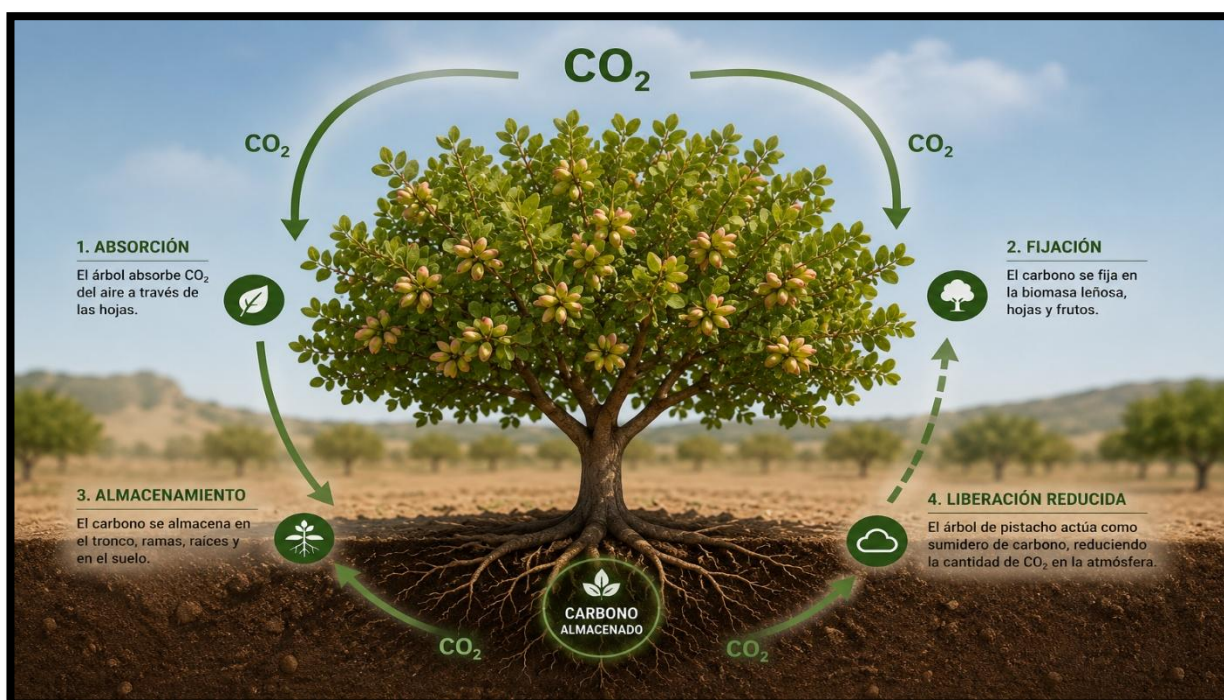


# MEMORIA

Estudio para desarrollar y testar una metodología de Evaluación de Carbono y Servicios Ecosistémicos en sistemas agrícolas con el objetivo de su incorporación en mercados de carbono.



Fecha: 07/05/2026

Realizan: Escuela de Emprendimiento Sostenible (EES) y GEFORST

Financiado por: ADIMAN, con el apoyo de RECAMDER y de la Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural de la JCCM.

## CONTENIDO

---

1. Objetivo y alcance .....	5
2. Datos de partida .....	6
3. Metodología de cálculo .....	8
3.1. Variables estructurales .....	8
3.2. Biomasa aérea .....	8
3.3. Carbono y CO <sub>2</sub> equivalente.....	8
4. Resultados estructurales.....	9
5. Servicio ecosistémico: regulación climática.....	10
5.1. Proyección futura del secuestro de Carbono.....	11
6. Diagnóstico del suelo.....	12
7. Diagnóstico de biodiversidad.....	13
8. Diagnóstico del agua .....	13
9. Valoración integrada de servicios ecosistémicos .....	14
9.1. Valoración económica mediante Créditos de Carbono. ....	14
9.2. Escenarios del precio del Carbono. ....	15
9.3. Valor económico actual y proyectado. ....	15
10. Conclusiones .....	16
11. Fuentes y referencias técnicas .....	17

# INFORME TÉCNICO SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN PLANTACIÓN DE PISTACHO

Villanueva de la Jara (Cuenca)



Figura 1. Delimitación de las parcelas catastrales analizadas.

## Introducción.

La producción agrícola mediterránea se ha visto afectada en estos últimos tiempos por el Cambio Climático, grandes variaciones han generado incertidumbre y puesto en marcha que instituciones tanto locales, como regionales, nacionales e internacionales busquen mecanismos para mitigar estos efectos. Fundamentalmente políticas de adaptación al Cambio Climático.

El Carbono es un elemento esencial para los vegetales y animales. Glucosa, fotosíntesis...

Los vegetales captan el CO<sub>2</sub> del aire y durante la fotosíntesis liberan oxígeno, además producen el material nutritivo indispensable para los seres vivos. El equilibrio en esta producción sustenta la vida en la Tierra.

Las formaciones vegetales actúan como sumideros de carbono por su función vital principal (fotosíntesis). Las buenas prácticas agrícolas junto con la gestión sostenible de los recursos favorecen la absorción de CO<sub>2</sub> generando auténticos “pulmones” agrícolas en gran parte de nuestra región. Con este estudio se pretende cuantificar la absorción actual y potencial para entrar en el mercado libre de los créditos de carbono y poder generar ingresos adicionales al cultivo

## Resumen ejecutivo

Se ha evaluado una plantación de pistacho situada en Villanueva de la Jara (Cuenca), a partir de mediciones con LiDAR terrestre. La cual nos proporciona con gran precisión el diámetro y altura de cada uno de los pies de pistacho presente en las tres parcelas catastrales. El informe estima el servicio ecosistémico de regulación climática mediante biomasa aérea, carbono almacenado y CO<sub>2</sub> equivalente, y complementa el diagnóstico con una valoración cualitativa de suelo, agua y biodiversidad.

Indicador	Resultado
Superficie analizada	1,199 ha
Árboles medidos	246
Área basal total	5,01 m <sup>2</sup>
Biomasa aérea estimada	7,88 t
Carbono almacenado en biomasa aérea	3,70 t C
CO <sub>2</sub> equivalente almacenado	13,58 t CO <sub>2</sub> eq
CO <sub>2</sub> equivalente medio por hectárea	11,32 t CO <sub>2</sub> eq/ha

## 1. OBJETIVO Y ALCANCE

---

El objetivo es cuantificar y documentar los principales servicios ecosistémicos generados por la plantación, con especial atención a la regulación climática por almacenamiento de carbono. El alcance incluye: (1) análisis estructural de los árboles medidos, (2) cálculo de biomasa aérea y CO<sub>2</sub> equivalente, (3) normalización por hectárea usando superficies catastrales, y (4) diagnóstico de suelo, biodiversidad y agua a escala de explotación.



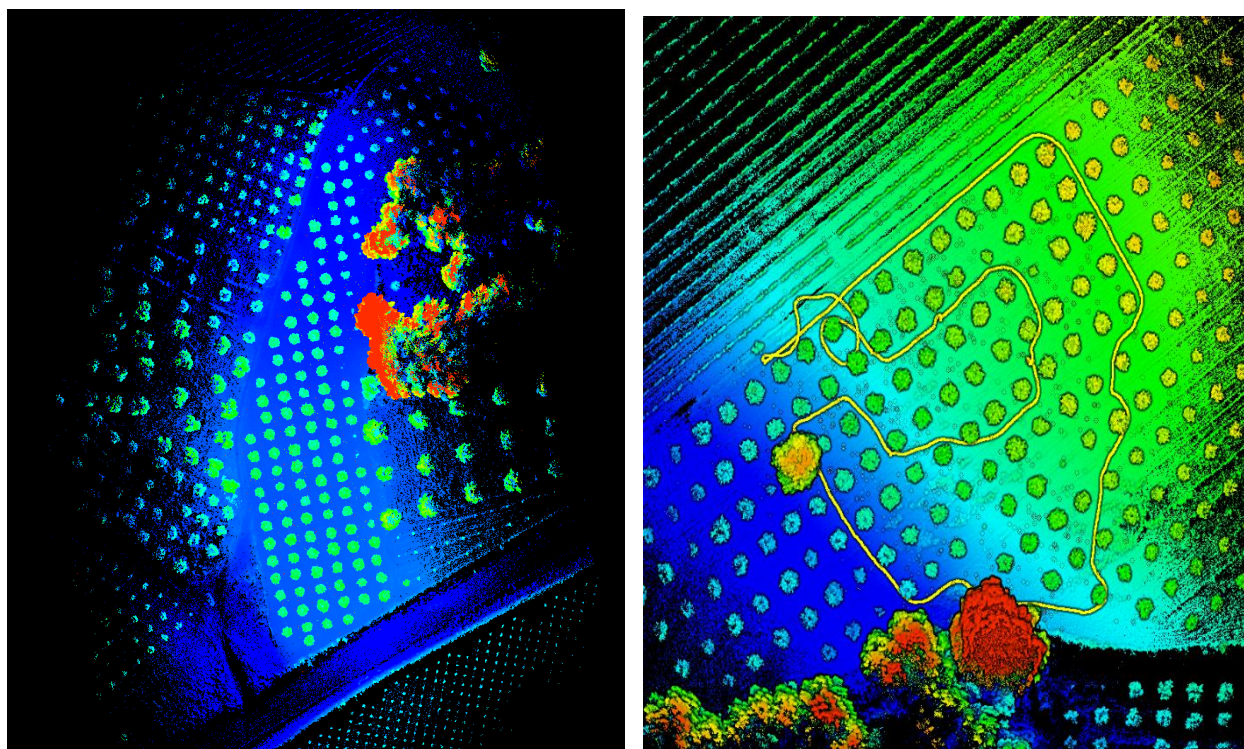
*Imágenes 1 y 2 Técnico de Geforest en la parcela de estudio*

El presente cálculo no incluye carbono orgánico del suelo medido en laboratorio, biomasa radical, carbono en restos de poda ni emisiones asociadas a labores agrícolas. Por tanto, los resultados deben interpretarse como una primera estimación conservadora de biomasa aérea viva.

## 2. DATOS DE PARTIDA

Para la captación del dato lidar se utilizó un sensor Ligrip H-300 con una capacidad de emisión de 600 mil puntos/segundo y un rango de alcance de 300 metros. Consiste la captación en recorrer por distintas pasadas y transectos la plantación objeto de estudio. Una vez descargados estos datos se realiza un procesado de depuración y análisis de la información.

Se han utilizado tres ficheros excel de medición captados por LiDAR terrestre y generados con un software de automatización de Inventario, con diámetro del tronco a 0.6 metros de altura sobre el suelo. Inicialmente se introdujo también para su análisis la parcela 332, aunque una vez en campo se descartó por la presencia de protectores de plástico, que alterarían la precisión en la medición del diámetro.



*Imágenes 3 y 4 Nubes de puntos lidar brutas de las parcelas 323 y 420*

Altura total en metros, y tres ficheros GML catastrales en coordenadas ETRS89 / UTM zona 30N (EPSG:25830). Todos estos datos están desglosados individualmente y por parcela en el Anejo nº 1 “Árboles”.

Polígono	Parcela	Ref. catastral	Superficie m <sup>2</sup>	Superficie ha	Árboles	Densidad arb/ha
27	323	16261A02700323	5.699,20	0,570	120	210,6
27	324	16261A02700324	2.134,14	0,213	42	196,8
27	420	16261A02700420	4.159,67	0,416	84	201,9



Imágenes 5 y 6 Plantación y dispositivo lidar

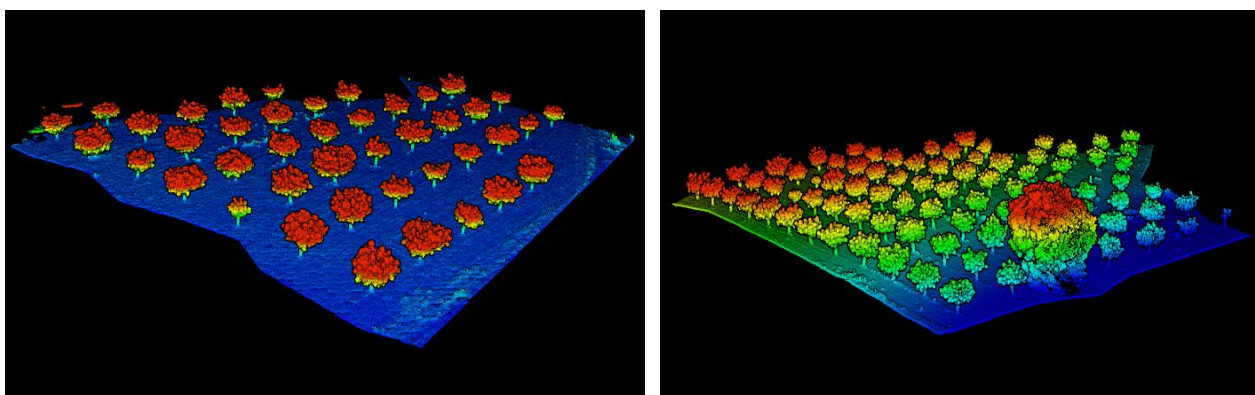
### 3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

#### 3.1. Variables estructurales

Para cada árbol se ha empleado el diámetro DBH (m) y la altura total H (m). El área basimétrica individual se calculó como  $AB = \pi \cdot (D/2)^2$ , expresada en  $m^2$ .

#### 3.2. Biomasa aérea

Se aplicó una ecuación alométrica general para biomasa aérea leñosa que integra densidad de madera, diámetro y altura:  $B = 0,0673 \cdot (\rho \cdot D^2 \cdot H)^{0,976}$ . En la aplicación, D se expresa en cm, H en m y  $\rho$  en  $g/cm^3$ . Se ha adoptado una densidad de madera de referencia de  $0,75 g/cm^3$  para pistacho/vegetación leñosa densa, al no disponer de una ecuación destructiva local específica para pistachero en Castilla-La Mancha.



Imágenes 6 y 7 Nubes de puntos Lidar Pistachos de la parcela 324 y 420.

#### 3.3. Carbono y CO<sub>2</sub> equivalente

La biomasa seca se transformó a carbono usando una fracción de carbono  $CF = 0,47$ . El carbono se convirtió a CO<sub>2</sub> equivalente con el factor estequiométrico  $44/12 = 3,667$ .

## 4. RESULTADOS ESTRUCTURALES

Polígono	Parcela	Árboles	DBH medio (m)	DBH min (m)	DBH max (m)	Altura media (m)	Altura min (m)	Altura max (m)	Área basimétrica (m <sup>2</sup> )
27	323	120	0,169	0,107	0,205	2,88	1,29	3,80	2,73
27	324	42	0,145	0,102	0,209	2,73	2,11	3,44	0,71
27	420	84	0,153	0,109	0,261	2,79	1,85	3,51	1,57

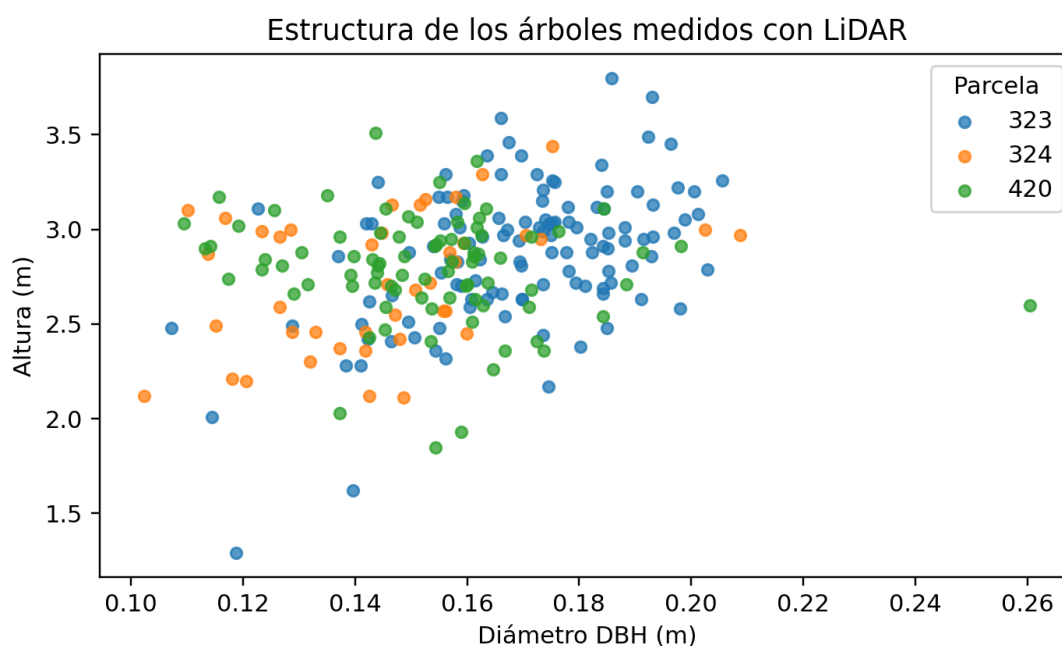


Figura 2. Relación diámetro-altura en los árboles medidos.

## 5. SERVICIO ECOSISTÉMICO: REGULACIÓN CLIMÁTICA

Parcela	Biomasa aérea t	Biomasa t/ha	Carbono t C	Carbono t C/ha	CO2 eq t	CO2 eq t/ha	CO2 medio kg/árbol
323	4,37	7,67	2,05	3,60	7,53	13,21	62,7
324	1,09	5,10	0,51	2,40	1,88	8,79	44,7
420	2,42	5,82	1,14	2,74	4,17	10,03	49,7

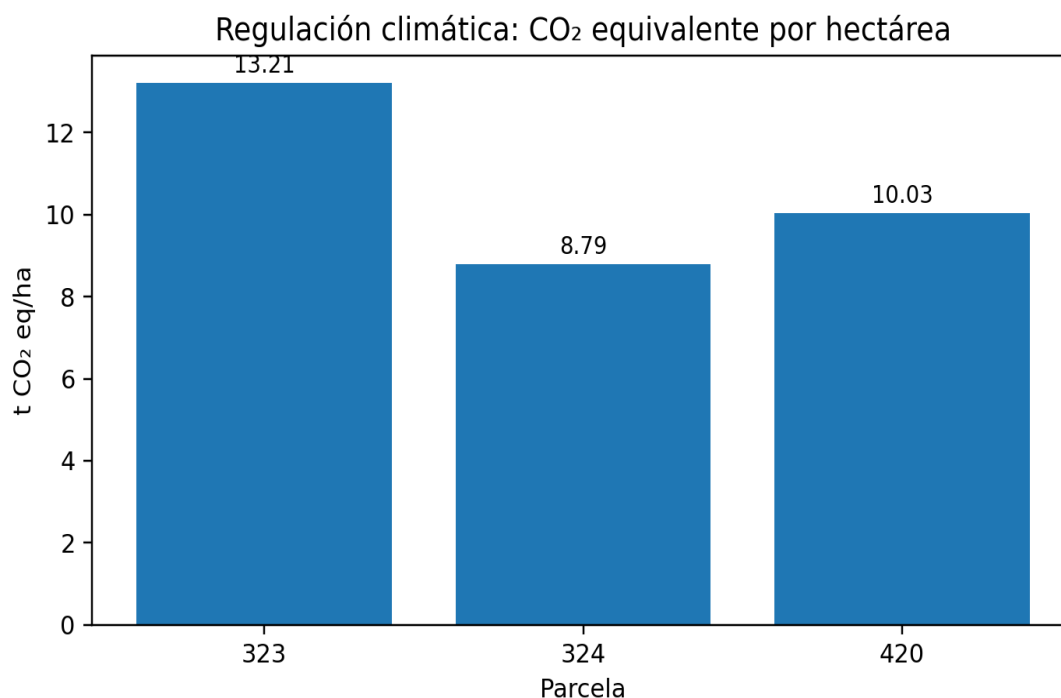


Figura 3. CO<sub>2</sub> equivalente almacenado por hectárea en biomasa aérea.

En conjunto, la explotación analizada almacena 13,58 t CO<sub>2</sub> eq en biomasa aérea viva, con una media de 11,32 t CO<sub>2</sub> eq/ha. La parcela 323 presenta el valor más alto por hectárea (13,21 t CO<sub>2</sub> eq/ha), asociado a mayor diámetro medio, mayor área basal y mayor biomasa por árbol.

## 5.1. Proyección futura del secuestro de Carbono.

La predicción a futuro para esta plantación se realiza con la intención de tener una estimación para los próximos años, hemos utilizado un modelo de crecimiento basado en lentisco "*Pistacia lentiscus*" como especie próxima debido a su cercanía funcional y uso como portainjerto del pistacho.

Utilizamos una ecuación de variación del diámetro en función de la edad la cual es:

$$Y = 1,0825.X$$

Donde Y representa el diámetro medio y X la edad del árbol. Este modelo presenta un R<sup>2</sup> de 0,9545 lo cual se traduce en un muy buen ajuste estadístico.

Horizonte	Factor crecimiento	CO <sub>2</sub> proyectado (T)
Actual	1.0	13.6
+5 años	1.8	24–25
+10 años	2.7	36–38
+15 años	3.3	45–48

Las proyecciones muestran un incremento progresivo del servicio ecosistémico de regulación climática conforme avanza el desarrollo estructural del pistachero.

La plantación estudiada constituye un agroecosistema mediterráneo con capacidad creciente de secuestro de carbono y un potencial relevante para agricultura, adaptación climática y valorización de Servicios Ecosistémicos.

## 6. DIAGNÓSTICO DEL SUELO

---

El diagnóstico del suelo se interpreta de forma preliminar, ya que no se dispone de analítica edáfica. En el contexto agrícola de La Manchuela conquense son esperables suelos calizos, con pH básico, presencia de carbonatos, contenido de materia orgánica normalmente limitado en sistemas agrícolas mediterráneos y riesgo de pérdida estructural si se mantiene suelo desnudo durante largos periodos.

Servicios ecosistémicos asociados al suelo:

- Control de la erosión: la estructura permanente del cultivo leñoso reduce la exposición del suelo frente a escorrentías intensas y mejora la estabilidad física respecto a cultivos herbáceos con laboreo frecuente.
- Formación y mantenimiento de fertilidad: la caída de hojas, raíces finas y restos de poda puede incrementar progresivamente la materia orgánica si se tritura e incorpora o se mantiene como acolchado.
- Regulación hídrica: un suelo con cubierta vegetal y buen contenido orgánico mejora infiltración y retención de agua útil, reduciendo escorrentía superficial.
- Actividad biológica: la presencia de raíces permanentes y cubierta espontánea favorece microorganismos, lombrices, artrópodos del suelo y procesos de ciclado de nutrientes.

## 7. DIAGNÓSTICO DE BIODIVERSIDAD

---

La explotación se inserta en un mosaico agrario mediterráneo donde los cultivos leñosos pueden actuar como elementos de conectividad si se gestionan con cubierta vegetal, setos, linderos y reducción de tratamientos fitosanitarios. El valor de biodiversidad dependerá más del manejo que del cultivo en sí.

Servicios ecosistémicos potenciales asociados a biodiversidad:

- Hábitat y refugio para ave, micromamíferos, reptiles e invertebrados, especialmente si existen lindes con vegetación y cubierta entre calles.
- Control biológico de plagas por aumento de enemigos naturales, como himenópteros parasitoides, coleópteros depredadores, arañas y aves insectívoras.
- Soporte a polinizadores y fauna auxiliar mediante flora espontánea, aunque el pistacho es fundamentalmente anemófilo; la cubierta vegetal sí puede aportar recurso floral.
- Conectividad ecológica entre cultivos, ribazos, cauces temporales y manchas de vegetación natural.

Recomendaciones de manejo: conservar cubierta vegetal controlada, evitar herbicida total, mantener bandas florales y linderos, instalar refugios para fauna auxiliar y registrar aves/polinizadores mediante transectos estacionales.

## 8. DIAGNÓSTICO DEL AGUA

---

Villanueva de la Jara se sitúa en el ámbito de la cuenca del Júcar y en un contexto mediterráneo continentalizado con déficit hídrico estival. En este escenario, el pistachero es un cultivo estratégico por su tolerancia relativa a sequía y su capacidad de mantener viabilidad productiva con dotaciones hídricas moderadas o en seco, aunque el rendimiento se beneficia claramente de una gestión precisa del riego cuando existe disponibilidad.

Servicios ecosistémicos relacionados con el agua:

- Mejora de infiltración y reducción de escorrentía cuando se mantiene cubierta vegetal entre calles.
- Disminución del riesgo de erosión hídrica en eventos de lluvia intensa, especialmente en parcelas con pendiente o suelo desnudo.
- Mayor eficiencia hídrica relativa frente a alternativas de mayor consumo, siempre que se use riego localizado, programación por demanda y control de salinidad.
- Contribución a la adaptación climática mediante elección de un cultivo leñoso tolerante a estrés hídrico.

## 9. VALORACIÓN INTEGRADA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Servicio	Valoración preliminar	Justificación
Regulación climática	Alta para estado joven-medio	13,58 t CO <sub>2</sub> eq almacenadas en biomasa aérea viva.
Suelo	Media-alta si hay cubierta	Reducción de erosión y potencial incremento de materia orgánica.
Agua	Media-alta	Cultivo tolerante a sequía; alto valor si se aplica riego eficiente y cubierta vegetal.
Biodiversidad	Variable según manejo	Aumenta con cubiertas, linderos, bandas florales y menor presión química.
Producción alimentaria	Alta	Cultivo leñoso mediterráneo de alto valor económico y adaptación regional.

### 9.1. Valoración económica mediante Créditos de Carbono.

El CO<sub>2</sub> equivalente estimado para la plantación puede expresarse como potencial de generación de créditos de carbono. En términos operativos, se adopta la equivalencia habitual de 1 crédito de carbono = 1 tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente. No obstante, esta valoración debe interpretarse como potencial económico bruto, no como ingresos certificado automático ya que la emisión de créditos exige adicionalidad, permanencia, verificación, trazabilidad y registro bajo un estándar reconocido.

## 9.2. Escenarios del precio del Carbono.

Se proponen cinco escenarios para capturar la variabilidad del mercado voluntario y de proyectos de alta calidad. Los escenarios bajos y medios se ajustan a referencias recientes de créditos basados en naturaleza. El escenario premium recoge créditos con mayor calidad, trazabilidad o beneficios ambientales adicionales; y el escenario local alto se incluye únicamente como referencia comercial de mercado, no como precio garantizado.

Escenario	Precio utilizado (€/t CO2e)	Interpretación
Bajo	7	Crédito voluntario de naturaleza con baja prima de calidad
Medio	15	Escenario prudente para proyectos agroambientales verificables
Alto	24	Rango superior habitual para créditos de naturaleza
Premium	60	Proyecto con alta calidad, co-beneficios y mayor demanda
Local alto	150	Referencia comercial puntual para bono CO2; no se toma como base principal

## 9.3. Valor económico actual y proyectado.

Tomando como referencia el CO<sub>2</sub> almacenado actualmente y de los factores de crecimiento proyectados se calcula el valor bruto potencial del Servicio Climático. Siendo precios orientativos y sin asumir los cortes de certificación, auditoría, registro...

Horizonte	CO2 estimado (t)	7 €/t	15 €/t	24 €/t	60 €/t	150 €/t
Actual	13.58	95 €	204 €	326 €	815 €	2.037 €
+5 años	24.44	171 €	367 €	587 €	1.467 €	3.667 €
+10 años	36.67	257 €	550 €	880 €	2.200 €	5.500 €
+15 años	44.81	314 €	672 €	1.076 €	2.689 €	6.722 €

Para una lectura conservadora, el rango recomendado de valoración para el informe se sitúa entre 7 y 24 €/T CO<sub>2</sub> eq. El escenario premium puede utilizarse con cautela, pero no como hipótesis principal.

## 10. CONCLUSIONES

---

El carbono aporta un valor complementario: mejora el posicionamiento ambiental del cultivo, refuerza la narrativa de agricultura de carbono, facilita el acceso a programas de sostenibilidad y puede generar ingresos adicionales si se certifica correctamente.

La recomendación técnica es presentar los créditos de carbono como un ingreso complementario y estratégico, no como el eje principal de rentabilidad. El eje principal sigue siendo el rendimiento agronómico del pistacho, mientras que la medición LiDAR y la estimación de CO<sub>2</sub> permiten diferenciar la explotación en mercados sostenibles.

- La superficie total analizada asciende a 1,199 ha, con 246 árboles medidos mediante LiDAR terrestre.
- La biomasa aérea total estimada es de 7,88 t, equivalente a 3,70 t C y 13,58 t CO<sub>2</sub> eq.
- La parcela 323 es la que presenta mayor provisión del servicio de regulación climática por hectárea, coherente con su mayor diámetro medio y área basimétrica.
- El sistema tiene potencial alto para reforzar servicios de suelo, agua y biodiversidad si se mantiene cubierta vegetal controlada, se aprovechan restos de poda y se minimiza el suelo desnudo.
- Para una futura certificación o monetización del carbono se recomienda incorporar inventarios repetidos en el tiempo, analítica de suelo y una metodología específica de línea base y adicionalidad.

## 11. FUENTES Y REFERENCIAS TÉCNICAS

---

- Catastro / GML aportado por el usuario: geometrías catastrales de las parcelas 16261A02700323, 16261A02700324 y 16261A02700420.
- Medición LiDAR terrestre: CSV de diámetro DBH y altura total por árbol.
- Chave, J. et al. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*.
- IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Fracción de carbono por defecto utilizada como referencia.
- AEMET. Predicción municipal y referencia meteorológica para Villanueva de la Jara (Cuenca).
- Confederación Hidrográfica del Júcar. Actuaciones de adecuación hidráulica y medioambiental del río Valdemembra en Villanueva de la Jara.
- MITECO. Red Natura 2000 y visores de biodiversidad y bosques.
- Universidad de Córdoba / estudios sobre relaciones hídricas y manejo de riego en pistachero.
- Sylvera (2026). Carbon offset price trends: referencias de precios para créditos basados en naturaleza.
- Regreener (2025). Carbon credit prices and forecasts for 2026: rangos de 7-24 €/t CO<sub>2</sub>e y proyectos premium.
- Comisión Europea (2026). Carbon Removals and Carbon Farming: marco europeo de remociones de carbono y agricultura de carbono.
- Chaparrillo / Castilla-La Mancha (2025). Enfoque 360 e IGP Pistachos de la Mancha: referencias de rendimiento medio en secano y regadío.
- MAPA (2025). Perspectivas de campaña 2025/26 de frutos secos: evolución de la producción de pistacho en España.

# ANEJO I

## Datos árboles individuales medidos

Idarbol	DBH	Ht	Biomasa (kg)	Carbono	CO2
1	0,1853	2,90	45,04	20,70	75,98
2	0,1206	3,11	20,58	9,63	35,36
3	0,1559	3,03	31,94	15,01	55,10
4	0,1581	2,71	26,44	13,84	50,78
5	0,1157	2,84	20,40	14,29	53,44
6	0,1462	2,66	31,67	14,96	54,98
7	0,1798	3,03	39,65	18,73	68,74
8	0,1795	3,21	41,78	19,84	72,39
9	0,1545	3,17	33,04	15,81	58,02
10	0,1821	2,95	45,15	19,81	72,70
11	0,1485	2,41	22,63	10,63	38,83
12	0,1745	3,17	36,74	13,51	48,57
13	0,1736	3,21	41,69	19,59	71,91
14	0,1456	3,06	36,29	17,05	60,59
15	0,1360	3,29	36,13	16,59	60,50
16	0,1425	2,40	23,26	10,93	40,12
17	0,1497	2,88	30,08	13,00	48,44
18	0,1423	2,42	21,47	10,09	37,03
19	0,1411	2,5	21,79	10,34	37,59
20	0,1704	3,04	36,12	17,90	65,76
21	0,1988	3,05	51,67	24,29	88,13
22	0,1896	3,05	48,96	21,66	82,88
23	0,1851	3,12	48,99	21,15	77,12
24	0,2025	3,2	55,98	25,88	94,87
25	0,1757	3,04	43,47	19,02	68,81
26	0,1752	3,26	43,08	20,25	74,32
27	0,1734	3,15	40,84	19,19	70,44
28	0,1736	2,99	36,90	18,28	67,10
29	0,1288	2,49	28,17	8,54	31,34
30	0,1738	3,12	42,58	20,21	73,44
31	0,1844	3,11	45,48	21,37	78,44
32	0,1627	2,40	29,52	13,87	50,80
33	0,1849	3,2	47,01	22,09	81,08
34	0,184	3,34	46,55	22,82	83,74
35	0,1549	3,17	32,87	15,49	56,87
36	0,1777	2,88	36,25	18,45	67,70
37	0,1675	3,46	41,83	19,66	73,15
38	0,1687	3,39	42,96	19,77	72,55
39	0,1626	2,40	32,57	14,67	52,73
40	0,185	2,48	36,68	17,25	63,29
41	0,1688	2,43	32,87	15,45	56,70
42	0,1882	2,94	44,80	21,05	77,27
43	0,1881	3,01	45,79	21,52	78,98
44	0,1668	2,54	30,68	14,42	52,83
45	0,1627	2,72	45,45	19,01	68,77
46	0,1687	2,81	35,02	16,36	60,41
47	0,1752	3,03	45,12	19,86	69,20
48	0,1554	2,77	29,08	13,67	50,17
49	0,1473	2,9	30,27	17,05	60,54
50	0,1851	2,9	45,79	20,11	73,81
51	0,1724	3,29	45,13	19,80	70,87
52	0,1598	3,08	33,32	15,66	57,47
53	0,1911	2,43	41,42	19,36	71,41
54	0,1781	2,76	36,09	17,90	65,89
55	0,1798	3,25	45,15	20,28	74,43
56	0,1582	2,43	32,75	14,45	52,04
57	0,144	3,25	29,20	13,77	50,53
58	0,175	2,87	30,26	18,45	67,71
59	0,1539	2,91	29,94	14,07	51,85
60	0,1583	3,18	34,93	16,42	60,25
61	0,1603	2,38	33,52	15,75	57,82
62	0,1736	2,44	31,90	14,99	55,02
63	0,1622	2,96	47,46	22,21	81,47
64	0,1383	2,7	28,89	17,68	62,58
65	0,1969	2,88	45,58	23,30	85,51
66	0,1627	2,96	33,94	15,95	58,54
67	0,1781	3,04	41,54	19,53	71,88
68	0,1591	3,15	34,52	16,22	58,55
69	0,1751	2,88	36,14	17,90	65,78
70	0,1794	2,72	27,62	17,77	65,23
71	0,2023	3,08	58,46	25,12	90,21
72	0,1665	2,47	35,43	16,74	61,44
73	0,142	3,03	36,43	12,31	45,80
74	0,1384	2,28	19,18	8,03	30,09
75	0,1636	3,39	36,18	18,41	67,55
76	0,174	3,05	39,84	18,72	68,72
77	0,1604	3,2	44,77	23,39	85,86
78	0,1963	3,45	58,85	26,72	98,07
79	0,1561	3,29	38,70	19,21	68,86
80	0,1501	3,13	32,07	13,53	48,26
81	0,1429	3,03	36,95	12,87	46,49
82	0,1576	3,22	33,84	15,31	50,87
83	0,1843	2,49	36,43	18,53	68,01
84	0,1843	2,46	36,02	18,33	67,27
85	0,1398	2,58	43,54	20,36	75,11
86	0,1842	2,91	42,53	19,89	73,26
87	0,1503	3,49	55,23	25,96	95,27
88	0,1884	2,81	42,42	20,42	74,86
89	0,2025	3,26	58,83	27,65	101,47
90	0,1858	3,8	56,12	26,38	96,83
91	0,1396	1,42	13,98	6,57	24,11
92	0,1188	1,29	8,17	3,84	14,09
93	0,1542	2,32	24,71	11,61	42,62
94	0,1544	2,36	24,56	11,54	42,37
95	0,2029	2,79	49,29	23,17	85,03
96	0,1366	3,59	42,61	20,23	73,50
97	0,159	2,7	29,66	13,84	51,17
98	0,181	2,7	30,20	17,95	65,89
99	0,1823	2,88	41,26	19,29	71,16
100	0,1829	2,86	45,76	21,51	78,93
101	0,1688	2,43	32,87	15,45	56,70
102	0,1725	2,71	35,20	16,59	60,89
103	0,1915	2,85	46,50	21,85	80,20
104	0,1655	2,59	29,01	13,62	50,04
105	0,1551	2,48	36,21	12,22	44,86
106	0,141	2,28	19,89	9,55	34,31
107	0,1645	2,47	31,25	14,74	54,08
108	0,1604	2,43	32,68	15,36	56,37
109	0,1729	3,01	36,84	18,26	67,00
110	0,1614	2,73	30,87	14,51	53,26
111	0,1485	2,51	28,49	11,51	42,25
112	0,1587	3,01	32,94	15,84	56,68
113	0,137	2,88	25,46	11,02	40,47
114	0,1852	2,76	41,11	19,32	70,90
115	0,1683	2,94	36,44	17,12	62,85
116	0,1684	2,43	35,14	16,52	60,62
117	0,1623	2,84	32,44	15,25	55,95
118	0,1506	2,43	24,07	11,21	41,50
119	0,1145	3,01	11,79	5,55	20,21
120	0,1072	2,48	12,65	5,94	21,82

PARCELA 323

PARCELA 324

PARCELA 420



## ESTUDIO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN PLANTACIÓN DE PISTACHO

Análisis LIDAR • Biomasa • Carbono • Proyección futura • Valor de créditos de carbono

### TECNOLOGÍA LIDAR

Modelado 3D de la plantación mediante LIDAR aerotransportado para estimar altura, cobertura y biomasa con alta precisión.

### DELIMITACIÓN CATASTRAL

Parcelas obtenidas y delimitadas en formato GML para análisis espacial y cálculo preciso de superficies.

### BIODIVERSIDAD

Habitat favorable para fauna y flora. Contribución a la conectividad ecológica y a la conservación del entorno.

### AGUA

El cultivo de pistacho presenta bajas necesidades hídricas y mejora la infiltración y retención del suelo.

### SUELO

Aumento de materia orgánica, mejora de la estructura del suelo y reducción de la erosión.

### PROYECCIÓN FUTURA DEL SEQUESTRADO DE CO<sub>2</sub>

Horizonte	Biomasa aérea (t MS)	Carbono (t C)	CO <sub>2</sub> equivalente (t CO <sub>2</sub> )
Actual (año 0)	6.155	3.078	13.58
A 5 años	10.760	5.380	23.72
A 10 años	15.995	7.998	35.19
A 15 años	20.300	10.150	44.66

Proyección basada en ecuaciones de crecimiento de *Physalis peruviana* (especie proxy). Sujeto a validación con datos locales.

**CARBONO ALMACENADO EN BIOMASA Y SUELO**

### MODELOS DE CRECIMIENTO UTILIZADOS

1. Variación del diámetro en función de la edad

$$y = 1,0825 \times x - 0,9454$$

$y$  = diámetro medio (mm)  
 $x$  = edad (años)

2. Acumulación de biomasa en función de la edad

$$Y(t) = a \cdot e^{b \cdot \text{edad}}$$

$$\log(Y) = a + b \cdot \log(\text{edad})$$

$Y(t)$  = biomasa acumulada (t MS/ha)  
 $\text{edad}$  = años; a, b = parámetros ajustados

### VALOR DE CRÉDITOS DE CARBONO

Escenario de precio (€/t CO <sub>2</sub> )	Valor actual (13,58 t CO <sub>2</sub> )	Valor a 5 años (23,72 t CO <sub>2</sub> )	Valor a 10 años (35,19 t CO <sub>2</sub> )	Valor a 15 años (44,66 t CO <sub>2</sub> )
Conservador (30 €/t)	407 €	712 €	1.056 €	1.340 €
Medio (60 €/t)	815 €	1.423 €	2.111 €	2.679 €
Optimista (100 €/t)	1.358 €	2.372 €	3.519 €	4.466 €

El valor económico del carbono puede convertirse en una fuente adicional de ingresos a través de mercados voluntarios de carbono.

### BALANCE NETO: SUMIDERO DE CARBONO

SUPERFICIE	BIOMASA AÉREA	CARBONO ALMACENADO	CO <sub>2</sub> EQUIVALENTE ALMACENADO	PROYECCIÓN FUTURA
1.199 ha	6.155,18 t MS	3.077,59 t C	13,58 t CO <sub>2</sub>	Aumento significativo de carbono a 5, 10 y 15 años

### BALANCE DE CO<sub>2</sub>

La plantación actúa como sumidero de carbono

SEQUESTRADO

13,58 t CO<sub>2</sub> almacenadas actualmente

EMISIONES

bajas asociadas al manejo del cultivo

Cofinanciado por la Unión Europea

Asociación de Desarrollo Integral de la Manchuela Conquense

Financiado por la Unión Europea

NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

LEADER Desarrollo liderado por las comunidades locales





Escuela de Emprendimiento Sostenible, S.L.

CIF- B44705754

Calle Blesas, 15

C.P. 16.235 Iniesta (Cuenca)