2025 | 16·20
GIJÓN | JUNIO
9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

# 9CFE-1916

Organiza

Sociedad Española de Ciencias Forestales
SECF

# Choperas de la Vega de Granada: capturando carbono en un tiempo récord.

RIPOLL MORALES, M.A. (1), NAVARRO REYES, F.B.(1), GÓMEZ AGRELA, P. (2) y FERNÁNDEZ ONDOÑO, E. (3)

(1) IFAPA Centro Camino de PURCHIL, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA)
(2) Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España.
(3) Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Granada.

**Resumen**

Entre los sistemas de cultivo capaces de secuestrar carbono (C) destacan las choperas debido a su rápido crecimiento. La gestión forestal sostenible de las choperas en la Vega de Granada tiene la capacidad de modificar el crecimiento de los árboles lo que se relaciona directamente con el efecto que tiene esta gestión en el secuestro de C. En este trabajo se ha evaluado el efecto del riego (sin limitaciones hídricas & con limitaciones hídricas), el manejo de la vegetación herbácea (desbroze mecanizado & laboreo sistemático) y la vocación previa del terreno (Agrícola & Forestal) en el secuestro de C midiendo la acumulación del mismo en tres almacenes (biomasa viva, biomasa muerta y suelo). Las unidades experimentales (UE) son 6 choperas y un suelo agrícola. La cantidad de C en la biomasa viva se ha cuantificado utilizando las ecuaciones alométricas que relacionan la biomasa de los distintos componentes del árbol con el diámetro normal. Para la toma de muestras de biomasa muerta se han delimitado 9 puntos en cada UE de los que se extrae semanalmente desde septiembre hasta diciembre. Utilizando el mismo esquema de muestreo se han recogido muestras de suelo a 0/10, 10/20, 20/30 y 30/40 cm de profundidad en 6 de las UE. La alta productividad de las choperas del Sureste de España determinada por las condiciones edafoclimaticas y las peculiaridades de la populicultura granadina (plantaciones con riego en zonas agrícolas de excelente calidad agronómica) maximiza el secuestro de C en la biomasa viva (9,4 Mg C $ha^{-1}$ $año^{-1}$), biomasa muerta (18,1 Mg C $ha^{-1}$) y suelo (82,7/113,5 Mg C $ha^{-1}$) en turnos sensiblemente inferiores a los del Norte de España (10 años frente a los 14 de Castilla y León).

**Palabras clave**

Secuestro de carbono, populicultura, manejo del suelo, gestión forestal sostenible.

## 1. Introducción

El crecimiento de los árboles es capaz de compensar el 25% de las emisiones anuales de carbono antropogénico al secuestrar carbono que utiliza en su desarrollo (CABON et al 2022).

El álamo (*Populus* sp) se planta ampliamente en todo el mundo y ha estado estrechamente vinculado a los seres humanos desde la antigüedad debido a sus múltiples beneficios (XI et al 2021). Las choperas se consideran como una de las masas forestales más eficientes para maximizar el secuestro de C debido a su rápido crecimiento y fuerte adaptabilidad ecológica (DEBELJAK et al 2014, HE et al 2021), teniendo un papel importante en el suministro de madera y en la fijación de CO2 atmosférico (MALHI et al 2002).

Actualmente, en la UE hay aproximadamente 450.000 ha de bosques y plantaciones de chopo orientados a la producción, concentrados principalmente en los países mediterráneos. En España tenemos 81.075 hectáreas de chopo orientadas a la

producción, 4.377 de ellas en Andalucía donde se concentran mayoritariamente en las Vegas de la provincia de Granada (CASADO et al 2022). Esta superficie supone solo un tercio de lo que había en el año 2012 cuando se dejaron de plantar choperas debido a la falta de rentabilidad de estos cultivos (CASTILLO et al 2019). En la actualidad está situación se está revirtiendo gracias a distintos proyectos de investigación que apuestan por la recuperación de las alamedas de Granada. Uno de ellos, LIFE Wood for Future (LIFE 20 CCM/ES/001656) "Recovery of Granada-Vega poplar groves to boost biodiversity and long-term carbon capture through structural bioproducts" está implantando medidas para incrementar la superficie de plantaciones de chopo que garanticen los beneficios medioambientales de las choperas y el suministro de madera para el fomento de una industria local innovadora a través de la gestión forestal sostenible de las choperas, impulsando la biodiversidad y el secuestro de C a largo plazo promoviendo un mercado de créditos de C basado en productos estructurales basados en laminados de chopo (tablones y chapa) para forjados y envolventes.

Uno de los últimos hitos de este proyecto LIFE ha sido la inclusión de los clones de chopo MC y Luisa Avanzo de procedencia española en la lista de madera aserrada apta para su uso estructural en la edificación aprobada por la Asociación Española de Normalización (UNE) y el Comité Europeo de Normalización (CEN). Esto contribuirá a la utilización de la madera de chopo en productos de larga vida útil que asegure el secuestro de C a largo plazo.

La populicultura, a diferencia de la agricultura, se desarrolla durante varios años (10–17) lo que exige una continuidad en la gestión (plantación y trabajos culturales) para poder llegar a conseguir una producción de calidad (FERNÁNDEZ y HERNANZ 2004).

La gestión forestal sostenible aplicada a las plantaciones de chopo que puede incrementar la tasa de acumulación de C, incluye prácticas culturales como el aumento del turno de corta, la disminución de la densidad arbórea, el manejo del riego, la selección de clones con mejores características técnicas para su utilización en la edificación y la adecuada gestión de los restos de poda.

## 2. Objetivos

El objetivo principal de este estudio es evaluar el efecto de distintas prácticas selvícolas en el secuestro de C cuantificando el almacenado en la biomasa viva, hojarasca y materia muerta y suelo en choperas del sureste de España.

## 3. Metodología

Las unidades experimentales (UE) se encuentra en la Vega de la ciudad de Granada (España) donde los suelos son muy fértiles en condiciones de regadío (Figura 1). Los suelos más abundantes son los Regosoles calcáricos procedentes de antiguos Fluvisoles, sin aportes recientes y modificados por el uso agrícola (IUSS Working Group WRB, 2022).

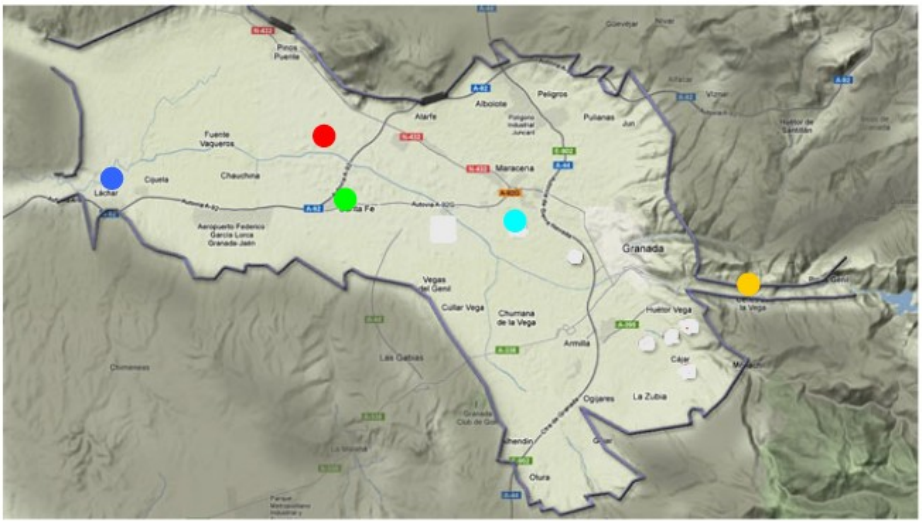


*Figura 1. Localización de las UE (Ch1Naranja, Ch2, Ch3 y Cag Azul claro, Ch4 Azul oscuro , Ch5 Verde, Ch6 Rojo)*

Son plantaciones con riego por inundación y no se aplica ningún tipo de fertilizante en las choperas de estudio.

En total hay 7 UE, ya que en la finca IFAPA se ha seleccionado una superficie agrícola (Cag) utilizada para distintos ensayos de cultivos agrícolas anuales. En el momento de la recogida de muestras estaba recién labrado, por lo que no había biomasa viva ni hojarascas y materia muerta sobre el suelo, cuantificando en ella únicamente el C edáfico.

Las características de las unidades experimentales seleccionadas se resumen en la Tabla 1. Para cuantificar el C en biomasa seca, hojarasca y materia muerta se han utilizado los datos de las 6 choperas mientras que para cuantificar el C edáfico se han muestreado las 5 primeras.

*Tabla 1. Características de las unidades experimentales*

| UE | Densidad , pies/ha | Edad, años | n | Clon | DBH (ES) , cm | Gestión | Vocación precia del terreno | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ch1 | 330 | 2 | 270 | MC | 8,84 | (0,16) | Laboreo intensivo | Riego cada dos semanas | Agrícola |
| Ch2 | 400 | 5 | 241 | MC, I-214, Beaupré y Raspalje | 23,32 | (0,14) | Desbrozado mecanizado | Riego cada 2 semanas | Agrícola |
| Ch3 | 400 | 5 | 219 | MC, I-214, Beaupré y Raspalje | 20,96 | (0,15) | Desbrozado mecanizado | Riego cada 4 semanas | Forestal (14 años) |
| Ch4 | 500 | 5 | 417 | I-214 | 20,49 | (0,08) | Laboreo intensivo | Riego cada 2 semanas | Agrícola |
| Ch5 | 500 | 5 | 634 | MC | 18,61 | (0,11) | Desbrozado mecanizado | Riego cada 3 semanas | Forestal (> 100 años) |
| Ch6 | 625 | 10 | 1577 | MC y Viriato | 26,38 | (0,07) | Laboreo anual | Riego cada 3 semanas | Forestal (> 100 años) |

Para cuantificar la biomasa viva se han utilizado los modelos de estimación de biomasa para *Populus* x euramericana (Dode) Guinier propuestos por MONTERO et al 2005 en los que se relaciona la biomasa seca (Kg) con el diámetro normal (cm). Estos autores han desarrollado funciones de regresión para cada fracción de biomasa utilizando ecuaciones alométricas linealizadas como modelo logarítmico y el factor de corrección (CF) calculado a partir del error estandar de la estimación (SEE).

El diámetro normal se ha medido con forcípula digital en todos los árboles de cada chopera.

Una vez determinado el peso de la biomasa seca a partir de estas ecuaciones alométricas, el peso del C fijado se calcula en función del valor de FC (fracción de C contenido en la materia seca) que, para el caso concreto de *Populus* x euramericana (Dode) Guinier estos mismos autores fijan en 48,3%.

Para cuantificar la hojarasca y materia muerta sobre la superficie del suelo en cada UE se han colocado 9 puntos equidistantes 10 m sobre una parcela de 400 $m^2$ (20 x 20 m) de los que se extrae la hojarasca y materia muerta. Este método está basado en los estudios de LIFE Forest CO2 ( SÁNCHEZ et al 2001). Sobre cada uno de los puntos con un marco de 0,5 x 0,5 m se recogió toda la materia muerta que había en el cuadrado hasta llegar a la primera capa del suelo. Estas subparcelas quedaron delimitadas por 4 varillas en sus esquinas para los siguientes muestreos. La recogida empezó a finales de septiembre y terminó en diciembre cuando los árboles ya se habían desprendido de todas sus hojas.

Las muestras recogidas en campo se limpiaron, secaron y pesaron en laboratorio para obtener el peso de la materia seca. Para calcular el carbono en cada punto se ha utilizado el factor de conversión de 0,5 (IPCC 2006).

En las mismas parcelas descritas para la hojarasca y sobre cada uno de los 9 puntos seleccionados se han extraído muestras de suelos para cuantificar el C edáfico con un muestreador de suelos de 50 cm de largo y 8 cm de diámetro. Una vez obtenida la muestra se almacenaron en 4 bolsas correspondientes con las cuatro profundidades (0-10, 10-20, 20-30 y 30-40 cm) para su posterior análisis en el laboratorio.

En cada uno de los 9 puntos seleccionados se han extraído muestras de suelo para la determinación de la densidad aparente del suelo (ρb) mediante el método del cilindro a 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35 y 35-40 cm.

Sobre la fracción fina de la muestra y previa determinación del porcentaje de gravas se ha cuantificado el C orgánico (% CO) por el método de Walkey-Black modificado por TYURIN (1951) y el C inorgánico (% CaCO3) por el método de Wesemael.

Tras el procesado físico y químico de las 216 muestras de suelos (9puntos x 4 profundidades x 6 UE) la cuantificación del C orgánico (SOC) y del C inorgánico (SIC) se realiza utilizando la siguiente expresión matemática:

$$SOC = \rho b \times 10 \times dh \times (CCO/100) \times Cm$$

$$SIC = \rho b \times 10 \times dh \times (CCI/100) \times Cm$$

donde:

SOC & SIC = Cantidad de C orgánico & Cantidad de C inorgánico,

respectivamente(Kg $m^{-2}$)

ρb = densidad aparente del suelo (g $cm^{-3}$)

dh = profundidad del horizonte analizado

CCO & CCI = Concentración de C orgánico & Concentración de C inorgánico

Cm = Peso de la fracción de finos en la muestra de suelo

## 4. Resultados

En la Figura 2 se muestra la media ± ES del total del carbono contenido en la hojarasca y materia muerta expresado en Mg $ha^{-1}$.

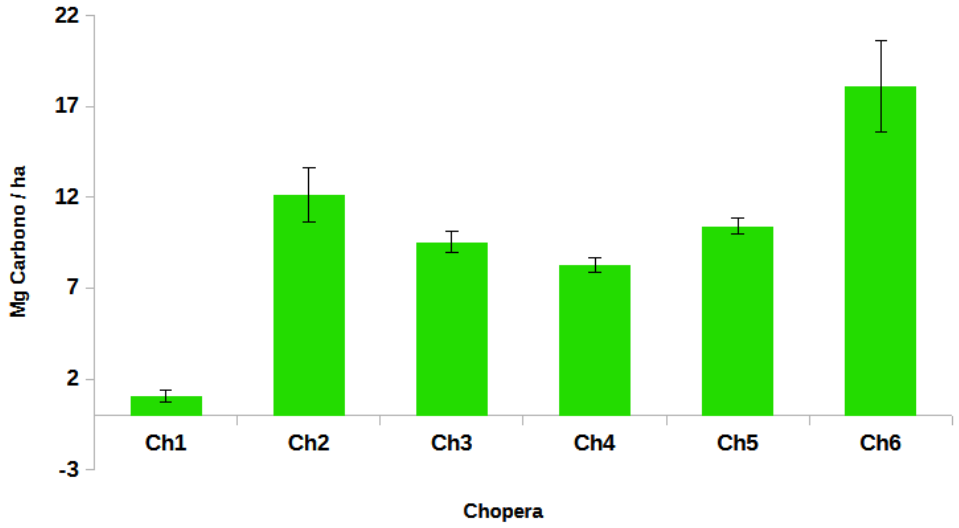


*Figura 2. Valores medios ± ES de Mg C $ha^{-1}$ en hojarasca y materia muerta*

El peso de la biomasa seca de cada una de las fracciones analizadas se muestra en la Tabla 2.

*Tabla 2: Media y ES (entre paréntesis) de las distintas fracciones de biomasa (kg de materia seca/fracción).*

| UE | Biomasa aérea | | Biomasa radical | | Biomasa Total | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fuste | Ramas | | Hojas | | Total aérea | | | | | | | | | | | |
| Ramas > 7 cm | Ramas 2 – 7 cm | | | | Ramas < 2 cm | | | | | | | | | | | |
| Ch1 | 12,66 | (0,51) | 1,17 | (0,05) | 3,44 | (0,09) | 1,30 | (0,03) | 18,58 | (0,69) | 3,96 | (0,17) | 22,52 | | (0,87) | |
| Ch2 | 129,52 | (1,96) | 6,42 | (0,17) | 15,35 | (0,26) | 15,79 | (0,15) | 5,89 | (0,05) | 172,97 | (2,60) | 51,26 | (0,86) | 224,23 | (3,46) |
| Ch3 | 99,43 | (1,93) | 4,14 | (0,15) | 11,44 | (0,25) | 13,32 | (0,16) | 4,97 | (0,06) | 133,31 | (2,55) | 38,26 | (0,83) | 171,57 | (3,38) |
| Ch4 | 92,83 | (0,83) | 3,58 | (0,05) | 10,56 | (0,10) | 12,81 | (0,08) | 4,79 | (0,03) | 124,57 | (1,08) | 35,36 | (0,34) | 159,93 | (1,43) |
| Ch5 | 74,98 | (1,00) | 2,61 | (0,05) | 8,37 | (0,12) | 11,07 | (0,10) | 4,14 | (0,04) | 101,16 | (1,32) | 28,04 | (0,41) | 129,20 | (1,73) |
| Ch6 | 178,00 | (1,20) | 11,18 | (0,13) | 21,94 | (0,16) | 19,28 | (0,08) | 7,18 | (0,03) | 237,68 | (1,60) | 73,11 | (0,54) | 310,79 | (2,01) |

Las toneladas de C $ha^{-1}$ (Mg C $ha^{-1}$) contenidas en la materia seca se muestra en la Tabla 3

*Tabla 3: Media y ES (entre paréntesis) de Mg C $ha^{-1}$ de las distintas fracciones de biomasa.*

| UE | Biomasa aérea | Biomasa radical | Biomasa Total | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fuste | Ramas | Hojas | Total aérea | | | | | | | | | | | | | |
| Ramas > 7 cm | Ramas 2 – 7 cm | Ramas < 2 cm | | | | | | | | | | | | | | |
| Ch1 | 2,02 | (0,08) | 0,00 e | 0,19 | (0,01) | 0,55 | (0,02) | 0,21 | (0,01) | 2,96 | (0,11) | 0,63 | (0,01) | 3,59 | (0,14) | |
| Ch2 | 25,02 | (0,38) | 1,24 | (0,03) | 2,98 | (0,05) | 3,05 | (0,06) | 1,14 | (0,01) | 33,42 | (0,50) | 9,90 | (0,15) | 43,32 | (0,67) |
| Ch3 | 19,21 | (0,37) | 0,80 | (0,02) | 2,21 | (0,04) | 2,57 | (0,03) | 0,96 | (0,011) | 25,74 | (0,49) | 7,39 | (0,16) | 33,15 | (0,65) |
| Ch4 | 22,15 | (0,19) | 0,85 | (0,01) | 2,52 | (0,02) | 3,06 | (0,02) | 1,14 | (0,01) | 29,72 | (0,26) | 8,44 | (0,08) | 38,16 | (0,34) |
| Ch5 | 17,89 | (0,23) | 0,62 | (0,01) | 1,99 | (0,02) | 2,64 | (0,03) | 0,99 | (0,01) | 24,13 | (0,31) | 6,69 | (0,11) | 30,82 | (0,41) |
| Ch6 | 53,76 | (0,36) | 3,37 | (0,04) | 6,62 | (0,04) | 5,82 | (0,02) | 2,16 | (0,01) | 71,75 | (0,48) | 22,07 | (0,16) | 93,82 | (0,65) |

Los resultados de los análisis de suelo se muestran en la Tabla 4

*Tabla 4: Medias y ES (entre paréntesis) de Concentración de Carbono Inorgánico, CIS Concentración de Carbono Orgánico, COS (Mg C $ha^{-1}$) según profundidad de cada horizonte y valor total en los 40 cm de perfil.*

| Profundidad | CAg | Ch1 | Ch2 | Ch3 | Ch4 | Ch5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COS | CIS | COS | CIS | COS | CIS | COS | CIS | COS | CIS | COS | CIS | | | | | | | | | | | | |
| 0-10 cm | 10,84 | (0,41) | 14,43 | (0,70) | 7,75 | (1,05) | 24,34 | (3,14) | 11,55 | (0,9) | 25,06 | (1,01) | 14,14 | (0,61) | 20,08 | (0,55) | 25,92 | (3,08) | 49,51 | (1,54) | 21,54 | (2,24) | 22,69 | (0,59) |
| 10-20 cm | 21,25 | (1,88) | 28,30 | (2,51) | 7,78 | (1,05) | 50,26 | (6,52) | 20,56 | (1,31) | 59,90 | (2,60) | 20,22 | (1,92) | 40,87 | (1,20) | 43,20 | (3,69) | 110,98 | (1,57) | 23,41 | (2,56) | 44,00 | (0,93) |
| 20-30 cm | 27,72 | (3,51) | 43,64 | (3,01) | 8,30 | (1,34) | 68,83 | (10,03) | 22,72 | (2,84) | 84,99 | (5,86) | 26,55 | (2,46) | 67,90 | (2,87) | 108,10 | (19,82) | 189,03 | (4,31) | 32,96 | (3,77) | 71,52 | (3,02) |
| 30-40 cm | 22,95 | (2,00) | 64,46 | (5,11) | 11,20 | (4,43) | 80,46 | (11,35) | 38,71 | (8,30) | 126,08 | (8,37) | 33,55 | (3,78) | 89,67 | (2,18) | 139,71 | (25,78) | 252,51 | (7,86) | 35,24 | (4,80) | 105,09 | (6,58) |
| TOTAL | 82,76 | (4,44) | 150,82 | (5,34) | 35,03 | (6,50) | 223,89 | (28,27) | 86,72 | (10,26) | 272,57 | (21,08) | 94,54 | (5,71) | 218,52 | (5,07) | 326,57 | (47,46) | 601,4 | (11,73) | 113,5 | (11,91) | 243,31 | (7,69) |

## 5. Discusión

La tasa de crecimiento de los árboles es un factor clave en el secuestro de C (BRIENEN et al 2020) de forma que las diferencias entre los diámetros medios de las choperas estudiadas son determinantes en la cantidad de biomasa viva producida.

Como era de esperar la edad es el principal factor que determina el diámetro. No obstante, cuando se observa el diámetro de las choperas de la misma edad (Ch2, Ch3, Ch4 y Ch5) se aprecia una tendencia de cambios relacionada con los tratamientos selvícolas (densidad y riego). Así la densidad mas baja, como han observado otros autores (NAVARRO et al 2022), aumenta la tasa de crecimiento como ocurre en $DBH_{Ch2}$ y $DBH_{Ch3}$. Por otra parte, en plantaciones con densidades más altas y sin limitaciones hídricas, se observa un mayor crecimiento en las que más se riegan ($DBH_{Ch4} > DBH_{Ch5}$). En este último caso hay que señalar además que el clon presente en Ch4 es el I-214, que es el que presenta mayores crecimientos en la zona de estudio (RIPOLL et al 2018)

Los valores de C Total $ha^{-1}$ $año^{-1}$ de la biomasa viva obtenido en Granada para la Ch6 a turno de 10 años es de 9,4 Mg C $ha^{-1}$ $año^{-1}$, valor similar al obtenido para choperas de calidad I en Castilla y León que es de 11,3 Mg C $ha^{-1}$ $año^{-1}$ en turnos de 14 años (RUEDA et al 2019; MONTERO et al 2005).

Al transformar el C en CO2 se obtienen 34,3 Mg CO2 $ha^{-1}$ $año^{-1}$, valor similar al obtenido en Castilla y León para choperas de Calidad II que se ha fijado en 31,2 Mg CO2 $ha^{-1}$ $año^{-1}$ (AEFCON et al 2020). DÍAZ et al (2005) en bosques de ribera natural y repoblaciones con especies de ribera en el río Henares en Madrid dan valores de 1,3 Mg CO2 $año^{-1}$. CHIARABAGLIO et al (2014) han obtenido valores de 12 Mg CO2 $año^{-1}$ en choperas productivas y 9 Mg CO2 $año^{-1}$ para las formaciones naturales de *Populus*.

En el caso de la hojarasca y materia muerta también es la edad el factor que controla el desfronde. Los valores de la biomasa muerta obtenidos en Granada para la Ch6 a turno de 10 años es de 36.240 Kg $ha^{-1}$, valor muy superior al obtenido en choperas de la Comunidad de Madrid, 7.747 Kg $ha^{-1}$ en choperas de 11 años de edad y lo mismo ocurre para las choperas de 5 años donde los valores del desfronde para choperas de Granada y de Madrid son de 20.160 Kg $ha^{-1}$ *y* 767 Kg $ha^{-1}$ respectivamente (CRUZ 2005).

En cuanto al C edáfico el laboreo en choperas de 5 años (Ch4) aumenta los valores de COS en el perfil del suelo al enterrar la materia orgánica procedente del desfronde (8,26 Mg C $ha^{-1}$). Este efecto del laboreo intensivo se ha observado en olivares en los que esta practica también se realiza y se ha relacionado con la menor velocidad de mineralización de la materia orgánica enterrada (CASTRO et al 2008).

No se han encontrado diferencias entre suelos agrícolas y forestales lo que puede deberse a las lentas dinámicas de las propiedades edáficas tras el cambio de uso del suelo (SEGURA et al 2019), a la intensa extracción de nutrientes por el arbolado para sostener su rápido crecimiento, y a la limitación en este estudio de la profundidad testada, hasta los 40 cm. Otros autores sí han encontrado diferencias significativas entre suelos de choperas y suelos de cultivos de maíz realizado en la misma zona que este estudio pero en horizontes mas profundos, concretamente entre 50 y 100 cm de profundidad (SIERRA et al 2013).

En las choperas de la misma edad (Ch2, Ch3 y Ch5) que la Ch4 y que no se laborean, los valores de SOC total son más bajos lo que sugiere un proceso de mineralización de la materia orgánica en superficie más rápido facilitando la liberación de nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantaciones sin abonado.

La distribución de SOC en profundidad muestra el mismo patrón en todas las choperas, mayor en profundidad que en superficie, excepto en la chopera Ch1 que

al ser la más joven tiene el patrón típico de suelos agrícolas donde el laboreo continuo homogeneiza los contenidos de SOC en el perfil.

## 6. Conclusiones

El rápido crecimiento de los chopos en la Vega de Granada, debido a las condiciones edafoclimáticas y a las peculiaridades de la populicultura granadina (plantaciones con riego en zonas agrícolas de excelente calidad agronómica) maximiza el secuestro de C en la biomasa aérea y radicular en menos tiempo, de forma que el stock de Carbono secuestrado por las choperas granadinas, siendo similar al de las choperas del Norte de España, se obtiene en turnos mucho más cortos de 10 años frente a los 14 de Castilla y León.

La continua aportación de biomasa al suelo procedente del desfronde, el cual aumenta con la edad de la chopera, permite equilibrar de forma paralela, la intensa extracción de nutrientes por el arbolado para mantener su crecimiento, sin necesidad de utilizar fertilizantes.

El proceso de mineralización del carbono edáfico puede verse afectado por el manejo selvícola de forma que laboreos continuos ralenticen este proceso al enterrar la materia orgánica fresca.

Prácticas selvícolas adaptativas y sostenibles como disminuir la densidad arbórea, el manejo del riego, la trituración de los restos de podas y la selección de clones de chopo con mejores características técnicas para alargar la vida útil de los productos finales pueden aumentar la capacidad de secuestro de carbono de estas choperas

## 7. Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias al CONVENIO “CEM21-144 CHOPERAS C” firmado entre el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) y la Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España (COSE) “DISEÑO DE MODELOS SELVÍCOLAS AMBIENTALMENTE SOSTENIBLES E IMPLEMENTACIÓN DE LOS MISMOS EN LAS CHOPERAS DE LA VEGA DE GRANADA ADHERIDAS AL PROYECTO LIFE WOOD FOR FUTURE” (2022/2025).

Agradecer a la Agrupación MARJAL de Productores de Chopo de Granada su colaboración en la búsqueda de las alamedas que han sido objeto de estudio en este trabajo y para lo que nos han dado todas las facilidades posibles.

## 8. Bibliografía

AEFCON; COSE; DGPNPF; CFMA; JCYL; SOMACYL. 2020. Beneficios ambientales y socioeconómicos de la populicultura en la cuenca del Duero. pp.: 71.

BRIENEN, J. W.; CALDWELL, L.; DUCHESNE L.; VOELKER S.; BARICHIVICH J.; BALIVA M.; CECCANTINI G.; DI FILIPPO A.; HELAMA S.; LOCOSSELLI M.; LOPEZ L.;PIOVESAN G.; SCHÖNGART J.;VILLALBA R.; GLOOR E. 2020 Forest carbon sink neutralized by pervasive growth-lifespan trade-offs NATURE COMMUNICATIONS (2020) 11:4241https://doi.org/10.1038/s41467-020-17966-z

CABON, A.; KANNENBERG, S. A.; ARAIN, A.; BABST, F.; BALDOCCHI, D.; BELMECHERI, S.; DELPIERRE, N.; GUERRIERI, R.; MAXWELL, J. T.; MCKENZIE, S.; MEINZER, F. C.; MOORE, D. J. P.; PAPPAS, C.; ROCHA, A. V.; SZEJNER, P.; UEYAMA, M.; ULRICH, D.; VINCKE, C.; VOELKER, S. L.; WEI, J.; WOODRUFF, D.; ANDEREGG, W. R. L. 2022. Cross-biome synthesis of source versus sink limits to tree growth. Science 376: 758-761. https://doi.org/10.1126/science.abm4875

CASADO ÁLVAREZ, J.; CHAMORRO GARCÍA, G.; JIMENEZ MONTALVO, A. J.; CHECA ALONSO, M. J.; GARCÍA FERNÁNDEZ, M.A.; LERNER CUZZI, M. 2022. Mapa forestal de choperas, fuente de información para la elaboración del primer inventario forestal de choperas de españa. Principales resultados. Actas 8º Congreso Forestal Español. 8CFE-269. SECF ISBN 978-84-941695-64

CASTILLO, A.; CHACÓN, E.; DE TERESA, J.; GALLEGO, A.; JIMÉNEZ, G.V.; LLOPIS, L.; MARTÍNEZ, A.; MARTÍNEZ-CAÑAVETE, F.; NAVARRO, F.B.; PÉREZ, E.; RIPOLL, M.A.; 2019. Beneficios de la Bioeconomía del Chopo en Granada. Consejo Social-Universidad de Granada. pp.:57. Granada.

CASTRO, J..; FERNÁNDEZ-ONDOÑO, E.; RODRÍGUEZ C.; LALLENA A.M.; SIERRA, M.; AGUILAR J. 2008. Effects of different olive-grove management systems on the organic carbon and nitrogen content of the soil in Jaénn (Spain) Soil & Tillage Research 98 (2008) 56–67. https://doi:10.1016/j.still.2007.10.002

CHIARABAGLIO P.M.; GIORCELLI A.; ALLEGRO G. 2014. Environmental sustainability of poplar stands. In: Actas de las Jornadas de Salicaceas 2014. Cuarto Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina Sauces y Álamos para el desarrollo regional Ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina, Marzo 18–21, 2014. ISSN 1850-3543: 8 pp.

CRUZ, A.C. 2005. Dinámica de nutrientes en parcelas experimentales de Populus x Euroamericana (Dode) Guinier I-214. Tesis doctoral, E.T.S.I. Agrónomos.

DEBELJAK, M.; POLJANEC, A.; ZENKO, B. 2014. Modelling forest growing stock from inventory data: a data mining approach. Ecol. Indic. 41, 30–39. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.01.010

DÍAZ, Y.; MARTÍNEZ T.; MARTÍNEZ M. F. 2005. Biomasa en enclaves riparios naturales y su efecto en la producción de carbono. IV Congreso Forestal Español, Zaragoza. SECF.

FERNÁNDEZ, A.; HERNANZ, G 2004. El chopo (Populus sp). Manual de gestión forestal sostenible. Monografías Junta CyL. pp.: 53.

HE, Y.J.; HAN, X.R.; WANG, X.P.; WANG, L.Q.; LIANG, T. 2021. Long-term ecological effects of two artificial forests on soil properties and quality in the eastern Qinghai-Tibet Plateau. Sci. Total Environ. 796, 148986 https://doi.org/10.1016/He et al 2021

IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol 4.

IUSS WORKING GROUP WRB. 2022. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. 4a edición. Unión Internacional de las Ciencias del Suelo (IUSS), Viena, Austria.

MALHI, Y.; MEIR, P.; BROWN, S. 2002. Forests, carbon and global climate. Phil. Trans. R. Soc. Lond. A (2002) 360, 1567-1591 https://doi.org/10.1098/rsta.2002.1020

MONTERO, G.; RUIZ-PEINADOR, R; MUÑOZ, M. 2005. Producción de biomasa y fijación de CO2 por los bosques españoles. Monografías INIA: Serie Forestal nº13. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid pp.: 270.

RIPOLL MORALES, M.A.; NAVARRO REYES, F.B.; SÁNCHEZ-MIRANDA, A.; GÁLVEZ GARRIDO, C.1; SÁNCHEZ PEINADO M.J. 2018. Ensayo clonal de *Populus* en la Vega de Granada: resultados preliminares de supervivencia, crecimiento y desarrollo fustal. LIBRO DE ACTAS (97-104). Junta de Castilla y León Edt. Sociedad Pública de

Infraestructuras y Medio Ambiente de Castilla y León S.A. pp.: 368.

RUEDA, J.; GARCÍA CABALLERO, J. L.; CUEVAS, Y.; GARCÍA-JIMÉNEZ, C.; VILLAR, C. 2019. Cultivo de chopos en Castilla y León (J. de C. y L. V. Consejería de Fomento y Medio Ambiente (ed.)). pp.: 113.

SÁNCHEZ, T; CASTRO, A; VILLANUEVA, J.L.; JORDÁN, E.; PIAIRO E.M, 2001. Guías Técnicas para la cuantificación de la absorción de carbono de las técnicas de gestión forestal sobre *Pinus halepensis* y *Pinus pinaster*. LIFE14 CCM/ES/001271-LIFE FOREST CO2. pp.: 115.

SIERRA F.J.; MARTÍNEZ R.; VERDE F.J.; MARTÍN J.J.; MACÍAS, F. 2003. Soil-carbon sequestration and soil-carbon fractions, comparison between poplar plantations and corn crops in -eastern SpainM. Soil & Tillage Research 130 (2013), 1-6. http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2013.01.011

TYURIN, I.V. 1951. Analytical Procedure for A Comparative Study of Soil Humus. Trudy. Pochr. Inst. Dokuchaeva 38.

XI, B.; CLOTHIER, B. E.; MARK, C.; DUAN, J. 2021. Understanding the relationship between biomass production and water use of *Populus tomentosa* trees throughout an entire short-rotation. Forest Ecology and Management 494(6). https://doi.org/10.106/j.foreco.2021.119330