

INFORME FINAL SOBRE LOS TRABAJOS REALIZADOS DENTRO DEL CONTRATO PARA LA ESTIMACIÓN DE CARBONO ACUMULADO EN EL HORIZONTE ORGÁNICO Y MINERAL DE LOS SUELOS FORESTALES DEL PARQUE NATURAL DEL ALTO TAJO



Realización, coordinación y edición

Ricardo Ruiz-Peinado Gertrudix
Eduardo López Senespleda

Contrato

CON09-016. Estimación de carbono acumulado en el horizonte orgánico y mineral de los suelos forestales del Parque Natural del Alto Tajo

Contrato entre el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) y la Dirección General de Política Forestal y Espacios Naturales de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria

Ctra. Coruña km 7.5, 28040, Madrid.



Contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
<i>CANTIDADES DE CARBONO ACUMULADAS EN LA CAPA ORGÁNICA DEL SUELO.....</i>	<i>6</i>
<i>Ecosistemas arbolados</i>	<i>6</i>
<i>Formaciones de matorral</i>	<i>12</i>
<i>Total CO₂ secuestrado por las formaciones arboladas y de matorral.....</i>	<i>15</i>
<i>CANTIDADES DE CARBONO ACUMULADAS EN LA CAPA MINERAL DEL SUELO.....</i>	<i>16</i>
<i>FIJACIÓN DE CO₂ EN EL PARQUE NATURAL DEL ALTO TAJO: RESUMEN ...</i>	<i>21</i>
<i>REFERENCIAS</i>	<i>22</i>
<i>ANEXOS. Tríptico de difusión de resultados del proyecto</i>	<i>23</i>

INTRODUCCIÓN

En un anterior contrato firmado en el año 2018 entre la Dirección General de Política Forestal y Espacios Naturales de la Junta de Castilla-La Mancha y el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) se realizó un estudio para la estimación del carbono fijado en la vegetación de las formaciones forestales arboladas y de matorral del Parque Natural del Alto Tajo. Para llegar a una contabilidad total del carbono existente en los ecosistemas forestales, se han continuado los trabajos mediante este nuevo contrato en el año 2019 con el fin de cuantificar otros reservorios no contemplados anteriormente, a saber, la capa orgánica del suelo y el suelo mineral.

Siguiendo el trabajo de Pan y colaboradores (2011, *Science*), se estima que el suelo mineral (hasta 1 metro de profundidad) tiene almacenados el 45% del carbono existente en los bosques a nivel mundial y que la vegetación viva en su parte aérea y radical almacena un 42% del carbono. Existen otros dos reservorios menores, pero no por ello menos importantes, como la madera muerta que se encuentra en los bosques y que almacena un 8% del carbono total de los ecosistemas forestales y también la capa orgánica del suelo u hojarasca que tiene acumulado el 5% restante. Estos datos medios a escala global, pueden verse ajustados en función de la zona climática y el tipo de bosque donde estén situados. Así, por ejemplo y presentando valores medios, los bosques templados de nuestras latitudes almacenan cantidades mayores en el suelo alcanzando un 48%, mientras que el existente en la vegetación se reduce hasta el 39%. Los porcentajes existentes en la hojarasca y madera muerta no varían.

El origen de la masa, y sobre todo el uso anterior del suelo sobre el que vive la vegetación arbórea actual, influye también de manera importante en este reparto. Esto es, porque el stock de carbono en el suelo crece de manera muy lenta en el tiempo, y por tanto cuando una masa proviene de regeneración natural el stock de carbono en el suelo es generalmente mayor que en otra que proviene de regeneración artificial donde el uso del suelo previo fue agrícola o desarbolado.

Trabajos previos de cuantificación de los distintos compartimentos de carbono en el bosque (Bravo-Oviedo y colaboradores, 2015) han revelado que en masas naturales de pino albar (*Pinus sylvestris* L.) de unos 90 años de edad, el total de carbono en la vegetación se mueve entre el 46% y el 38% en función de la gestión forestal aplicada, mientras que en el suelo mineral el carbono acumulado se mueve entre el 44% y el 55%. El resto se encuentra formando parte de la madera muerta y la hojarasca con variaciones menores en función de la gestión. En otro trabajo en repoblaciones de pino albar (Ruiz-Peinado y col., 2016) de 50 años de edad, el carbono acumulado en el suelo se sitúa entre el 28 y el 35%, el de la vegetación entre el 62% y el 51%, en la madera muerta el 4% y el 8%, y en la hojarasca entre el 5 y el 7%. En otras especies, Ruiz-Peinado y colaboradores (2013) encontraron en repoblaciones de pino negral (*Pinus pinaster* Ait.) de 59 años que las cantidades de carbono acumuladas en los suelos varían en función de la gestión aplicada desde el 30% hasta el 38%, en la vegetación desde el 53% al 48%, mientras que la madera muerta varía entre el 9% y el 7% y en la hojarasca entre el 8% y el 7%.

Los suelos cumplen con multitud de funciones dentro de los ecosistemas forestales, desde ser la base de la vida, siendo el asiento para la producción de alimentos, actúan directamente en el ciclo del agua como almacén y filtro; son reservas de biodiversidad de fauna y flora; participan en el ciclo de nutrientes; dan color y textura al paisaje; actúan en la degradación y fijación de contaminantes, y también, como nos atañe en este proyecto, participan en el ciclo del carbono como sumideros.

Sin embargo, los suelos se ven amenazados por el crecimiento poblacional mundial, por el crecimiento de los grandes núcleos de población, por los cambios de los patrones climáticos, pero sobre todo por los cambios de usos, las prácticas de gestión y manejo insostenibles, por la contaminación y eliminación de los residuos generados por la humanidad y por la ausencia de cobertura vegetal.

Debido a estas amenazas, los suelos pueden sufrir distintos tipos de degradación como la pérdida de biodiversidad, la salinización y sodificación, desequilibrios en los nutrientes del suelo, compactación y sellado, contaminación y acidificación, erosión y pérdida de fertilidad y pérdida del carbono orgánico almacenado. Esto implicaría toda una serie de consecuencias como la escasez de agua, el aumento de la inseguridad alimentaria, la aceleración del cambio global, aumentos en las diferencias sociales con un aumento de la pobreza y mayor inseguridad social, la intensificación de fenómenos de migración y la reducción de servicios ecosistémicos.

Es por ello que con la realización de estudios que pongan de manifiesto el valor del recurso suelo se puede contribuir a paliar estos riesgos, mediante el análisis y evaluación de la condición del suelo, mediante la realización de prácticas que estén dirigidas a aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, como mantener o aumentar la superficie cubierta por vegetación, o la aplicación de técnicas que lleven a un uso de los nutrientes más eficiente, a reducir la erosión, a restaurar suelos degradados, etc.

Entre estas técnicas que se encaminan a proteger el suelo en el ámbito forestal, aquellas que actúan sobre la cubierta vegetal son las más aplicadas. El aumento de la cubierta no sólo influye en la biomasa aérea, además tiene efecto sobre la cantidad y calidad de la capa orgánica del suelo, que contribuye a su vez a reducir la erosión al mismo tiempo que tiene otros efectos beneficiosos, principalmente siendo un almacén de nutrientes y de carbono.

CANTIDADES DE CARBONO ACUMULADAS EN LA CAPA ORGÁNICA DEL SUELO

Las cantidades de carbono acumuladas en la capa de hojarasca de los sistemas forestales, tanto arbolados como de matorral, se van a cuantificar a partir de valores medios de carbono y las superficies de las formaciones forestales del Parque Natural del Alto Tajo. Los valores medios se han calculado *ad hoc* a partir de la información existente en la Base de Datos del INIA-CIFOR y de un muestreo complementario realizado en aquellas formaciones forestales más importantes del Parque. Con ello se ha conseguido tener una mayor representatividad de los hábitats del Parque Natural del Alto Tajo para obtener valores adecuados a la zona de estudio.

Ecosistemas arbolados

En el caso de los ecosistemas arbolados, una vez observados los datos de la BBDD del INIA-CIFOR y la distribución superficial de las formaciones arboladas, se realizó un diseño de muestreo que consiguiera un reparto superficial adecuado en las formaciones del Parque. A la hora de planificar el diseño tuvo con el condicionante que los muestreos debían de realizarse en montes públicos para contar con el permiso necesario correspondiente, hecho que ha complicado el muestreo para conseguir la mejor representatividad en estos ecosistemas. Así, para aumentar el número de muestras se ha complementado con datos existentes en las cercanías del Parque considerando que las características son bastante similares en cuanto a clima.

En las figuras 1-7 se muestran las localizaciones de las parcelas para la obtención de los valores medios de peso de carbono y CO₂ en función de las formaciones consideradas. En estas localizaciones el muestreo ha consistido en la recogida de la capa orgánica del suelo. Así, en cada una de ellas se han delimitado 3 puntos de muestreo de hojarasca, recogándose toda la materia orgánica contenida en un marco de superficie 25x25 cm. Posteriormente, este material vegetal se ha llevado al laboratorio del INIA-CIFOR donde se ha realizado un tratamiento para determinar la materia seca y los análisis químicos para obtener el porcentaje de carbono existente en la misma. En todas estas localizaciones muestreadas se replanteó una parcela circular de 6 m de radio donde se midieron los diámetros y alturas del arbolado, con la intención de identificar las posibles dependencias entre el peso de carbono y las características selvícolas de la masa.

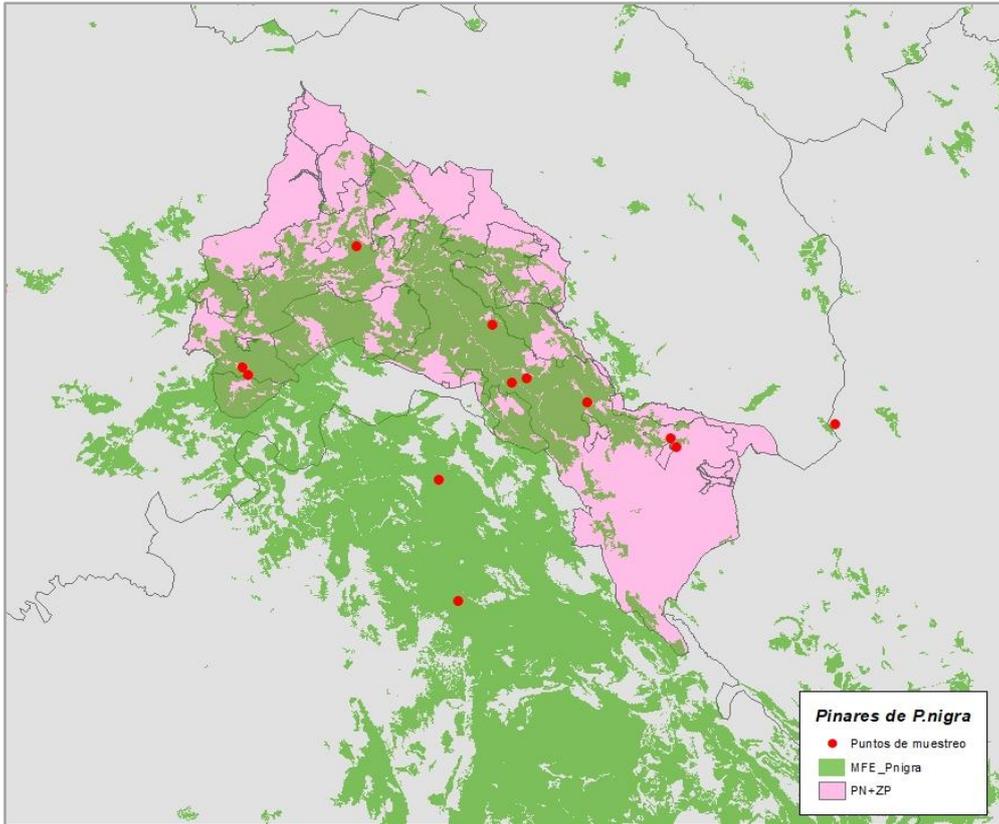


Figura 1. Distribución de los puntos de muestreo de hojarasca en los pinares de *Pinus nigra*.

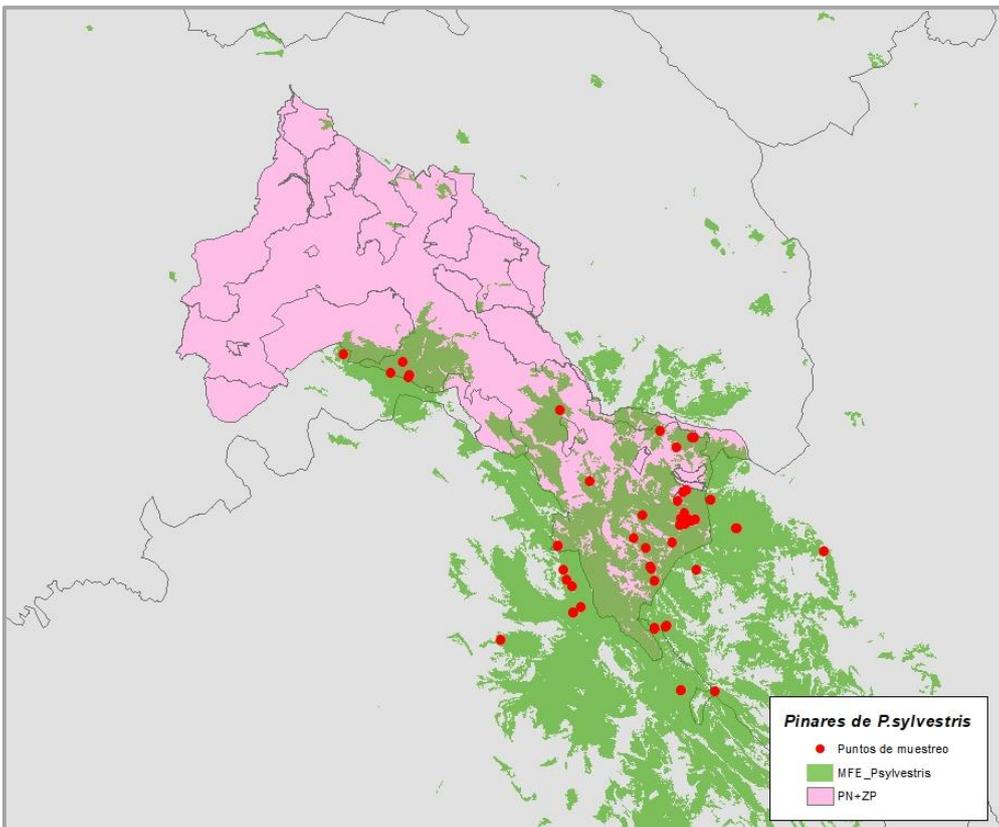


Figura 2. Distribución de los puntos de muestreo de hojarasca en los pinares de *Pinus sylvestris*.

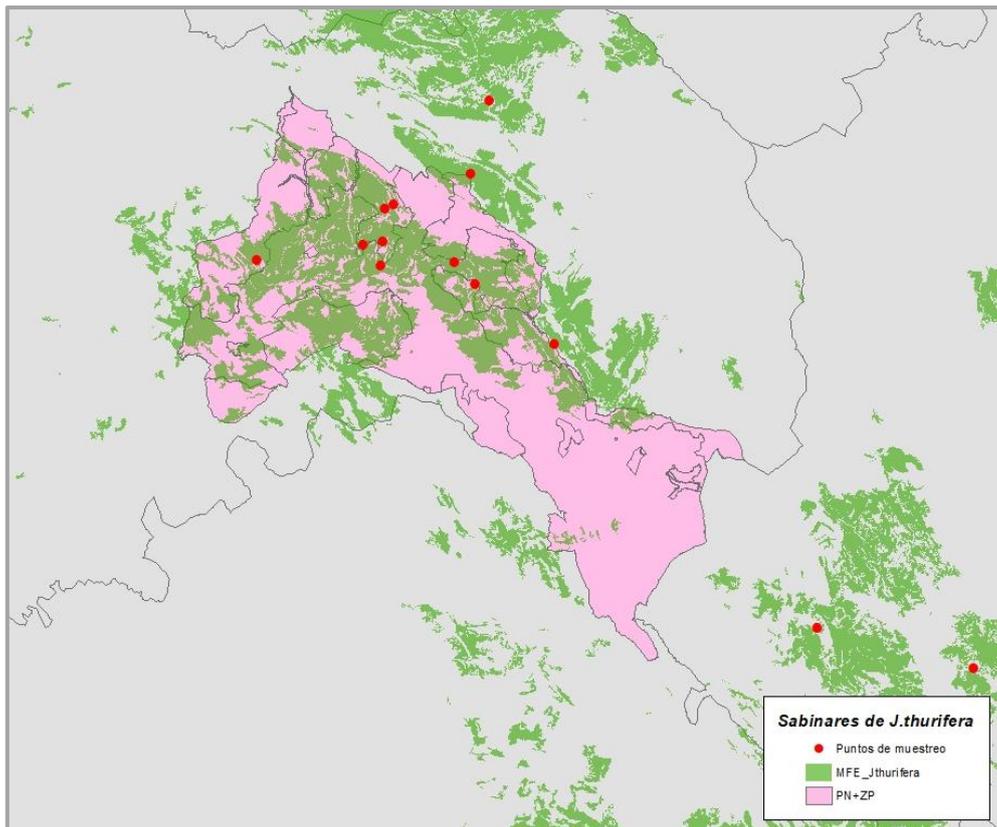


Figura 3. Distribución de los puntos de muestreo de hojarasca en los sabinares de *Juniperus thurifera*.

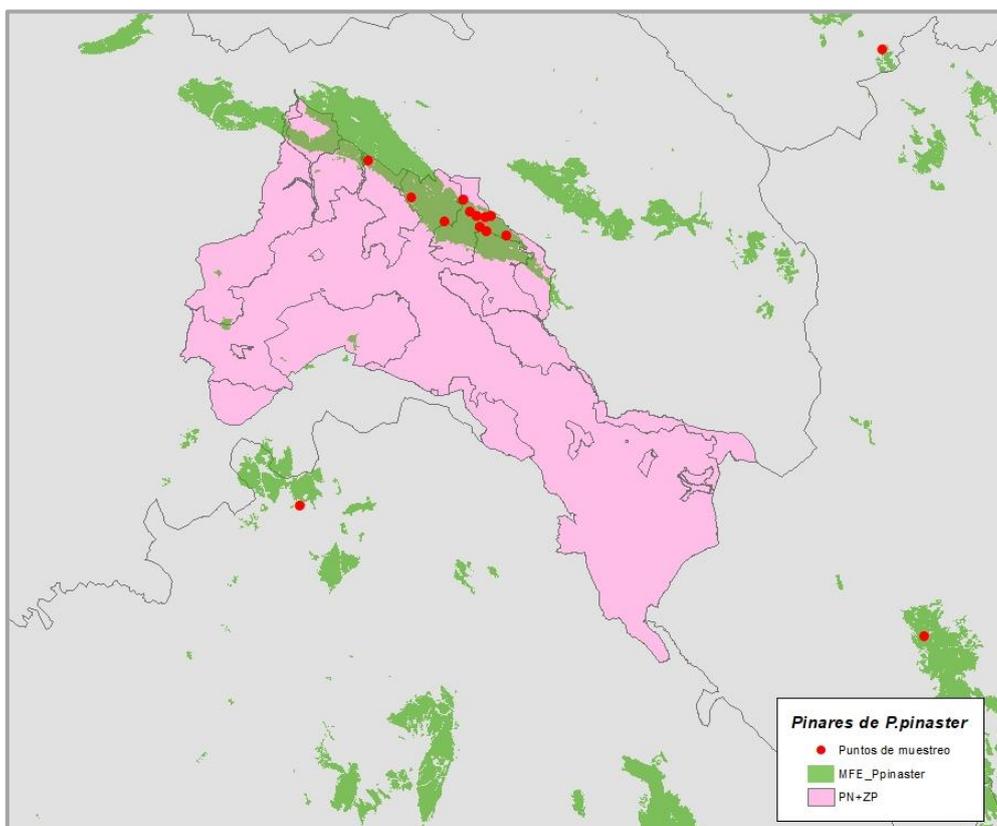


Figura 4. Distribución de los puntos de muestreo de hojarasca en los pinares de *Pinus pinaster*.

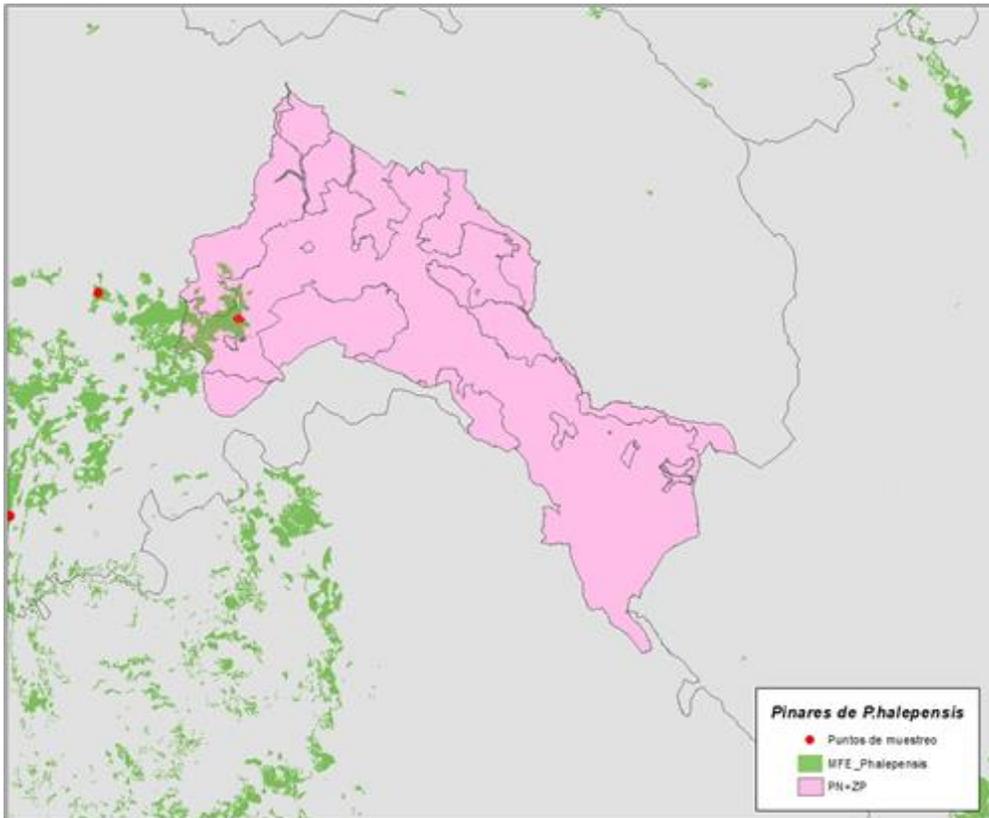


Figura 5. Distribución de los puntos de muestreo de hojarasca en los pinares de *Pinus halepensis*.

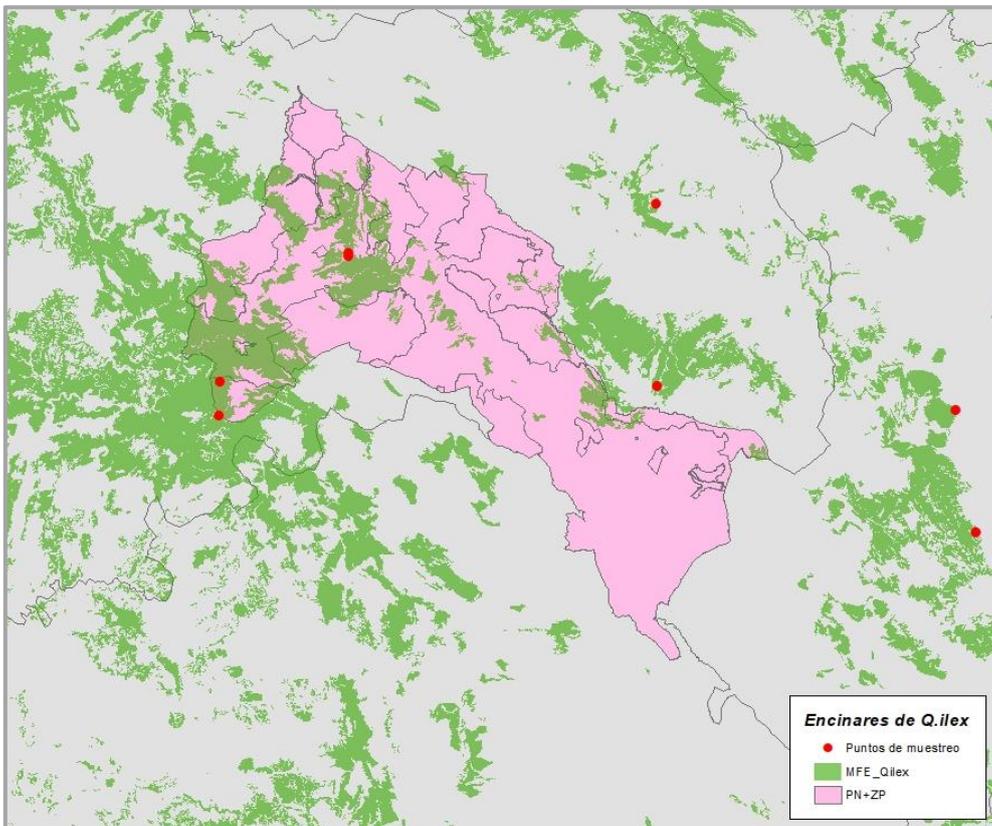


Figura 6. Distribución de los puntos de muestreo de hojarasca en los encinares de *Quercus ilex*.

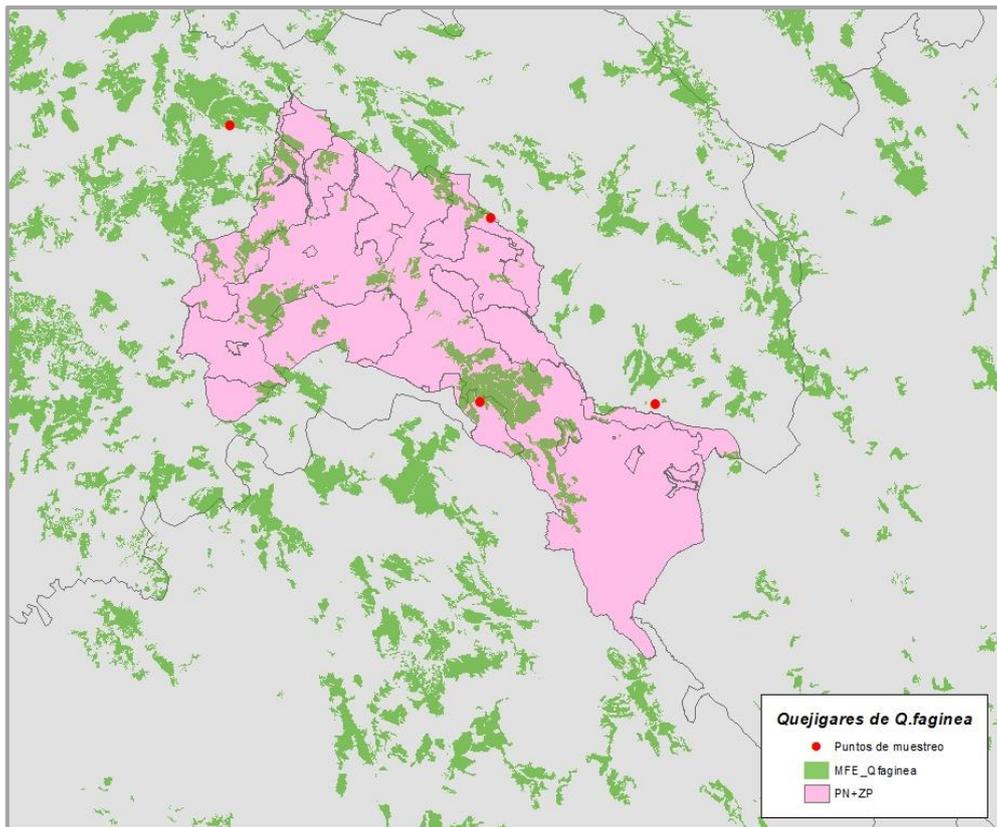


Figura 6. Distribución de los puntos de muestreo de hojarasca en los quejigares de *Quercus faginea*.

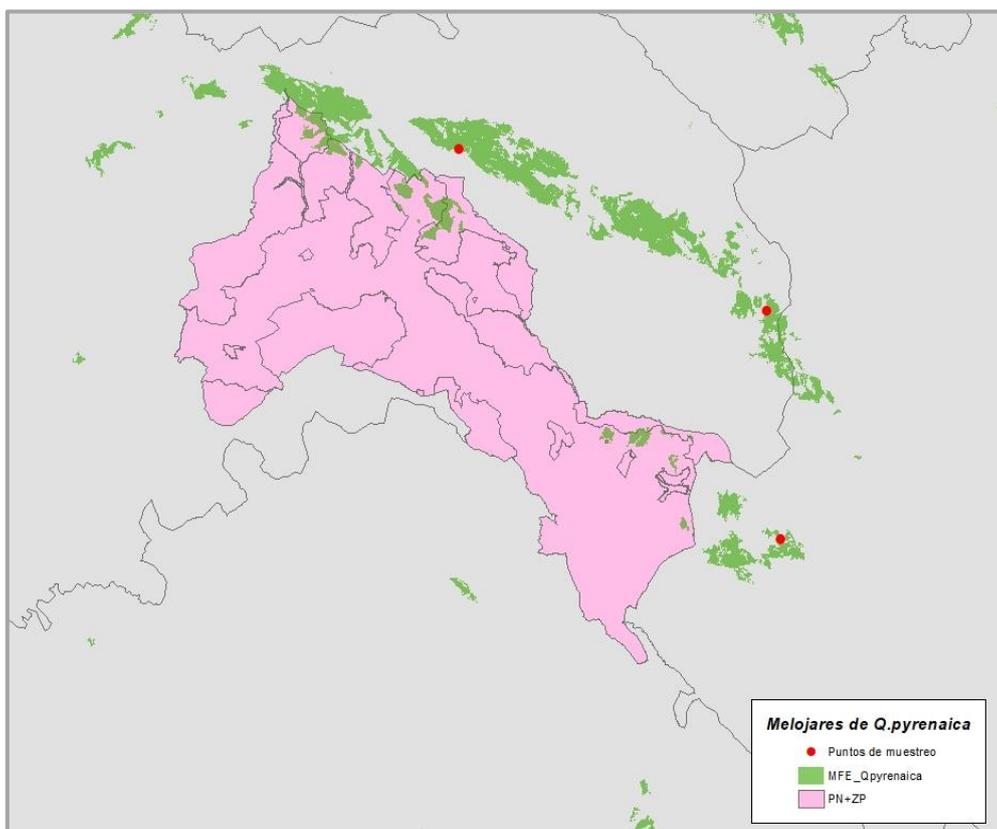


Figura 7. Distribución de los puntos de muestreo de hojarasca en los melojares de *Quercus pyrenaica*.

En la tabla 1 se muestra la información media de cada formación arbolada: superficie existente en el Parque, valores medios de peso de carbono acumulado por unidad de superficie, el CO₂ fijado por unidad de superficie y el peso total de CO₂ secuestrado por la hojarasca de los sistemas arbolados del Parque Natural del Alto Tajo. En esta tabla, las superficies que ocupan las formaciones arboladas han sido actualizadas a partir de la información del PORN y los datos de los incendios forestales acaecidos hasta la fecha. Así, se ha considerado que la superficie forestal arbolada quemada ha pasado a estar poblada en la actualidad por especies de matorral y en menor medida por especies arbóreas en la etapa de repoblado.

Tabla 1. Valores de peso medio de carbono y CO₂ fijado por unidad de superficie, y el CO₂ total para cada formación forestal arbolada y para el total arbolado del Parque Natural del Alto Tajo.

FORMACIÓN ARBOLADA	SUP. REDUCIDA (ha)	Peso medio Carbono hojarasca (t C/ha)	Peso medio CO ₂ hojarasca (t CO ₂ /ha)	Peso total CO ₂ (t)
Pinar de laricio	52.988,1	8,43	30,89	1.636.952
Pinar albar	24.873,0	9,44	34,61	860.946
Sabinar	23.095,4	1,66	6,07	140.169
Pinar de negral	9.270,0	9,80	35,95	333.260
Pinar de carrasco	6.305,4	6,85	25,11	158.306
Encinar	5.261,5	3,41	12,49	65.711
Cultivos con sabinas*	3.399,0	1,66	6,07	20.629
Quejigar	1.996,5	2,96	10,86	21.674
Sabinares negros*	1.258,6	1,66	6,07	7.639
Melojar	264,7	3,79	13,90	3.680
Tileda-avellaneda*	272,1	4,00	14,67	3.993
Plantaciones ribera*	46,4	3,99	14,62	678
TOTAL	129.030,7			3.253.637

* Se han imputado los valores de densidad de carbono por comparación

Haciendo un análisis de los datos medios de peso de CO₂ por hectárea para identificar que formaciones acumulan más carbono en la hojarasca, se puede observar que los pinares de pino negral, los pinares de pino albar y los pinares de laricio presentan valores que superan las 30-35 t CO₂/ha. En el otro extremo tenemos a los sabinares que alcanzan por poco las 6 t CO₂/ha y los bosques de frondosas (quejigar, encinar, melojar y plantaciones de ribera) que se sitúan entre las 10 y las 15 t CO₂/ha.

Por agrupación de los valores de las formaciones arboladas, el CO₂ total secuestrado por la capa de hojarasca de las formaciones arboladas del Parque Natural del Alto Tajo es de 3,25 millones de toneladas de CO₂.

Formaciones de matorral

En el caso de los ecosistemas poblados por especies de matorral, tras identificar las formaciones existentes en el Parque Natural del Alto Tajo y examinar la información contenida en la base de datos del INIA-CIFOR, se creyó pertinente realizar un muestreo complementario para tener una mejor representación de las formaciones arbustivas del Parque, ya que algunas están poco representadas. De nuevo se contó con el condicionante de realizar los muestreos en monte público, lo que reducía considerablemente las posibilidades para obtener datos en algunas formaciones. Para solventar este hecho, se optó por realizar varios puntos de muestreo en cada localización para aumentar la muestra. En aquellos ecosistemas de matorral con mayor superficie en el Parque se muestrearía con mayor intensidad en los puntos de muestreo y al contrario en aquellas que presentan una menor intensidad de muestreo.

En la figura 8 se muestran las localizaciones de los puntos de muestreo de hojarasca en formaciones de matorral. Se establecieron un total de 81 nuevos puntos, casi todos ellos en el interior del Parque Natural aunque alguna localización se situó en las cercanías del Parque por la limitación de muestreo en montes públicos anteriormente comentada. En cada una de estos puntos se recogieron dos muestras de la capa orgánica en un marco de superficie 25x25 cm. (figuras 9 y 10). El material vegetal recogido se llevó al laboratorio del INIA-CIFOR donde se realizaron la determinación de la materia seca y los análisis químicos para obtener el porcentaje de carbono existente en la misma. Como datos adicionales, en cada localización se ha medido la fracción de suelo cubierta por el matorral y la altura media del mismo, así como las especies dominantes de cada formación.

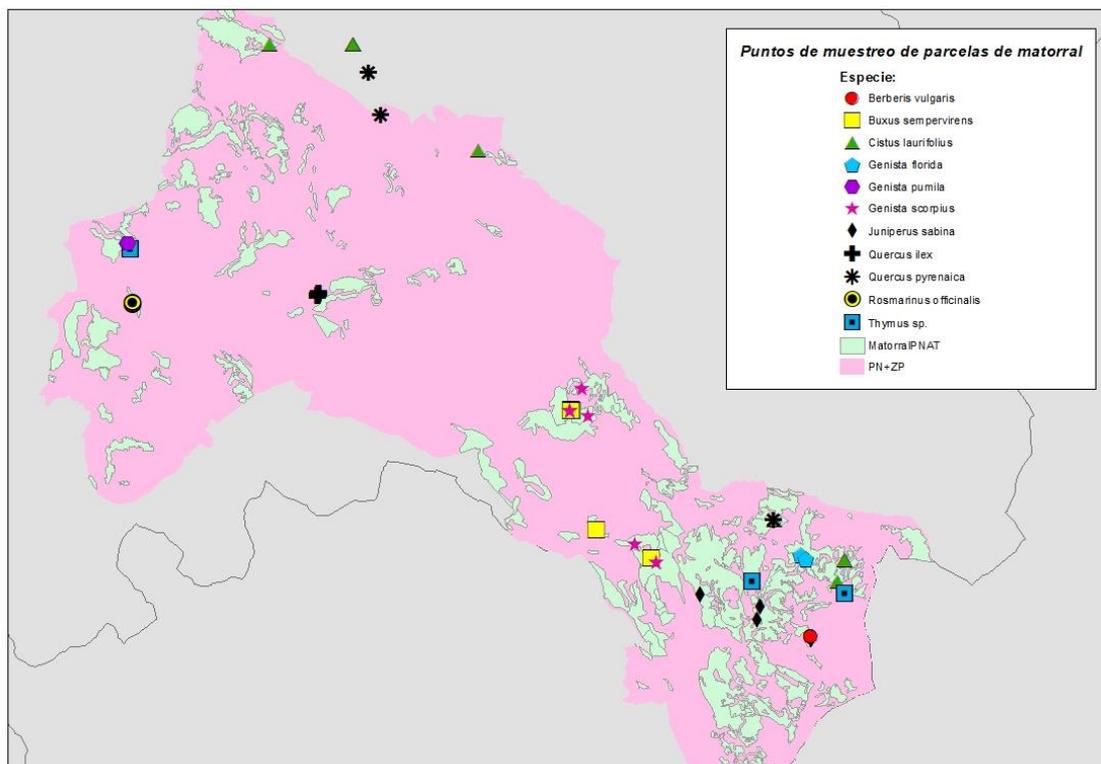


Figura 8. Localización de los puntos de muestreo de la capa de hojarasca en formaciones de matorral del Parque Natural del Alto Tajo.



Figura 9. Marco utilizado para el muestreo de hojarasca en una masa de *Pinus pinaster* en TM Torremocha del Pinar.



Figura 10. Aspecto de la capa de hojarasca tras retirar toda la misma en una superficie delimitada por el marco de muestreo.

En la tabla 2 se incluye información para cada formación de matorral sobre la superficie, los valores medios de peso de carbono acumulado y el CO₂ fijado por unidad de superficie y el peso total de CO₂ secuestrado por la hojarasca de los sistemas poblados por especies de matorral del Parque Natural del Alto Tajo. De igual manera que para los valores de las superficies de los sistemas arbolados, los valores de superficie de las formaciones de matorral han sido actualizados a partir de los datos básicos procedentes de la cartografía del PORN, aumentándose en aquellas superficies arboladas que fueron incendiadas y que en la actualidad están pobladas por formaciones de matorral de forma casi exclusiva o donde el porte y la espesura de la vegetación arbórea son reducidos y pueden ser incluidos como parte de la formación arbustiva.

Tabla 2. Valores medios para la capa de hojarasca del suelo de peso de carbono y CO₂ fijado por unidad de superficie, y el CO₂ total para cada formación de matorral y para el total cubierto por especies de matorral en el Parque Natural del Alto Tajo.

FORMACIÓN MATORRAL	SUP. AUMENTADA (ha)	Peso medio Carbono hojarasca (t C/ha)	Peso medio CO ₂ hojarasca (t CO ₂ /ha)	Peso total CO ₂ (t)
Sabinares rastreros	9.628,3	4,54	16,66	160.423
Espinar mixto	3.831,7	0,80	2,95	11.286
Aulagar-espliegar	3.771,1	0,55	2,02	7.630
Cultivos abandonados colonizados*	2.834,5	0,60	2,20	6.230
Jarales de jara estepa	6.423,3	2,48	9,10	58.445
Tomillares	1.731,0	0,24	0,88	1.492
Bojedas	423,7	3,79	13,91	5.893
Cambronales	327,8	0,77	2,81	923
Escobonales	174,2	1,44	5,29	922
Romerales	33,2	0,60	2,20	73
Astrágalo*	11,8	0,80	2,95	35
TOTAL	29.190,6			253.349

* Se han imputado los valores de densidad de carbono por comparación

Las formaciones que presentan una mayor cantidad de CO₂ secuestrado en la hojarasca son los sabinas rastreros con 16,7 t CO₂/ha y las bojedas con 13,9 t CO₂/ha. Los tomillares están en el otro extremo almacenando menos de 1 t CO₂/ha.

Utilizando estos datos medios se obtiene que la capa orgánica de las formaciones de matorral acumulan 253.349 t CO₂ (0,25 millones de t CO₂).

Total CO₂ secuestrado por la hojarasca en las formaciones arboladas y de matorral

A partir de los valores presentados en los apartados anteriores para la capa de hojarasca (formaciones arboladas y formaciones pobladas por especies de matorral) se obtiene el valor total de CO₂ almacenado en la capa orgánica del suelo en las formaciones forestales del Parque Natural del Alto Tajo (Tabla 3). La capa orgánica del suelo mantiene secuestrados **3,51 millones de toneladas de CO₂ en el Parque Natural**, el 92,8 % en las formaciones forestales arboladas (3,25 millones de toneladas de CO₂) y el 7,2% en las formaciones de matorral (0,25 millones de toneladas de CO₂).

Las formaciones forestales del Parque Natural del Alto Tajo tienen secuestradas una media de 25,2 t CO₂/ha mientras que las formaciones de matorral almacenan una media de 8,7 t CO₂/ha.

Tabla 3. CO₂ fijado por la hojarasca para las formaciones arboladas, de matorral y total forestal del Parque Natural del Alto Tajo.

FORMACIÓN	SUPERFICIE (ha)	Peso medio Carbono hojarasca (t C/ha)	Peso medio CO ₂ hojarasca (t CO ₂ /ha)	Peso total CO ₂ (t)
ARBOLADA	129.030,7	6,87	25,2	3.253.637
MATORRALES	29.190,6	2,37	8,7	253.349
TOTAL	158.221,3			3.506.986

CANTIDADES DE CARBONO ACUMULADAS EN LA CAPA MINERAL DEL SUELO

Para la estimación de carbono almacenado en la capa mineral del suelo se han utilizado los datos existentes en la BBDD del INIA-CIFOR, completados con un muestreo realizado expresamente para la estimación del carbono objeto del presente proyecto. De nuevo la limitación de muestreo en montes públicos ha condicionado la distribución final de los mismos, debiéndose incorporar alguna parcela en zonas cercanas al Parque Natural para obtener una mejor representatividad superficial y considerar también la diferente vegetación que crece sobre esos suelos.

Para el estudio del carbono acumulado en los suelos forestales, se identificaron las litologías de suelo presentes en el Parque Natural del Alto Tajo, a partir de la clasificación de Sánchez-Palomares y López-Senespleda (2010). Sin embargo, para poder trabajar a la escala adecuada se tuvo que realizar una agrupación de las mismas. Finalmente cinco han sido las categorías generales de litologías que se han adoptado para realizar un diseño de muestreo acorde con los objetivos y una mejor presentación de resultados (Figura 11, Tabla 4), que son las que se enumeran a continuación:

- i) Calizas, dolomías y margas
- ii) Sedimentarias
- iii) Cuarcitas
- iv) Vulcanitas ácidas y
- v) Yesos y Margas yesíferas

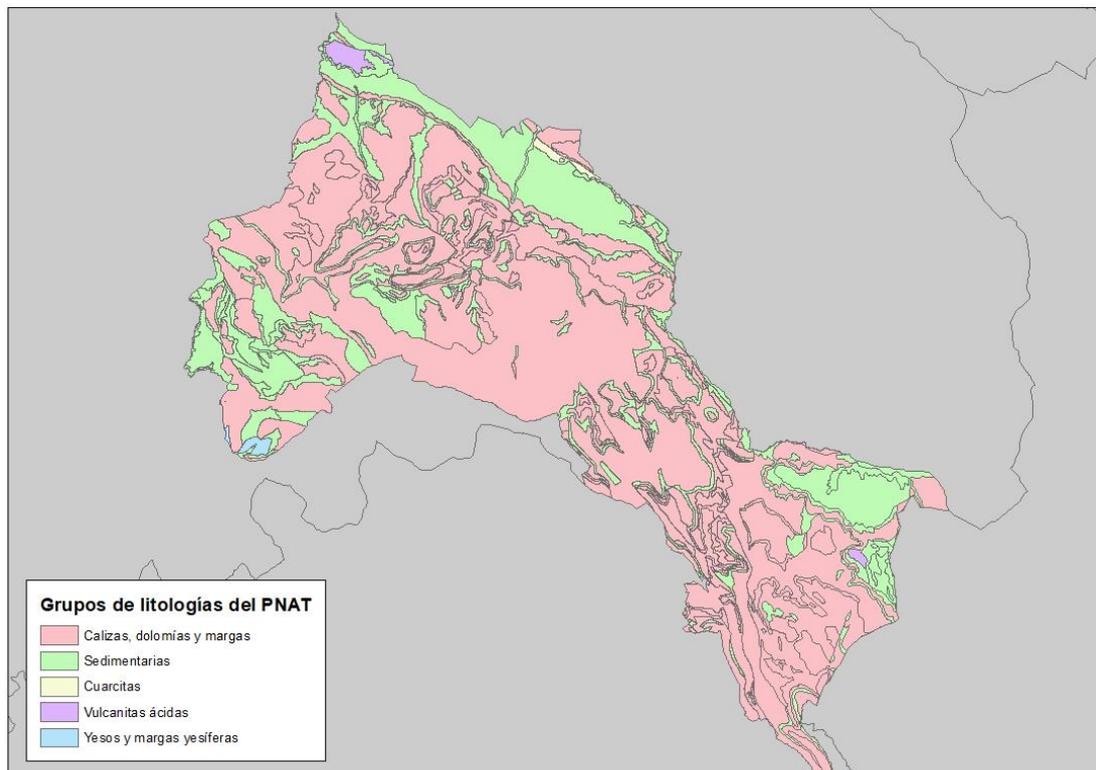


Figura 11. Localización de las agrupaciones de litologías de suelo realizadas para la estimación de carbono en el Parque Natural del Alto Tajo.

Tabla 4. Agrupaciones de litologías de suelo, superficie y representatividad dentro del Parque Natural del Alto Tajo.

Litología agrupada	Superficie (ha)	% Superficie
Calizas, dolomías y margas	123.235,8	71,4
Sedimentarias	47.469,3	27,5
Cuarcitas	406,0	0,2
Vulcanitas ácidas	1.042,8	0,6
Yesos y margas yesíferas	439,2	0,3
TOTAL	172.593,1	100,0

Tras la observación de la Tabla 4 se concluye que principalmente en el Parque predominan dos tipos de litologías: “Calizas, dolomías y margas” y litologías “Sedimentarias”. Estas dos litologías representan casi el 99% de la superficie del Parque Natural, quedando las otras agrupaciones de litologías reducidas en enclaves de pequeña extensión.

En el cálculo de los valores de carbono y CO₂ acumulados en los suelos forestales, se partió de 59 parcelas de muestreo de suelos existentes en la base de datos del INIA-CIFOR, repartidas en la zona del Parque Natural del Alto Tajo y alrededores del mismo. La gran mayoría (49) se encuentran dentro de la zona del Parque y 10 de ellas en zonas muy cercanas que se han considerado en el estudio para aumentar la representatividad de los datos disponibles de suelo, ya que los muestreos de suelo son difíciles de realizar, caros y los datos muy valiosos para captar la variabilidad natural de los suelos. Aun así, se creyó necesario aumentar los puntos existentes para obtener mejores estimaciones y una representatividad en el territorio acorde al objetivo del estudio que se lleva a cabo. Para ello se realizaron 24 nuevos puntos de muestreo en aquellas zonas menos representadas, tanto geográfica como de vegetación, siempre dentro de montes públicos. En litologías de “Cuarcitas”, en las de “Vulcanitas ácidas” y en las de “Yesos y Margas yesíferas” no se pudo instalar ninguna parcela de muestreo en el Parque, ya que la limitación de muestreo a montes públicos unida a la pequeña representación superficial de estas litologías dentro del Parque (sobre un 1,1% del territorio) hizo imposible este hecho. Por ello, estas tres litologías referidas quedaron incluidas dentro de la agrupación de “Calizas, dolomías y margas”.

Con ello se consigue una alta intensidad de muestreo en zonas forestales arboladas, bastante adecuada para obtener resultados ajustados, resultando una parcela cada 1.770 ha arboladas dentro del Parque. En la figura 12 se pueden observar la distribución de las mismas en el Parque.

En cada punto de muestreo se ha procedido a la apertura de un perfil edafológico mediante excavación hasta la profundidad de 125 cm o hasta alcanzar la roca madre (Figuras 13, 14 y 15). Se realizó un muestreo por horizontes pedogenéticos, tomándose muestras de cada uno de ellos y realizándose análisis físicos y químicos en laboratorio. Finalmente con estos datos se calculó la cantidad de carbono por superficie en cada punto.

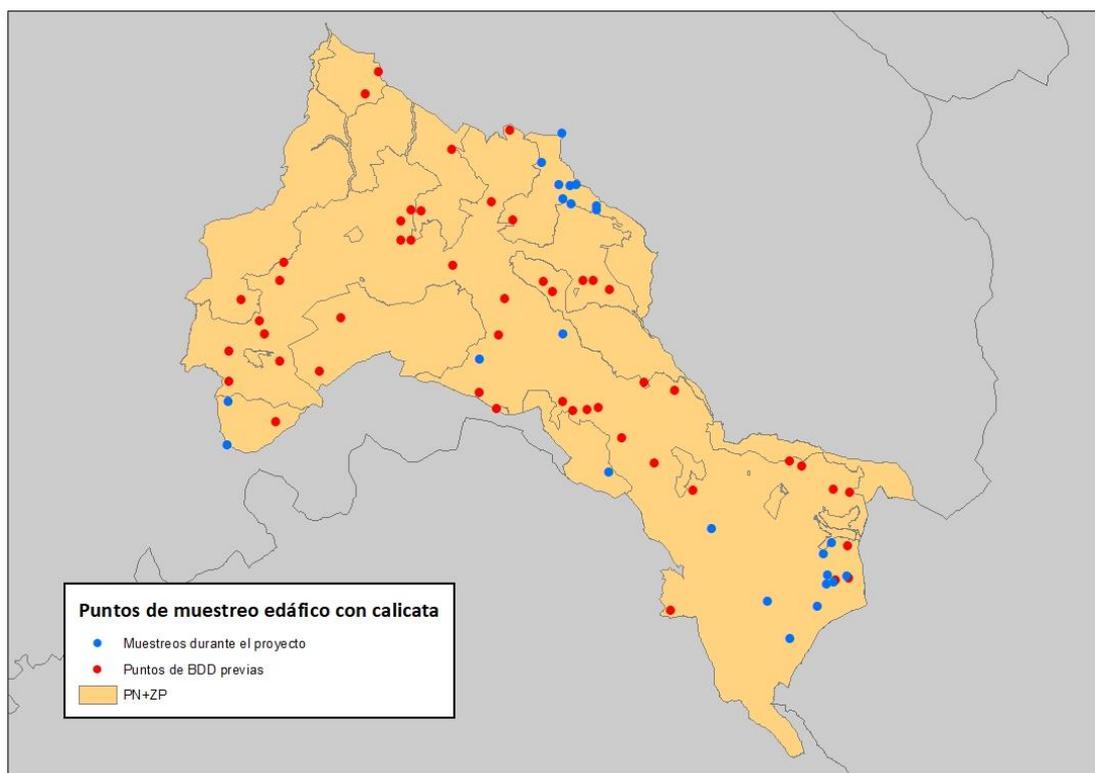


Figura 12. Distribución de los puntos de muestreo de suelo mineral dentro del Parque Natural del Alto Tajo.



Figura 13. Perfil abierto en masa de *Pinus sylvestris* en el TM Orea para el muestreo de carbono.



Figura 14. Perfil abierto en masa de *Juniperus thurifera* en el TM Corduente para el muestreo de carbono.



Figura 15. Perfil abierto en masa de *Pinus pinaster* en el TM Torremocha del Pinar para el muestreo de carbono.

El cálculo del carbono/CO₂ almacenado en los suelos se va a circunscribir a los suelos forestales, por tanto, las superficies existentes en la tabla 4 han de ser reducidas para incluir solamente aquellas superficies forestales por litología. En cada una de ellas, y a partir de los valores calculados para los perfiles muestreados (bases de datos INIA y aquellos realizados en el marco de este contrato), se les ha asignado una cantidad de carbono medio utilizado para la contabilidad total de los suelos forestales. En el caso de la litología de “Calizas, dolomías y margas” el valor medio fue de 365 t CO₂/ha y para el caso de las “Sedimentarias” el valor medio fue de 531,5 t CO₂/ha. Con estos valores y los datos de superficies forestales en cada agrupación, se ha obtenido un valor de **63,7 millones de toneladas de CO₂** (63.660.333 t CO₂) **fijado por los suelos forestales del Parque Natural del Alto Tajo** (Tabla 5).

Tabla 5. CO₂ total fijado en las diferentes agrupaciones de litologías en suelos forestales.

Litología agrupada	Superficie (ha)	% Sup.	Carbono (t C/ha)	CO ₂ (t CO ₂ /ha)	CO ₂ almacenado en los suelos (Mt/ha)
Calizas, dolomías y margas	112.229	72,4	99.5	365,0	40,96
Sedimentarias	42.703	27,6	145.0	531,5	22,70
TOTAL	154.932				63,66

**Incluye cuarcitas, vulcanitas ácidas y yesos y margas yesíferas*

FIJACIÓN DE CO₂ EN EL PARQUE NATURAL DEL ALTO TAJO: RESUMEN

A partir de los valores calculados para los diferentes compartimentos donde se encuentra almacenado el CO₂, vegetación tanto en su parte aérea como en la radical (arbórea, matorral), hojarasca y suelos, se puede realizar un resumen y agrupación que nos den una visión global de la importancia del Parque Natural del Alto Tajo como almacén de carbono.

Se estima que el CO₂ acumulado por los ecosistemas forestales del Parque asciende a 91,8 millones de toneladas de CO₂ (Tabla 6). Un 69% del total se encuentra almacenado en los suelos (63,6 millones de toneladas de CO₂); un 26% se encuentra almacenado en la vegetación arbórea (23,6 millones de toneladas de CO₂); un 1% en la vegetación arbustiva o de matorral (1,0 millones de toneladas de CO₂); y un 4% en la hojarasca (3,5 millones de toneladas de CO₂).

Tabla 6. Fijación de CO₂ e incremento anual de CO₂ por los sistemas forestales en el Parque Natural del Alto Tajo.

Almacén de CO ₂	CO ₂ almacenado (t CO ₂)	Incremento anual CO ₂ (t CO ₂ /año)
Vegetación arbórea*	23.633.723	468.232
Vegetación arbustiva*	1.024.417	76.813
Hojarasca	3.506.986	---
Suelos forestales	63.660.333	---
TOTAL	91.825.459	545.045

*Parte aérea y radical

Tan importante o más como conocer las cantidades almacenadas es estimar el potencial de fijación anual de la vegetación. La vegetación forestal del Parque Natural del Alto Tajo fija cada año 0,54 millones de toneladas de CO₂, funcionando como un potente aspirador del CO₂ atmosférico en la lucha contra el cambio climático. Esa importante cantidad, que supone un 2,2% de lo existente en la vegetación viva (es decir la fijación de CO₂ crece a un 2,1% anual), puede aumentarse mediante una gestión forestal sostenible que permita que los bosques sigan creciendo, estén protegidos frente a plagas y enfermedades, presten sus numerosos servicios ecosistémicos de la mejor manera posible y estén en condiciones adecuadas para la lucha contra el cambio climático.

Para difundir los resultados de este proyecto se ha realizado un tríptico divulgativo, además de una jornada de presentación de los mismos en Molina de Aragón, para que, de una manera sencilla, se pueda conocer la contabilidad realizada y la valiosa aportación de los ecosistemas forestales en la lucha contra el cambio climático. Este tríptico se incluye en el anexo I.

REFERENCIAS

BRAVO-OVIEDO A, RUIZ-PEINADO R, MODREGO P, ALONSO R, MONTERO G (2015) Forest thinning impact on carbon stock and soil condition in Southern European populations of *P. sylvestris* L. *Forest Ecology and Management* 357: 259-267

PAN Y, BIRDSEY RA, FANG J, HOUGHTON R, KAUPPI PE, KURZ WA, PHILLIPS OL, SHVIDENKO A, LEWIS SL, CANADELL JG, CIAIS P, JACKSON RB, PACALA SW, MCGUIRE AD, PIAO S, RAUTIAINEN A, SITCH S, HAYES D (2011) A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333: 988-993

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

RUIZ-PEINADO R, BRAVO-OVIEDO A, MONTERO G, DEL RÍO M (2016) Carbon stocks in a Scots pine afforestation under different thinning intensities management. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 21: 1059-1072

SANCHEZ-PALOMARES O, LÓPEZ-SENEPLEDA E (2010). Síntesis litológica para la España Peninsular y Balear. Documento de uso interno del INIA-CIFOR para investigación y docencia a partir del Mapa Litoestratigráfico, de Permeabilidades e Hidrogeológico de España 1:200.000 del Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

IMPORTANCIA DEL CO₂ FIJADO ANUALMENTE POR LA VEGETACIÓN FORESTAL

Los bosques tienen una importancia clave en la mitigación del cambio climático, funcionando como sumideros ya que acumulan el carbono atmosférico en sus tejidos por el crecimiento anual.

Para un mejor entendimiento de la importancia de la vegetación del Parque Natural del Alto Tajo, la vegetación forestal fija anualmente con su crecimiento las emisiones de CO₂ equivalentes de 454.204 vehículos, funcionando como un potente sumidero.

El crecimiento natural de la vegetación forestal en el Parque Natural del Alto Tajo fija las emisiones anuales de CO₂ equivalentes de 74.156 personas, lo que supone las emisiones del 29% de los habitantes de la provincia de Guadalajara.



Estudio realizado mediante un contrato entre el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) y la Dirección General de Política Forestal y Espacios Naturales de la Consejería de Agricultura, Medio Ambiente y Desarrollo Rural de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y financiado por la Obra Social de la Caixa.

"Fijación de carbono por las especies forestales y de matorral en el Parque Natural del Alto Tajo"



CARBONO FIJADO en los sistemas forestales del PARQUE NATURAL del ALTO TAJO

Tanto los sistemas arbolados como los poblados por matorral almacenan carbono en sus tejidos y contribuyen a mitigar el cambio climático



Diseño y maquetación: Lignum Forestal



91,97
millones de toneladas de carbono acumulado

CARBONO SECUESTRADO POR LOS SISTEMAS FORESTALES DEL PARQUE NATURAL DEL ALTO TAJO

El CO₂ acumulado en los sistemas forestales en el Parque Natural del Alto Tajo asciende a 91,97 millones de toneladas de CO₂ (año 2018).

El reparto en los diferentes almacenes dentro del bosque es: Vegetación 24,66 millones de toneladas de CO₂ (27%), hojarasca 3,66 millones de toneladas de CO₂ (4%) y suelo mineral 63,65 millones de toneladas de CO₂ (69%).

La densidad media de carbono por superficie forestal es de 650 toneladas/ha de CO₂, de las cuales 218 t/ha de CO₂ se encuentran en la vegetación, 31 t/ha CO₂ están fijadas en la hojarasca y 402 t/ha de CO₂ se encuentran secuestradas en el suelo.

VEGETACIÓN

En los sistemas arbolados del Parque Natural del Alto Tajo hay acumuladas 23,64 millones de toneladas de CO₂ y en las formaciones arbustivas se almacenan 1,02 millones de toneladas de CO₂ tanto en su parte aérea como subterránea.

Cada año el CO₂ almacenado aumenta en 0,47 millones de toneladas en los sistemas arbolados y 0,08 millones de toneladas en los sistemas arbustivos. El crecimiento supone un 2,2% del stock anual en la vegetación.

SUELO

Suelo mineral

Los suelos forestales del Parque Natural del Alto Tajo mantienen fijados un total de 63,65 millones de toneladas de CO₂.

Capa orgánica del suelo

La capa orgánica del suelo (hojarasca) tiene fijados 3,66 millones de toneladas de CO₂ en los terrenos forestales del Parque.



IMPORTANCIA

El crecimiento natural de la vegetación forestal supone que:

Cada año se acumulen
0,55 millones
de toneladas de CO₂

Se fija las emisiones anuales de CO₂ equivalentes del
29%
de los habitantes de la provincia de Guadalajara.

Supone que cada año un crecimiento de un
2,2%
de lo existente

