tabla 3 demuestra que no existen diferencias significativas de crecimiento de las plantas entre las parcelas ($F_{\text{crítico}} > a F$), sin embargo las diferencias en los valores de crecimiento sí son significativas entre las especies ($F_{\text{crítico}} < a F$). En la siguiente figura se puede ver el crecimiento medio de todas las especies en cm en función de la apertura de claros del dosel en %. A pesar de no haber encontrado diferencias significativas en la prueba anterior, en la gráfica se puede ver una cierta tendencia a aumentar el crecimiento con apertura de claros (eje x) entre los valores 35 y 41 %.

Figura 5. Crecimiento medio de las 17 especies que se han plantado en todas las parcelas analizadas en función de la apertura de claros.

En un segundo análisis de varianzas se agrupan los valores de apertura de claros en los tres grupos observados: Grupo 1= 25-34 % , grupo 2= 35-40 % y el grupo 3 > 40 %. En esta ocasión se realiza un ANOVA de dos factores con varias muestras por grupo. Los resultados de esta prueba se pueden ver en la tabla 4.

Tabla 4. Análisis de varianza de dos factores con 5 muestras por grupo. Crecimiento anual en función de la especie y la parcela.

Origen de las Variaciones	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de Los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico Para F
Grupos	120,83	2	60,41	4,86	0,0087008	3,04
Especies (columnas)	2360,78	16	147,55	11,86	1,43 E-21	1,69
Interacción	378,84	32	11,84	0,95	0,5465918	1,50
Dentro del grupo	2537,72	204	12,44			
Total	5398,16	254				

Como era de esperar, en esta ocasión sí se obtienen diferencias significativas entre los grupos de parcelas agrupadas según los diferentes rangos de apertura de claros en el dosel. Los valores más

altos de crecimiento longitudinal se obtienen con aperturas de la cubierta arbórea de entre un 35 y un 40 %.

5. Discusión

Los resultados no arrojan una relación clara entre el comportamiento de las plantaciones (supervivencia, altura total y crecimiento longitudinal) y la apertura de claros por los tratamientos. Muy probablemente, para consolidar estas primeras observaciones, deberán repetirse las evaluaciones más veces para poder determinar el comportamiento de estas plantas y las interacciones de competencia con el resto de la vegetación durante una serie temporal mayor.

Sin embargo, el hecho de encontrar alguna diferencia significativa en los valores de crecimiento anual para la media de todas las especies en las parcelas con valores medios de apertura de claros (grupo 2, ver figura 5) resulta en cierto modo esperable y coincide con las observaciones de Gavinet *et al* (2015). Esto se puede deber a que se trabaja con especies más sensibles al estrés hídrico y a las altas temperaturas que las especies más típicas de clima mediterráneo. Estas especies pueden verse favorecidas en condiciones de media sombra respecto a sus tasas de crecimiento longitudinal frente a sitios con una exposición solar mayor o sitios con una fracción de cabida cubierta alta que reduzca el paso de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) a niveles que limiten el crecimiento de las plantas.

No obstante, no todas las especies se han manifestado de la misma forma. En la gráfica 6 se puede ver el comportamiento individual de cada una de estas especies en los diferentes grupos de parcelas. De las 17 especies evaluadas 10 especies presentaron crecimientos mayores en las parcelas del grupo 2; 2 especies manifestaron los mínimos en este grupo; 2 especies aumentaron los valores de crecimiento según aumentaba la apertura de claros (*Sorbus aria* y *Acer Monspesulaum*) y 4 especies han sido insensibles a los cambios en la exposición solar.

Figura 6. Comportamiento de las diferentes especies en cuanto a su crecimiento anual (L).

De estos resultados resulta interesante resaltar que las especies con crecimientos medios más altos *Lonicera* sp. y *Coronilla emerus* se encuentran entre las especies que han demostrado una diferencia más marcada de mayor crecimiento en el grupo 2, lo cual resulta lógico debido a que el tejido vegetal aéreo de estas dos especies no es tan lignificado y está más expuesto a la transpiración. Este efecto puede verse visto reforzado de forma muy especial el año en el que se midieron las plantas. En 2016 el verano fue especialmente caluroso y poco lluvioso, con una temperatura media en los meses de verano de aproximadamente 2°C por encima de la normal

histórica y una precipitación en el mes de agosto 68 % por debajo de lo normal (observatorio meteorológico de Morella, <http://www.morella.net/eltemps/>). También las especies principales del proyecto, *Tilia platyphyllos* y *Ulmus glabra*, se comportaron de esta manera. Por otro lado, las especies con crecimientos más bajos son las especies que no han demostrado diferencias de crecimiento entre los 3 grupos (exceptuando *Crataegus monogyna* y *Viburnum lantana*).

6. Conclusiones

El hecho de haber obtenido los datos de un proyecto de restauración y no en el contexto de un proyecto con un diseño experimental genera muchos problemas en el tratamiento de los datos. El no haber tenido parcelas control sin tratamientos y plantaciones bajo densidades más altas, es una barrera para poder sacar conclusiones más fiables. En el contexto de este tipo de proyectos financiados por el programa LIFE este no es el objetivo y los datos aquí obtenidos y las conclusiones presentadas son parte de los trabajos de evaluación de los trabajos de restauración.

A pesar de esta situación, de los resultados y de su interpretación es posible extraer algunas conclusiones que permiten desarrollar algunas recomendaciones prácticas para la gestión. En relación a la cobertura vegetal, el mejor desarrollo de las plantas se observa en las parcelas con una apertura de claros entre 35 y 40%. Estos son los valores que se ha estado intentando conseguir con los tratamientos en la gran mayoría de parcelas trabajadas.

No obstante, se debe ser cauteloso con la evaluación de este efecto y la recomendación anterior porque tasas de crecimiento altas no siempre están relacionadas con una mayor capacidad de las plantas a resistir condiciones climáticas más adversas (Gavinet et al 2015). Como ya se mencionó anteriormente, será necesario evaluar la mortandad y desarrollo de las plantas en series temporales mayores para poder extraer conclusiones más fiables. En todos los casos, esta recomendación deberá ajustarse a las necesidades de las especies a introducir y a la calidad de la parcela.

Por otro lado, el éxito de las repoblaciones es muy alto con un valor medio por encima del 90%, lo cual refleja que la metodología de restauración adoptada por el proyecto es la correcta y puede servir de modelo para ser aplicada en otros proyectos de restauración forestal.

Respecto a la metodología de evaluación y a los indicadores seleccionados, podemos decir que, con sus limitaciones, son interesantes para ser utilizados en proyectos de restauración por su bajo coste y simplicidad de aplicación.

En cuanto a la regeneración natural se puede decir que se han realizado inventarios florísticos en algunas parcelas. Sin embargo, serán necesarios periodos de tiempo más largos que permitan determinar un efecto de los tratamientos en el reclutamiento de otras especies. Primeras evaluaciones visuales dejan entrever que el efecto de los tratamientos en el desarrollo de las plantas que ya se encuentra allí de forma natural es mayor que en las repoblaciones. Sin embargo, esto tendrá que ser evaluado detenidamente.

7. Agradecimientos

Agradecemos de forma muy especial a los agentes medioambientales de la zona por su gran ayuda y apoyo. Ellos juegan un papel muy importante como enlace entre el medio rural y natural y los gestores y permiten adecuar las medidas planeadas en los despachos a la realidad del terreno. También agradecemos a los propietarios forestales que han colaborado con el proyecto LIFE Renaix el Bosc, poniendo a disposición sus terrenos para hacer la restauración y a los ayuntamientos de la zona

del proyecto. Todos ellos son los verdaderos guardianes de ese tesoro natural que esperemos haber puesto nuestro granito de arena para su conservación.

8. Bibliografía

ARIZPE OCHOA, D. HERREROS GARCÍA, R., BARBERÁ SORIANO, R. & ARIZPE E. (2015) Using species distribution modelling for the restoration of ravine forests (*Tilio-Acerion*) in the eastern end of the Iberian Mountain System. Communication at the 6th world conference on ecological restoration-Manchester UK, 23-27 August, 2015. (<http://www.agroambient.gva.es/ca/web/medio-natural/publicaciones-cientificas>)

CRESPO, M.B., PITARCH, R. y LAGUNA, E., 2008. Datos sobre las tiledas ibéricas (*Tilio-Acerion* Klika 1955). *Flora Montiberica* 39:3-13

FABREGAT LLUECA, C. Y RANZ AYUSO, J. (Ed.) 2015. Manual de identificación de los hábitats protegidos en la Comunitat Valenciana (Decreto 70/2009). Colección Manuales Técnicos Biodiversidad, 7. Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient, Canvi Climàtic i Desenvolupament Rural. Generalitat Valenciana. Valencia.

GAVINET, J., VILAGROSA, A., CHIRINO, E., GRANADOS, M.E., VALLEJO, R. & PRÉVOSTO, N. 2015. Hardwood seedling establishment below Aleppo pine depends on thinning intensity in two Mediterranean sites. *Annals of Forest Science* 72: 999–1008

JACTEL, H., NICOLL, B.C., BRANCO, M., GONZALEZ-OLABARRIA, J.R., GRODZKI, W., LÅNGSTRÖM, B., MOREIRA, F., NETHERER, S., ORAZIO, C., PIOU, D., SANTOS, H., SCHELHAAS, M.J., TOJIC, K. & VODDE, F. (2009) The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. *Annals of Forest Science*. 66:701–701.

PARKER, W.C., 2014. The relationship of stand structure with canopy transmittance: Simple models and practical methods for managing understory light conditions in eastern white pine (*Pinus strobus* L.)-dominated forests. *The Forestry Chronicle*, 90(4): 489-497.

RICH, P.M. 1989. A manual for analysis of hemispherical canopy photography. Los Alamos National Laboratory Report LA-11733-M.

SORIANO, J. (2003) Aprovechamiento histórico y situación actual del bosque en Castelló. Tesis doctoral defendida en la UJI.

VALLEJO, V.R., ARONSON, J., PAUSAS, J.G. & CORTINA, J. (2006), Restoration of Mediterranean woodlands. En: VAN ANDEL, J., ARONSON, J.(eds.) *Restoration Ecology: the new frontier*, pp 193–209. Wiley-Blackwell, Oxford.