



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-302

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

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Estado edáfico de una repoblación forestal protectora de 50 años en Retiendas (Guadalajara)

SERRADA HIERRO, R.¹ y GÓMEZ SANZ, V.²

¹ Sociedad Española de Ciencias Forestales. Pz Pablo Iglesias 1, 10º, 19001, Guadalajara.

² Departamento de Sistemas y Recursos Naturales. ECOGESFOR. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria s/n, 28040, Madrid.

Resumen

Se exponen los resultados de la caracterización edáfica de una repoblación que con finalidad protectora contra la erosión fue ejecutada hace 50 años en el término municipal de Retiendas (Guadalajara). Para ello se procedió a la descripción en campo del suelo, apertura de calicata, identificación de horizontes edáficos y muestreo de los mismos. A su vez, en el suelo donde no hubo tareas repobladoras (igual condición fisiográfica y semejante litofacies) se repitió el proceso de descripción y toma de muestras en el correspondiente perfil. A partir de los resultados de laboratorio y de la información recabada en campo se procede a la caracterización de las principales propiedades físicas, biológicas y químicas de los perfiles edáficos evaluados.

El área repoblada muestra suelos de textura algo desequilibrada, con un apreciable aumento de la presencia de arcillas a partir de los 40 cm, lo cual deriva en un cambio importante de permeabilidad (de muy permeable a poco permeable). Deficientemente humífero (con materia orgánica de calidad media) el perfil es de reacción fuertemente ácida y está totalmente descarbonatado. Si bien la presencia de arcilla es manifiesta a partir de los 40 cm, la elevada presencia de elementos gruesos (cuarcitas) determina una baja capacidad general de retención de agua. En comparación con el suelo en que no se hizo repoblación, el suelo repoblado no muestra un estado de degradación superior, sino que, al contrario, los indicios llevan a valorar un grado de edafización más avanzado, a pesar del escaso tiempo transcurrido desde la intervención repobladora.

Palabras clave

Fijación de carbono, restauración forestal, suelo, *Pinus pinaster*, *Cistus ladanifer*.

1. Introducción

Los efectos de las repoblaciones forestales realizadas con especies del género *Pinus* han sido muy debatidos en los últimos 30 años. Especialmente, y de modo genérico, se ha opinado acerca de los efectos que sobre las propiedades, en mayor medida las químicas, de los suelos pueden tener estas especies, casi siempre en el sentido de imputar efectos negativos (CASTROVIEJO et al., 1985; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 1986; VARILLAS, 2012). Habitualmente la referencia de comparación de los efectos de la repoblación forestal no es el estado de los suelos poblados por el matorral degradado que se sustituye, sino masas forestales de origen natural en zonas cercanas y que, con mejor o peor tratamiento, han defendido los suelos que las sustentan de procesos erosivos. Interesa, por tanto, analizar los efectos de las repoblaciones sobre las propiedades edáficas comparando con el estado del terreno sin repoblar y a lo largo de un tiempo suficiente.

Dentro de un estudio general para valorar los efectos hidrológicos, selvícolas, edáficos y botánicos de una repoblación de protección hidrológica de 421 ha, realizada en el monte nº 100 del CUP (Vallecina, Robledo y Bienes Comunales), monte situado en término municipal de Retiendas (Guadalajara), hubo ocasión de muestrear y analizar perfiles edáficos.

El referido trabajo más amplio se encuentra en el momento de redactar esta comunicación en prensa. Se presentan en esta aportación al 7CFE los resultados del estudio edáfico. Dado el carácter puramente descriptivo de esta comunicación y dada la necesidad de contar con espacio suficiente

para aportar fotografías que ilustren la información y faciliten la comprensión de lo expuesto, el tipo de comunicación es C.

2. Objetivos

El objetivo de la presente comunicación es comparar dos perfiles edáficos, uno sobre un terreno que representa el estado actual de una superficie similar a la que se repobló con fines protectores hace 50 años, y otro el que mantiene a dicha repoblación forestal.

3. Metodología

3.1. La repoblación

En este epígrafe se presentará, en primer lugar, una breve información sobre el estado legal de los montes y sobre su evolución. A continuación se dará cuenta de los datos y condicionantes del medio natural que mayor trascendencia tuvieron en el proyecto y ejecución de la repoblación.

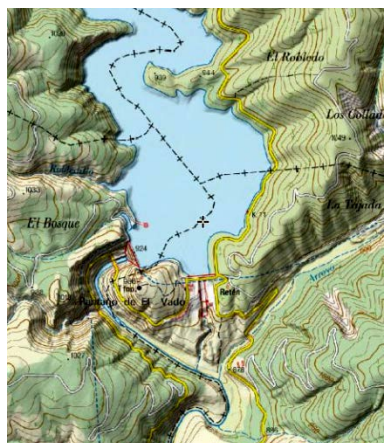
3.1.1. Estado legal

En 1945 se inicia la construcción del Embalse de El Vado, sobre el río Jarama en un punto que sirve de límite a los términos municipales de Valdesotos y Retiendas (Guadalajara). La obra se termina en 1950 y entra en servicio en 1954. La capacidad del embalse es del orden de 56 hm³, la presa cierra una cuenca de unas 38.200 ha, tiene una lámina de agua en máxima cota de embalse (924 msnm) de 260 ha. Su función es reforzar el abastecimiento de agua potable a Madrid a través del Canal de Isabel II. El estado de la cuenca y de zonas cercanas al vaso de embalse presentaba en aquella época fuerte erosión (figura 1). Se establece colaboración entre el Ministerio de Obras Públicas y el Ministerio de Agricultura (Patrimonio Forestal del Estado) para la restauración hidrológico-forestal de la cuenca (LÓPEZ-CADENAS, 1955).

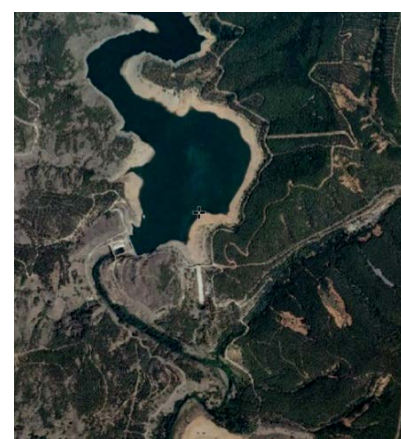
Se inicia la repoblación en 1955 con preparación del suelo mediante ahoyado manual y casillas de siembra. Se finaliza en 1964, tras haber incorporado la técnica de preparación del suelo mediante acaballonado con tracción animal.



Vuelo Americano Serie A 1945-1946. Fototeca Digital, IGN.



Iberpix. Topográfico 1:50.000.



Iberpix. PNOA. 2012.

Figura 1 - Ortofotos de la zona de localización del Embalse de El Vado en diferentes épocas. Se observan estados erosivos y resultados de la repoblación. En el mapa topográfico se observan comunicaciones y líneas de término municipal, siendo el término de Retiendas el de la zona inferior derecha.

En 1984 se producen las transferencias en materia de montes desde el ICONA a las Comunidades Autónomas y a partir de esta fecha es la Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha la administración responsable de la gestión. En la figura 1 se presentan ortofotos de la zona del Embalse de El Vado en fechas más o menos coincidentes con algunas de las citadas. El monte Bienes Comunes y parte de CUP 100 aparecen en el cuadrante inferior derecho.

3.2.2. Estado natural

La superficie en estudio, las 421 ha repobladas entre 1956 y 1964, tenía unas características y condicionantes derivados de su estado natural que se exponen resumidos a continuación.

En toda la extensión estudiada, el sustrato geológico es una formación superficial de carácter aluvial, conocida como *raña*. De edad miocénica, se corresponde con un material sedimentario detrítico, poco consolidado, no carbonatado, en la que destaca una matriz de textura muy heterogénea de tierra fina, rica en óxidos de hierro -color rojizo-, que soporta elementos gruesos de esquistos y cuarcitas, predominantemente redondeados. Se trata de una litofacies de gran vulnerabilidad frente a la erosión hídrica y al abarrancamiento, pues a su falta de consistencia, con gran facilidad para el desmoronamiento, se une una notable impermeabilidad, que potencia el flujo superficial de agua. Consecuentemente, es muy frecuente la presencia de cárcavas, que destacan en el paisaje por el color rojizo de la *raña* (figura 2).

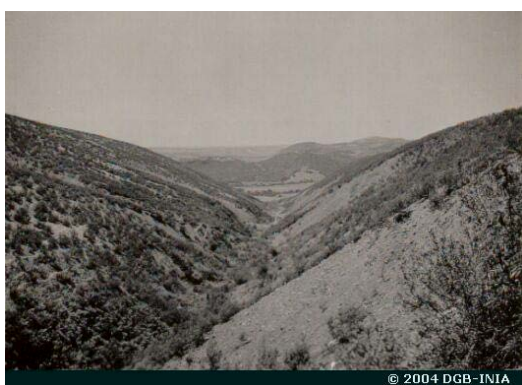


Figura 2- Arriba izquierda, Barranco de Valdelabadía en el UP 100, en 1941 (Fototeca Forestal). Arriba derecha, aspecto de la zona de la misma fotografía en 2016 (Foto: R. Serrada). Abajo, panorámicas del abarrancamiento sobre *raña* en el límite sur de la zona de estudio en 2015, Barranco de Celestino (Fotos: R.Serrada).

En relación con la *fisiografía*, el rango altitudinal va desde 900 a 1.100 m sobre el nivel del mar, altitud media 1.000 m. Las exposiciones son laderas alternantes de exposición a NW y SE. Las pendientes entre el 15 y el 35% ocupan aproximadamente el 40% de la superficie y las comprendidas entre el 35 y el 55% representan el 30%.

En relación con el *clima*, los datos procedentes de la estación del Embalse de El Vado, informan que se corresponde con un clima nemoromediterráneo genuino (VI (IV) 2) de Allué, con precipitación media anual de 793 mm, temperatura media anual de 12,1 °C, helada segura en enero y duración de la sequía de 2,5 meses.

En relación con la *vegetación* existente antes de la repoblación, consecuencia de actividades pastorales y de roturaciones para cultivo agrícola (ver figuras 1 y 2), en las Memorias informativas para consorcio de repoblación forestal redactadas en 1952 (PFE, 1952), se indica textualmente: *ausencia total de portes arbóreos en todo el terreno consorciado; matorral bastante denso en su totalidad y en su composición florística predomina Cistus ladaniferus, en menor proporción Quercus ilex en forma achaparrada, enebros, aliagas y espliegos*. En zonas colindantes no repobladas, a pesar de la desaparición del pastoreo en los últimos 20 años, la vegetación actual es similar a la descrita, aunque con mayor espesura. En cercanía a la zona repoblada aparecen añosos ejemplares sueltos y trasmochados de *Quercus pyrenaica* y *Quercus faginea*, que indican una antigua e intensa actividad pastoral.

Bajo estas condiciones, los suelos desarrollados están muy determinados por la singularidad del material mineral de partida o roca madre (raña). Si bien el componente tierra fina es el dominante, la elevada presencia de elementos gruesos condiciona aspectos como la profundidad y la capacidad de retención de agua, que suelen ser reducidas. La tierra fina es de textura franca-arcillosa, de lo que se deduce una permeabilidad global escasa, con manifestación frecuente de discontinuidades por cambio en la abundancia de las fracciones más finas. La materia orgánica aportada por el jaral no es de buena calidad para la humificación, con lo que son suelos deficientemente humíferos. Finalmente, y desde un punto de vista químico, son suelos totalmente descarbonatados, de reacción moderadamente ácida y libres de influencia salina. En epígrafe posterior, dedicado a presentar el detalle del estudio edafológico, se presentan resultados de la analítica edáfica en dos situaciones: en jaral que puede indicar las condiciones antes de la repoblación; y en pinar repoblado con edad de referencia de 50 años. Dichos resultados justifican las propiedades edáficas que se han expuesto.

3.3.3. Actuaciones de restauración

Se incluye en el presente epígrafe información sobre el proceso repoblador, agrupando en planificación, ejecución y mantenimiento.

3.3.3.1 Planificación

Teniendo en cuenta los antecedentes que se han expuesto, los muy notables procesos erosivos con abarrancamiento y reciente construcción del Embalse de El Vado, es evidente que el *objetivo* preferente de la repoblación fue la protección hidrológico-forestal en todo el monte. La división en *rodales* se fundamentó en la pendiente, condicionante de las posibles alternativas de preparación del suelo que luego se exponen.

Se consideraron como *especies compatibles* a: *Pinus pinaster*; *Pinus nigra*; *Pinus sylvestris*; *Quercus ilex* y *Quercus pyrenaica*. Se da como especie preferente a *Pinus pinaster*.

La *elección de especie*, como se verá en la ejecución, se centra la elección en *Pinus pinaster* y se utilizan, secundariamente, las otras cuatro especies mencionadas.

Como *método* de repoblación se aplican los dos posibles: plantación de modo generalizado para los pinos; y siembras por casillas para encinas y rebollos (Epifanio Moreno, com. pers.) y, en pendientes muy bajas, siembra por fajas para el pino rodeno. Finalmente, dentro de la planificación y en relación con la *densidad inicial*, en plantaciones se programa marco de 2 x 2 m, es decir densidad de 2.500 pies/ha.

3.3.3.2 Ejecución

La *preparación del suelo* fue diferente según las pendientes:

- en zonas llanas, pendiente inferior al 15%, se realizó un laboreo similar al agrícola con tracción animal y se sembró pino rodeno en fajas a voleo. Se trata de muy escasa superficie.

- en zonas de pendiente superior al 15% e inferior al 45%, la mayor parte de toda la superficie repoblada, se realizó una preparación del suelo con acaballonado mediante arado Brabant con tracción de bueyes (figura 3).

- en zonas con pendiente superior al 45%, se prepara el suelo mediante ahoyado manual.

En relación con los *desbroces*, el espeso matorral de jara pingosa es tratado mediante desbroce selectivo, parcial y por arranque, que fue por puntos en rodales con preparación por ahoyado manual, y en líneas en rodales con preparación del suelo por acaballonado con tracción animal.

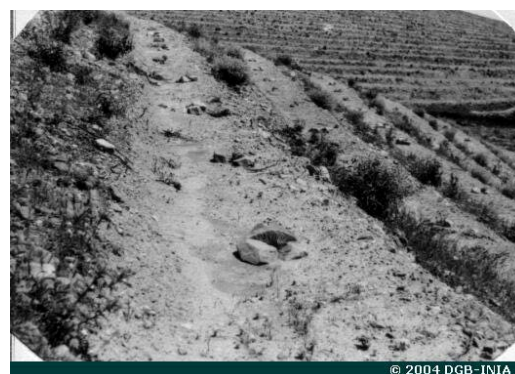


Figura 3 - Izquierda, los primeros bueyes que se destinan en Guadalajara a la preparación del suelo mediante acaballonado con Brabant. Al fondo, panorámica de una ladera preparada. Derecha, detalle de los acaballonados con desbroce simultáneo y de las tres piedras colocadas alrededor de la planta tras la plantación. Ambas fotos son de 1958 (Fototeca Forestal).

En relación con la introducción de las nuevas especies, se distingue en la exposición entre siembras y plantaciones. Las siembras de pino rodeno en fajas a voleo se hicieron en muy pequeña extensión y no se amplía comentario. Las *siembras* por casillas con tres o cuatro bellotas de encina y de rebollo se hicieron en los primeros años (1955, 1956 y 1957) en una superficie de unas 138 ha, sobre una preparación del suelo por ahoyado manual con plantación de pino rodeno como especie principal (Epifanio Moreno, com. pers.). En estos rodales, repoblados antes de la llegada de los bueyes, hubo muchas marras que fueron repuestas tras realizar el acaballonado, plantando pino rodeno, pino salgareño y pino silvestre.

Las *plantaciones*, forma generalizada de realizar la introducción de la nueva vegetación en ambos modos de preparación del suelo, se hicieron con planta a raíz desnuda de dos savias, de pino rodeno y, en menor medida, de pino salgareño y de pino silvestre. Se colocaban, cuando las había en

cercanía, tres grandes piedras alrededor de la planta, a modo de castillete, con el fin de evitar vegetación competidora, reducir evaporación del suelo y proteger del viento. Muchos de estos castilletes son reconocibles en la actualidad (figura 3).

3.3.3.3 Mantenimiento

En una primera fase, expuesta en un Acta de Confrontación administrativa de 1970, se cita la realización de operaciones de "limpias de arbolado" aplicadas a la totalidad de la superficie arbolada en esa fecha. Esta operación se supone que consiste en un desbroce puntual alrededor de la planta, si resulta necesario. Posteriormente se hicieron *claras*, en diferentes superficies que no alcanzan a la totalidad del monte, en 1985, 1988, 1993, 1995, 2012 y 2015, es decir, a edades de la masa del orden de 25, 35 y 45 años, con rotación de unos 10 años. Todas estas *claras* han sido autofinanciadas e incluso han proporcionado ingresos a la entidad propietaria. Los ingresos procedentes de las *claras* entre 1985 y 2015 alcanzan el importe de 85.200 € (Pedro Díaz, com. pers.). Quedan rodales en los que nunca se han realizado *claras*, sobre todo en los bordes de las cárcavas.

3.2. Descripción en campo del suelo y toma de muestras

Con el fin de evaluar el estado del suelo en el área repoblada, se procedió a la selección de un punto de muestreo que reflejara las condiciones medias de la repoblación forestal protectora realizada con *Pinus pinaster* como especie principal. A su vez y para facilitar la comparación con un suelo no afectado por las tareas repobladoras, se seleccionó un punto lo más próximo posible y que soporta un jaral con *Cistus ladanifer* como especie dominante. Ambas localizaciones se encuentran a la misma altitud (970 m s.n.m.), con 45% de pendiente y orientación SW, estando situadas en el límite sur de la repoblación, separadas por el barranco de Celestino (figura 4): una en su margen derecha, sobre repoblación de pino rodeno de unos 50 años de edad en la que nunca se han hecho *claras*; otra en su margen izquierda, sobre un jaral que representa el estado inicial de la repoblación o, con más propiedad, la situación alcanzada al no haberse realizado la misma.

Los trabajos de descripción de las localizaciones, apertura de calicatas y muestreo de los correspondientes perfiles se realizó en diciembre de 2014. En la figura 5 se presentan imágenes de cada calicata y de su entorno.

Las muestras de suelo fueron remitidas para su analítica al laboratorio del ITAGRA (Palencia) que cumple con los estándares establecidos para esta tarea y tiene una experiencia contrastada.



Figura 4- Izquierda, panorámicas del Barranco de Celestino, arriba en 1980 (foto R. Serrada), abajo en 2009 (foto Alfonso San Miguel). Derecha arriba, localización de las calicatas para estudio edáfico comparativo, señaladas con círculo azul, en 2014. Derecha abajo, localización de calicatas, con punto verde, sobre ortofoto PNOA.



Figura 5 - Izquierda punto de muestreo de pinar y calicata de 110 cm. Derecha punto de muestreo de jaral y calicata de 75 cm.

4. Resultados

Desde un punto de vista dasométrico, la masa de pinar tiene 50 años de edad y presenta una densidad de unos 2.200 pies-ha¹, un diámetro medio de 16,6 cm, un área basimétrica de 54,3 m²-ha⁻¹ y una altura dominante de 12 m. El jaral tiene fracción de cabida cubierta del 80% y altura media de 130 cm.

El proceso general de caracterización de estado de los suelos evaluados ha sido realizado a partir de la determinación del conjunto de parámetros que quedan resumidos en las tablas 1 y 2.

Tabla 1 - Datos analíticos y parámetros edáficos del área repoblada con pinar

INFORMACIÓN EDÁFICA (1/2) LOCALIZACIÓN: Retiendas - Pinar

DESCRIPCIÓN DEL LUGAR

AUTORES: Serrada Hierro, R.; Otero de Irizar, J; Gamio Castel, S.

Nombre del paraje: Barranco Celestino - Pinar

Municipio (Provincia): Retiendas (Guadalajara)

Fecha de inventario: 11/12/2014

Huso	XED50	YED50	Altitud (m)
30	475856	4536872	970

Fisiografía:	Posición:	Media Ladera
	Pendiente (%):	45
	Orientación:	SW
	Insolación (Gandullo, 1974):	
	Drenaje superficial:	Bien drenado
	Posición del nivel freático:	Desconocida
	Erosión:	Intensa

Material parental:	Litología:	Raña
	Rocosidad (%):	0
	Pedregosidad superficial (%):	40
	Costras salinas:	NO

Uso del suelo:	Forestal
----------------	----------

Vegetación:	Fustal bajo de <i>Pinus pinaster</i> (90 % de FCC).
-------------	-----------------------------------------------------

Descripción del perfil edáfico:

Horizonte	Niveles (cm)		Descripción	PNM (%)	Horizonte Genético
	Superior	Inferior			
1	0	40	Color 10YR/3/2 en húmedo. Estructura grumosa construida, de consistencia firme. Buena actividad biológica, con raíces abundantes. Pedregosidad elevada, en fragmentos redondeados. Tránsito difuso.	0	A
2	40	70	Color 10YR/4/8 en húmedo. Estructura particular de alteración, poco friable. Actividad biológica moderada, con raíces frecuentes. Pedregosidad elevada, en fragmentos redondeados. Tránsito difuso.	0	Bw
3	70	110	Color 10YR/4/8 en húmedo. Estructura particular de alteración, poco friable. Escasa actividad biológica, con raíces accidentales. Pedregosidad elevada, en fragmentos redondeados. Sin límite inferior identificado.	0	C

PNM: Pedregosidad no Muestreable (porcentaje de volumen observado respecto volumen total)

Tabla 1 continuación- Datos analíticos y parámetros edáficos del área replantada con pinar

INFORMACIÓN EDÁFICA (2/2) LOCALIZACIÓN: Retiendas - Pinar

RESULTADOS ANALÍTICOS

Laboratorio: ITAGRA

Horizonte Orgánico	Espesor (cm)	PS (g)	N (% sMS)	C (% sMS)	MS (g/m ²)	DA (g/dm ³)	C/N
	8	705,10	0,69	44,8	11281,6	141,02	64,9

PS: Peso muestra en Seco; MS: Materia Seca; N: Nitrógeno; C: Carbono orgánico; DA: Densidad Aparente

Horizonte	EG (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Tipo Textural (Región)
1	70,75	64,16	24,28	11,56	Franca bastante Arenosa (IX)
2	70,43	54,16	21,28	24,56	Franca algo Arenoso-Arcillosa (VI)
3	54,31	52,16	16,28	31,56	Franca algo Arenoso-Arcillosa (VI)

EG: Elementos Gruesos en muestra de Suelo Natural

Horizonte	MO (%)	N (%)	C/N	CA (%)	CI (%)	pH en agua	pH en ClK
1	2,30	0,13	10,29	0,0	0,0	5,50	5,24
2	0,30		0,00	0,0	0,0	4,70	4,07
3	0,23			0,0	0,0	4,85	4,33

MO: Materia Orgánica; N: Nitrógeno (Kjeldahl); CA: Carbonatos Activos; CI: Carbonatos Inactivos.

Horizonte	TF (%)	Permeabilidad			Humedad edáfica			
		CCC	CIL	PER	HE (mm)	k	CRA (mm/m)	CRA (mm)
1	29,25	0,081	0,071	5,0	18,45	0,20	43,4	17,4
2	29,57	0,790	0,063	1,0	20,85	0,00	42,4	12,7
3	45,69	0,671	0,074	1,0	22,52	0,00	70,7	28,3

TF: Tierra Fina en Suelo Natural; CCC: Coeficiente de Capacidad de Cementación; CIL: Coeficiente de impermeabilidad debida al Limo; PER: parámetro Permeabilidad; HE: Humedad Equivalente; CRA: Capacidad de Retención de Agua.

Clasificación de suelo - WRB (FAO-UNESCO, 2006):

UMBRISOL HÁPLICO (Dístrico)

PARÁMETROS

Valor Característico del perfil

Parámetros Fisiográficos

ALT (m)	970
PND (%)	45,0
INS	0,00

Parámetros Edáficos Físicos

TF (%)	35,3	PER	2,5
ARE (%)	57,1	HE (mm)	20,58
LIM (%)	20,6	CRA (mm)	58,4
ARC (%)	22,4		

Par. Edáficos Bioquímicos

MO (%)	1,52	PHA	5,22
MOS (%)	2,3	PHK	4,83
NS (%)	0,130	CA (%)	0,00
CNS	10,29	CI (%)	0,00

Leyenda: ALT, altitud; PND, pendiente; INS, coeficiente de Insolación de GANDULLO (1974); TF, partículas minerales < 2 mm en la tierra natural; ARE, partículas minerales entre 0,05-2,00 mm; LIM, partículas minerales entre 0,002-0,05 mm; ARC, partículas minerales < 0,002 mm; PER, coeficiente de permeabilidad (GANDULLO, 1994); HE, humedad equivalente (GANDULLO, 1994); CRA, capacidad de retención de agua (GANDULLO, 1994), MO, materia orgánica; MOS, materia orgánica en los 25 cm superficiales; NS, Nitrógeno en los 25 cm superficiales; CN, relación Carbono/Nitrógeno en los 25 cm superficiales; PHA, pH en agua; PHK, pH en cloruro potásico; CA, carbonatos activos; CI, carbonatos inactivos.

Tabla 2 - Datos analíticos y parámetros edáficos de la localización no repoblada

INFORMACIÓN EDÁFICA (1/2) LOCALIZACIÓN: Retiendas - Jaral

DESCRIPCIÓN DEL LUGAR

AUTORES: Serrada Hierro, R.; Otero de Irizar, J; Gamio Castel, S.

Nombre del paraje: Barranco Celestino - Pinar

Municipio (Provincia): Retiendas (Guadalajara)

Fecha de inventario: 11/12/2014

Huso	XED50	YED50	Altitud (m)
30	475877	4536746	970

Fisiografía:	Posición:	Media Ladera
	Pendiente (%):	45
	Orientación:	SW
	Insolación (Gandullo, 1974):	
	Drenaje superficial:	Bien drenado
	Posición del nivel freático:	Desconocida
	Erosión:	Intensa

Material parental:	Litología:	Raña
	Rociedad (%):	0
	Pedregosidad superficial (%):	50
	Costras salinas:	NO

Uso del suelo:	Forestal
----------------	----------

Vegetación:	Matorral de <i>Cistus ladanifer</i> (80 % de FCC).
--------------------	----------------------------------------------------

Descripción del perfil edáfico:

Horizonte	Niveles (cm)		Descripción	PNM (%)	Horizonte Genético
	Superior	Inferior			
1	0	10	Color 10YR/4/4 en húmedo. Estructura grumosa construida, de consistencia débil. Moderada actividad biológica, con raíces escasas. Pedregosidad elevada, en fragmentos redondeados. Tránsito neto.	0	A
2	10	30	Color 10YR/4/6 en húmedo. Estructura particular de alteración, friable. Actividad biológica muy escasa, sin apenas raíces. Pedregosidad elevada, en fragmentos redondeados. Tránsito neto.	0	Bw
3	30	75	Color 10YR/4/8 en húmedo. Estructura particular de alteración, friable. Nula actividad biológica, sin raíces. Pedregosidad elevada, en fragmentos redondeados. Sin límite inferior identificado.	0	C

PNM: Pedregosidad no Muestreable (porcentaje de volumen observado respecto volumen total)

Tabla 2 continuación- Datos analíticos y parámetros edáficos de la localización no repoblada

INFORMACIÓN EDÁFICA (2/2) LOCALIZACIÓN: Retiendas - Jaral

RESULTADOS ANALÍTICOS

Laboratorio: ITAGRA

Horizonte Orgánico

Espesor (cm)	PS (g)	N (% sMS)	C (% sMS)	MS (g/m ²)	DA (g/dm ³)	C/N
2	130,90	0,65	38,55	2094,4	104,72	59,3

PS: Peso muestra en Seco; MS: Materia Seca; N: Nitrógeno; C: Carbono orgánico; DA: Densidad Aparente

Textura USDA de los horizontes minerales

Horizonte	EG (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Tipo Textural (Región)
1	44,04	67,16	24,28	8,56	Franca bastante Arenosa (IX)
2	59,01	59,16	24,28	16,56	Franca bastante Arenosa (IX)
3	88,78	63,16	19,28	17,56	Franca bastante Arenosa (IX)

EG: Elementos Gruesos en muestra de Suelo Natural

Parámetros biológicos y químicos de los horizontes minerales

Horizonte	MO (%)	N (%)	C/N	CA (%)	CI (%)	pH en agua	pH en CLK
1	2,71	0,14	11,25	0,0	0,0	5,77	5,68
2	0,83	0,08	6,03	0,0	0,0	5,30	4,87
3	0,24			0,0	0,0	5,17	4,55

MO: Materia Orgánica; N: Nitrógeno (Kjeldahl); CA: Carbonatos Activos; CI: Carbonatos Inactivos.

Parámetros físicos de los horizontes minerales (Gandullo, 1994)

Horizonte	TF (%)	Permeabilidad			Humedad edáfica			
		CCC	CIL	PER	HE (mm)	k	CRA (mm/m)	CRA (mm)
1	55,96	0,000	0,136	5,0	17,66	0,00	67,9	6,8
2	40,99	0,323	0,100	3,0	18,80	0,35	68,4	13,7
3	11,22	1,480	0,022	1,0	17,26	0,00	13,3	6,0

TF: Tierra Fina en Suelo Natural; CCC: Coeficiente de Capacidad de Cementación; CIL: Coeficiente de impermeabilidad debida al Limo; PER: parámetro Permeabilidad; HE: Humedad Equivalente; CRA: Capacidad de Retención de Agua.

Clasificación de suelo - WRB (FAO-UNESCO, 2006):

CAMBISOL HÁPLICO (Dístrico)

PARÁMETROS

Valor Característico del perfil

Parámetros Fisiográficos

ALT (m)	970
PND (%)	45,0
INS	0,00

Parámetros Edáficos Físicos

TF (%)	25,1	PER	2,1
ARE (%)	62,6	HE (mm)	17,72
LIM (%)	21,3	CRA (mm)	26,5
ARC (%)	16,1		

Par. Edáficos Bioquímicos

MO (%)	1,01	PHA	5,35
MOS (%)	1,7	PHK	4,92
NS (%)	0,108	CA (%)	0,00
CNS	8,44	CI (%)	0,00

Leyenda: ALT, altitud; PND, pendiente; INS, coeficiente de Insolación de GANDULLO (1974); TF, partículas minerales < 2 mm en la tierra natural; ARE, partículas minerales entre 0,05-2,00 mm; LIM, partículas minerales entre 0,002-0,05 mm; ARC, partículas minerales < 0,002 mm; PER, coeficiente de permeabilidad (GANDULLO, 1994); HE, humedad equivalente (GANDULLO, 1994); CRA, capacidad de retención de agua (GANDULLO, 1994), MO, materia orgánica; MOS, materia orgánica en los 25 cm superficiales; NS, Nitrógeno en los 25 cm superficiales; CN, relación Carbono/Nitrógeno en los 25 cm superficiales; PHA, pH en agua; PHK, pH en cloruro potásico; CA, carbonatos activos; CI, carbonatos inactivos.

5. Discusión

El estado edáfico del suelo repoblado muestra unas condiciones generales muy determinadas por las singularidades físico-químicas del material mineral de partida.

La reacción general del suelo es fuertemente ácida, hallándose totalmente descarbonatado, con lo que tiene limitada su fertilidad en bases. La cantidad de materia orgánica humificada es particularmente escasa (deficientemente humífero), siendo ésta de moderada calidad.

Desde un punto de vista físico, la presencia de elementos gruesos a lo largo del perfil es notoriamente elevada (superior al 50 %). Texturalmente, el perfil es heterogéneo, en superficie algo desequilibrado hacia texturas gruesas (arenosas), mientras que a partir de los 40 cm de profundidad es significativa la presencia de elementos finos (arcillas). Esta circunstancia trae aparejada un cambio trascendente de la permeabilidad a partir de la mencionada profundidad.

La combinación de alta presencia de elementos gruesos (reducidos valores de Tierra Fina) y baja materia orgánica humificada determina una baja capacidad de retención de agua del perfil repoblado.

A su vez, y respecto del perfil de referencia (localización no repoblada), la comparación de los resultados expuestos en las tablas 1 y 2 se puede resumir en los siguientes puntos:

- A excepción de la cubierta vegetal, los factores formadores del suelo (litofacies, clima y fisiografía) en los dos perfiles estudiados son homólogos, por lo que las propiedades físico-químicas tienden a converger. No obstante, sí se observan diferencias texturales. La mayor presencia de elementos finos (arcilla) en la fracción tierra fina del suelo en la repoblación explica, junto con la mayor profundidad, la doble capacidad de retención de agua en la repoblación (58,4 mm) que en el matorral (26,5 mm). Esto hecho puede estar relacionado con una menor exportación de elementos finos en los últimos 50 años o, también, con una mayor cantidad de arcilla en la roca madre del punto de muestreo.
- El suelo repoblado presenta un estado más avanzado de edafización. Las nuevas condiciones de cubierta vegetal, resultante de las tareas repobladoras, han supuesto una más efectiva incorporación de materia orgánica humificada. En correspondencia con el aumento del desfronde del arbolado, el horizonte orgánico es cuatro veces más grueso y cinco veces más pesado bajo el pinar que bajo el jaral, y el horizonte mineral superficial es considerablemente más espeso y más humífero, lo cual denota, a su vez, una más efectiva actividad biológica. Consecuentemente la permeabilidad es mayor en el pinar.
- A pesar de que la relación C/N en los restos orgánicos del pinar es más alta que en el desfronde del jaral, el valor de C/N de la materia orgánica humificada en el primer horizonte es menor en el pinar. Los valores del pH son muy semejantes en ambos perfiles.

Todas estas diferencias observadas no resultan especialmente significativas, con lo que el efecto de la repoblación sobre las condiciones edáficas no se puede considerar en ningún aspecto de los analizados como degradante o negativo.

A partir de los datos dasométricos y de la analítica edáfica, se puede valorar la fijación de CO₂. Ésta es una de las más importantes funciones de las masas forestales por su papel mitigador en el proceso de cambio climático que el aumento de este gas en la atmósfera produce. Con la información presentada en las tablas 1 y 2 y con las metodologías propuestas por MONTERO et al. (2005), RUIZ-PEINADO et al. (2011 y 2013), CHITI et al. (2012) y MONTERO (2016) se ha preparado la tabla 3,

comparando el CO₂ fijado, tanto en la vegetación como en el suelo, por la repoblación sin claras y por el matorral que se ha mantenido en una situación similar al lugar repoblado inicialmente (figura 4).

Tabla 3- Comparativa del CO₂ acumulado en diferentes fracciones de la vegetación y del suelo, en pinar repoblado de 50 años y jaral en evolución natural, y tasa de fijación anual media debida al pinar en 50 años. Metodologías de cálculo citadas en el texto.

Carbono acumulado (t CO ₂ ha ⁻¹)	Jaral	Pinar	Diferencia Pinar - Jaral (valor absoluto en t de CO ₂ /valor relativo en tanto por uno)	Tasa de fijación de carbono por el pinar (t CO ₂ ha ⁻¹ año ⁻¹)
Biomasa aérea	42,7	262,3	219,6 / 5,1	5,2
Biomasa radical	21,3	78,3	57,0 / 2,7	1,6
Total Biomasa	64,0	340,6	276,6 / 4,3	6,8
Restos orgánicos	31,4	185,3	153,9 / 4,9	3,7
Suelo mineral	66,0	142,7	76,7 / 1,2	2,8
Total Suelo	97,4	328,0	230,6 / 2,4	6,6
Total Monte	161,4	668,6	507,2 / 3,1	13,4

Queda de manifiesto, al observar estas cifras, el importante servicio ecosistémico que la repoblación de carácter hidrológico realizada, y su conservación, han producido como efecto mitigador del cambio climático y el papel que, en la medida en que sea debidamente conservada y tratada, puede seguir produciendo. La fijación de CO₂ por la repoblación forestal ha multiplicado por 3 la realizada por el matorral de partida, considerando el conjunto de biomasa y suelo.

Es mucho más patente, tanto en términos absolutos como relativos, la capacidad de fijación de carbono de la masa repoblada en la biomasa aérea, con reflejo en los restos orgánicos pendientes de humificación.

6. Conclusiones

Las principales características del estado actual del suelo en el área repoblada permiten valorar, en comparación con las condiciones del suelo no repoblado, que la tarea repobladora no ha tenido consecuencias negativas para el desarrollo edáfico. Contrariamente, y a pesar del escaso tiempo que suponen 50 años en los procesos edafogenéticos, son observables indicios que llevan a estimar un grado de edafización más avanzado por efecto de la repoblación. Una mayor intensidad de muestreo permitiría corroborar o rechazar estas tendencias.

7. Agradecimientos

En primer lugar es necesario agradecer a los numerosos técnicos y guardas forestales que han intervenido a lo largo de 60 años en el proyecto, ejecución y mantenimiento de esta repoblación forestal. En muy distintas, y a veces complicadas, condiciones administrativas y presupuestarias han sabido demostrar una dedicación y acierto que hace posible lo que ahora podemos ver y estudiar. También agradecimiento a los técnicos forestales y agentes medioambientales que tienen en la actualidad este monte a su cargo. El riesgo de cometer omisiones no intencionadas nos disculpa de la enumeración de los protagonistas.

Agradecemos a todas las personas e instituciones que en los últimos años han formulado generalizadas, acerbas y, por tanto, infundadas críticas a las repoblaciones forestales realizadas en la

segunda mitad del siglo XX, pues esa actitud ha estimulado el interés en analizar y valorar lo realizado.

Especial agradecimiento merecen Gregorio Montero y Ricardo Ruiz-Peinado que han intervenido en actividades a lo largo del tiempo que, aún siendo dispares, han contribuido a la exposición que se ha realizado: elaboración de la Fototeca Forestal (DGB-INIA); y desarrollo de metodologías para la valoración del carbono fijado por las formaciones forestales, arbóreas y arbustivas.

Finalmente, hay que agradecer a Javier Otero de Irizar y a Santiago Gamo Castel su colaboración en la toma de muestras edáficas. También a Javier la elaboración de gráficos y croquis que ilustran este trabajo.

8. Bibliografía

CASTROVIEJO, S.; GARCÍA-DORY, M.A.; MARTÍNEZ-VICENTE, S.; PRIETO, F. 1985. Política forestal en España (1940-1985) ¿Producción o conservación?. *Quercus* 5-30.

CHITI, T.; DÍAZ-PINÉS, E.; RUBIO, A. 2012. Soil organic carbon stocks of conifers, broadleaf and evergreen broadleaf forests of Spain. *Biology and Fertility of Soils* 48, 817-826.

FAO-UNESCO. 2006. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB). IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F. 1986. Los bosques mediterráneos españoles. Ministerio Obras Públicas, Madrid

GANDULLO, J.M. 1994. Ecología Vegetal. Fundación Conde Valle de Salazar. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. UPM. Madrid

LÓPEZ-CADENAS, F. 1955. Trabajos hidrológico-forestales en la cuenca principal del río Jarama. *Revista MONTES*. nº 65. pp 361-364. Asociación de Ingenieros de Montes. Madrid

MONTERO, G. 2016. La absorción de carbono por nuestros matorrales. Jornada de Bosques y Cambio Climático "Bosques, ...¿para qué?". Foro de Bosques y Cambio Climático. Madrid, 1 de marzo de 2016.

MONTERO, G.; RUIZ-PEINADO, R.; MUÑOZ, M. 2005. Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid

PFE, 1952. Memorias informativas para los Consorcios en Término de Retiendas. Patrimonio Forestal del Estado. Archivos del Servicio de Política Forestal y Espacios Naturales de la Delegación de la Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural en Guadalajara. JCCM.

RUIZ-PEINADO, R.; BRAVO-OVIEDO, A.; LÓPEZ-SENEPLEDA, E.; MONTERO, G.; RÍO, M. del. 2013. Do thinning influence biomass and soil carbon stocks in Mediterranean maritime pinewoods? *European Journal of Forest Research* 132, 253-262.

RUIZ-PEINADO, R.; RÍO, M. del; MONTERO, G. 2011. New models for estimating the carbon sink capacity of Spanish softwood species. *Forest Systems* 20, 176-188.

VARILLAS, B. 2012. Herbívoros salvajes contra incendios forestales. *Diario El País. Edición digital, sección CATALUÑA*. 23 de julio de 2012. Madrid.