

JORNADA DE INTERCAMBIO DE EXPERIENCIAS ENTRE GRUPOS OPERATIVOS Y PROYECTOS INNOVADORES SOBRE SUELOS

7 de Abril de 2021

GRUPO OPERATIVO CARBOCERT

Cuantificación y certificación de carbono orgánico en suelos
agrícolas y estructuras perennes de cultivos leñosos
mediterráneos

Presentación

- ▶ Video de presentación **GO CARBOCERT**
- ▶ Introducción del proyecto
- ▶ Fijación de carbono en suelos
- ▶ Fijación de carbono en estructuras leñosas
- ▶ Esquema de certificación
- ▶ Preguntas

Video de presentación CARBOCERT



**Grupo operativo para la cuantificación y certificación
del carbono secuestrado en los suelos agrícolas
y en las estructuras vegetales de los principales
cultivos agrícolas del entorno mediterráneo**

0:04:04



Introducción del proyecto

Histórico:



Submedida 16.2. Ayudas para la ejecución de proyectos de innovación de interés general por grupos operativos de la asociación europea para la innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas (AEI-AGRI)

- **1ª Fase : Creación del GO y formulación de los objetivos**
- **2ª Fase : Realización del estudio con los objetivos marcados**
- 3ª Posible Fase : Extensión a otros cultivos (girasol, frutales, hortalizas, leguminosas, ...)

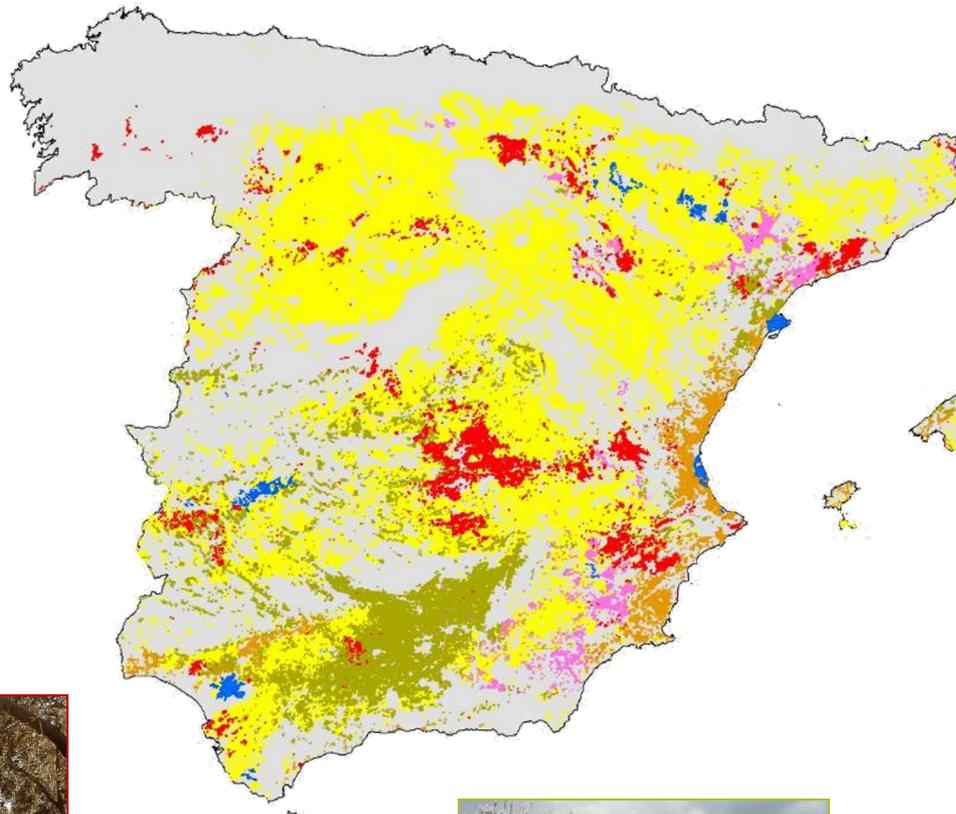
Objetivos Grupo Operativo

► Metodología:

- Desarrollo de BBDD bibliográfica
 - Estrategias de manejo
 - Metodologías de cuantificación
 - Estudio complejidad/coste/precisión
- Desarrollo Red de parcelas de experimentación
- Definición de guía de buenas practicas
- Esquema de certificación
- Divulgación y Difusión



CEREALES



VID



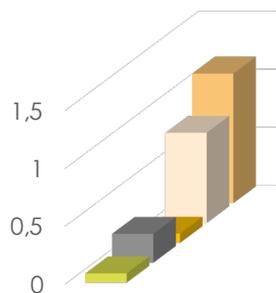
OLIVAR



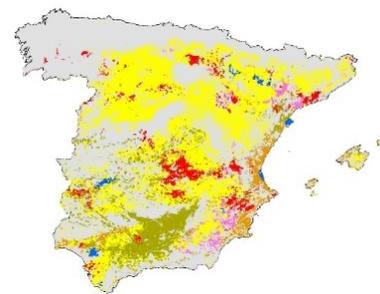
ALMENDRO



CÍTRICOS



Recopilación de datos de secuestro de carbono por técnica/sistema y cultivo

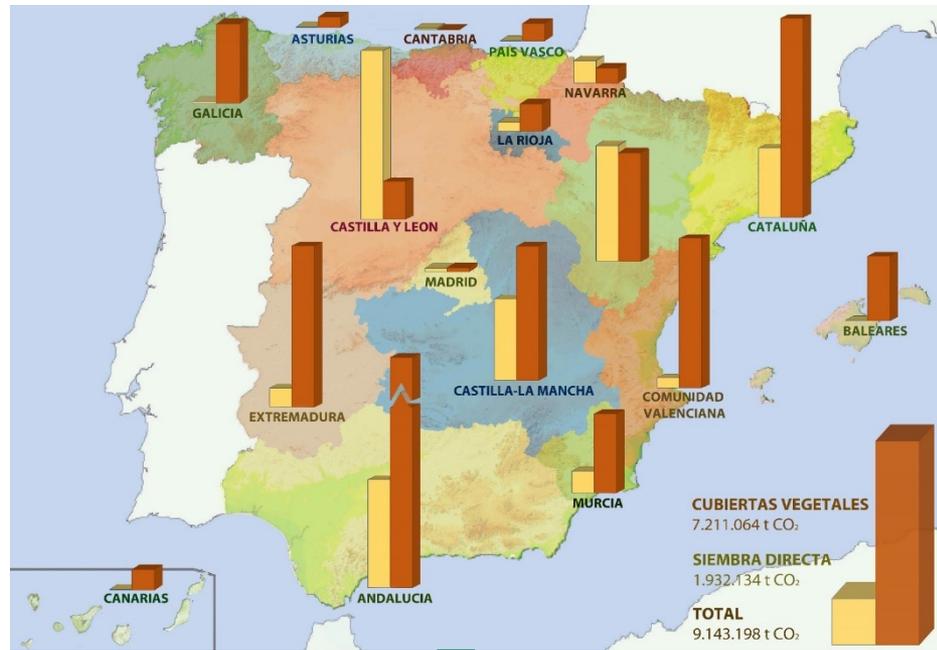


Datos procedentes de la red de fincas en las que realizar ensayos

Práctica agrícola	Coefficiente de secuestro de CO ₂ (t ha ⁻¹ año ⁻¹)	Periodo (años)
Siembra Directa	3,12	<10
	0,59-1,47	>10
Cubiertas Vegetales	5,65	<10
	1,28	>10

Fuente: LIFE+ AGRICARBON (González-Sánchez *et al.*, 2012)

ACTUALIDAD



SIEMBRA DIRECTA



2 millones toneladas CO₂

CUBIERTAS VEGETALES



7 millones toneladas CO₂

28 millones toneladas CO₂



POTENCIALIDAD



25 millones toneladas CO₂



53 millones toneladas CO₂



Fuente: *Iniciativa 4x1000: el carbono orgánico del suelo como herramienta de mitigación al cambio climático en España.* (González-Sánchez et al., 2012).
González-Sánchez, E.J., Veroz-González, O., Gil-Ribes, A.J. y Ordóñez-Fernández, R.

Equivalente a las emisiones del abastecimiento energético de



5 M

53 millones de toneladas CO₂ cada año

Equivalente a la reducción de emisiones por la construcción de



12.000

Equivalente a las emisiones que se evitarían si se cerraran



14



COP21-CMP11
PARIS 2015

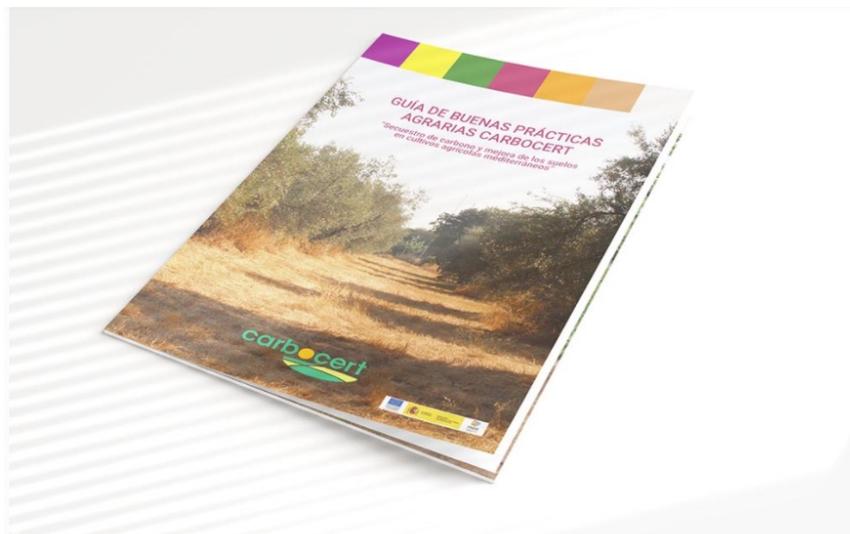
Equivalente al secuestro de CO₂ producido en



18 M ha

Según: EPA Greenhouse Gas Equivalencies Calculator

RESULTADO OBJETIVO 1



► Descarga la guía completa

► Descarga la guía por capítulos

BENEFICIOS AGRO-AMBIENTALES DE LAS PRÁCTICAS QUE FOMENTAN EL SECUESTRO DE CARBONO

El cultivo de trigo representa un 40% de la superficie total cultivada de cereales de otoño-invierno en España. La importancia de este cultivo en el territorio nacional y los criterios de sostenibilidad implícitos en la normativa de la nueva PAC, indican la conveniencia de implantación de prácticas agrícolas que ofrezcan beneficios agrónomicos y ambientales como son, reducción de la erosión y escorrentía, incremento del contenido de materia orgánica, mejora de la estructura del suelo, mejora de la biodiversidad y mejora de la salud biológica de los ecosistemas agrícolas, reducción del consumo energético e incremento de la eficiencia y productividad energética, así como técnicas que hayan demostrado su eficacia en favorecer el secuestro de carbono en el suelo.



IMPLANTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS



Beneficios derivados de la implantación de buenas prácticas en la gestión del suelo.

20



Prácticas a implantar antes de la siembra

¿QUÉ HACER CON LOS RESTOS DE LA COSECHA ANTERIOR PARA MEJORAR EL SECUESTRO DE CARBONO?

Se deben de mantener los restos de la cosecha anterior sobre la superficie del suelo, por lo que se recomienda esparcir el rastrojo cuando se coseche. La forma más eficaz y económica de hacerlo es en el momento de la recolección, instalando en la cosechadora un sistema de picado y esparcido que, en el caso del trigo, se puede adosar en la parte posterior.

El esparcido de restos debe de hacerse lo más homogéneo posible en toda la superficie de cultivo. Una distribución irregular puede dar lugar a que se produzcan zonas con una mayor acumulación de rastrojo lo que puede condicionar la operación de siembra y la emergencia del cultivo.

En las imágenes se muestra una cosechadora de cereal con una picadora de restos incorporada en la parte trasera. Al pasar la máquina coge los restos y los pica esparcidos en la superficie, finalmente en la última imagen se puede observar cómo queda la superficie cubierta con los restos (Fig. 1).

En cuanto al picado de los restos, hay que valorar la conveniencia de esta operación en función de la sembradora a utilizar. Si para la siembra se utiliza una sembradora con sistema de apertura de surco de discos, es mejor no picar, pero si el sistema de apertura utilizado es de reja, es recomendable el picado del rastrojo.



Figura 1. Harceado y esparcido de los restos de cosecha.

21

¿Potencial de las prácticas agrícolas indicadas para secuestrar carbono?

Estudios científicos llevados a cabo en diferentes lugares de España indican un gran potencial del uso de cubiertas vegetales para el incremento del control de la erosión (hasta un 80%), el secuestro de carbono en el suelo (entre 0,22 y 1,19 tC/ha/año) y una mejor eficiencia de agua en el viñedo (hasta un 45%), respecto a un laboreo convencional. Los resultados suelen ser apreciables entre el tercer y quinto año de la implantación de la cubierta. Estos resultados son variables según el tipo de suelo, el clima de la zona y el tipo de cubierta vegetal. Sin embargo, la gestión de la cubierta debe ser precisa para no reducir considerablemente el rendimiento.

SECUESTRANDO CARBONO EN VIÑEDO CON CUBIERTA VEGETAL ESPONTÁNEA, ¿QUÉ DEBEMOS HACER?



60



Cubierta vegetal sembrada 5.3

Establecimiento de la práctica

¿Qué implantar para mejorar el secuestro de carbono?

Se sembrará una cubierta vegetal formada por semillas de una o varias especies en las calles del viñedo.



Cubierta sembrada de gramíneas tras 10 años, con autorregulación del riego. A la izquierda cubiertas más allá del mes de marzo. A la derecha cubiertas secas en el mes de agosto (Fotos: IRTA).

Características de la implantación de la práctica

¿Cómo implantar la práctica que permite mejorar el secuestro de carbono?

La siembra de una cubierta vegetal, es recomendable llevarla a cabo cuando el viñedo está bien implantado,

aunque en suelos con disponibilidad hídrica adecuada, la cubierta podría usarse como abono verde desde el principio.

Antes de la siembra, habrá que preparar el terreno con un pase de cultivador superficial. La época de siembra será la adecuada para la especie herbácea seleccionada. La siembra se hará ocupando el centro de la calle y con un ancho que permita la buena gestión posterior según la maquinaria disponible.

La selección de la especie o mezcla de especies a aplicar dependerá de los objetivos productivos y de las características edafoclimáticas del viñedo. Si el objetivo es el abono verde, la siembra será en base anual, en cambio las cubiertas permanentes suelen tener objetivos más relacionados con la estructura y funcionalidad del suelo. En aquellos suelos más pobres en nitrógeno, las cubiertas recomendables incluirán especies leguminosas. En zonas muy húmedas serán recomendables especies con raíces más profundas y en zonas más áridas las especies a elegir serán aquellas con reposo estival. También pueden plantarse especies que tengan efectos sobre la diversidad funcional, como por ejemplo especies que favorezcan la presencia de polinizadores, o Brassicáceas que contribuyan al control de las enfermedades de la madera. Existen numerosos estudios sobre el uso de cubiertas vegetales, sus propiedades y gestión en relación con el rendimiento y la calidad de la uva. Lo más apropiado es buscar asesoramiento experto en cada zona y empezar con franjas o parcelas pequeñas para determinar cuál es la mejor opción para un objetivo productivo y condiciones concretas.

61

Fijación de carbono en estructuras leñosas

- ▶ Cultivos leñosos: el uso de estructuras perennes
- ▶ El cultivo del arroz: secuestro de carbono durante la post-cosecha



Cultivo	Ecuación alométrica para la estimación biomasa o carbono ^a		Observaciones	Referencia
	Biomasa aérea	Biomasa subterránea: alometría o Ratio root:Shoot		
Vid	$*Biomasa_{fresca} = 425.90 (D^2)^{0.555}$ $*Biomasa_{fresca} = 62.84 (D^2 \times L_{PE})^{0.431}$		<ul style="list-style-type: none"> • Variedades: Tempranillo, Grenache syn. Garnacha, Cabernet Sauvignon, Graciano and Marselan. • Localización: Navarra, Cataluña e Islas Baleares • Sistema de conducción: Cordon simple o doble • Densidad de plantación: 2200 cepas/ha 	Miranda et al. (2017)
Cítricos	$ANPP = 3.1407 D^2 - 13.91 D + 19.639$ $ANPP = 0.2534 D^{2.7763}$	$BNPP = 3.1407 D^2 - 13.91 D + 19.639$ $BNPP = 0.2534 D^{2.7763}$ $\text{Ratio Root:Shoot} = 0.349-0.183$	<ul style="list-style-type: none"> • Edad: 2-14 años • Variedad: Naranja Navelina • Localización: Valencia, Castellón y Huelva • Densidad de plantación: 417 arboles/ha 	^c Quiñones et al. (2013)
Olivo	$^d\text{Biomasa} = 0.328 \text{ ABT}$	-	<ul style="list-style-type: none"> • Olivos muy jóvenes • Variedad: Arbequina • Localización: Córdoba • Densidad de plantación: 408 arboles/ha 	Villalobos et al. (2006)
	$Biomasa_{\text{tronco}} = 0.0114 d^2 \times h$ $Biomasa_{\text{ramas gruesas}} = 0.0108 d^2 \times h$ $Biomasa_{\text{ramas medias}} = 1.672 d$ $Biomasa_{\text{ramas finas + hojas}} = 0.0354 d^2 + 1.187 h$	$Biomasa = 0.147 d^2$ $\text{Ratio Root:Shoot} = 0.303$	<ul style="list-style-type: none"> • Olea europaea var. Sylvestris (Acebuche) 	Ruiz-Peinado et al. (2012)
Almendro	$*Biomasa = e^{((0.014718 \cdot 2)^2)} \times e^{-1.87511 \times d^{2.29843}}$	$^{*2}Biomasa = e^{((0.014718 \cdot 1) \cdot 2)} \times e^{-1.87511 \times d^{2.29843}}$	<ul style="list-style-type: none"> • Alometrias para "Otras frondosas" • Alometrias utilizadas en CITA (2008) para estimación biomasa almendros. 	Montero et al. (2005)
	$**Biomasa \text{ total parcela} = 3.0934 \text{ AST}_{\text{tronco}} + 1.1923$		<ul style="list-style-type: none"> • Localización: California • Extracción de biomasa en parcela comercial. 	Datos no publicados de la UC Davis (Contacto: Theodore M. Dejong; tmdejong@ucdavis.edu)

La biomasa es seca. D: diámetro del tronco a media altura (cm). LPE: longitud de las estructuras permanentes. Suma de la altura del tronco y la longitud de los cordones. d: diámetro (cm). h: longitud (cm). ANPP: producción primaria neta anual de la parte aérea (g C m⁻² año⁻¹). BNPP: producción primaria neta anual de la parte subterránea (g C m⁻² año⁻¹). ABT: área basal del tronco a 30 cm del suelo (cm²). AST_{tronco}: Área de la sección del tronco total en la parcela (m²). ^a Existencias o tasas de secuestro de C. ^b Biomasa fresca total en gramos de estructuras permanentes: tronco, cordones y raíces por cepa. ^c aparte de las alometrias que calculan la ANPP y BNPP en función del diámetro hay otras que calculan la producción primaria neta total (TNPP). ^d biomasa seca (kg/árbol). *kg de materia seca/ árbol. ** kg de materia seca total parcela

Incorporación del rastrojo

↑ Estructura del suelo

↑ Nutrientes

↑ Contenido Carbono

↑ Producción del cultivo

↑ Actividad microbiana

↑ Secuestro carbono

↑ Emisiones de metano



La incorporación del rastrojo puede aumentar en ~ 12%* la concentración de Carbono en suelo de arrozal:



Equivalente carbono secuestrado por

~3,500 km²

de bosque (US)



Equivalente de CO2 emitido por

1.8 M

de barriles consumidos



Equivalente a las emisiones de

~ 165,000

coches en un año



Equivalente a las emisiones de

93,000

Hogares en un año

Según: EPA Greenhouse Gas Equivalencies Calculator

* Según Meta-análisis de Liu, C., et al 2014. Global Change Biology 20, 1366-1381

Esquema de certificación

- ▶ **Objetivo: certificación de prácticas agronómicas** sostenibles que incrementen el secuestro de carbono en suelos y estructuras leñosas.
- ▶ Aplicable a los 6 cultivos de estudio a **escala agricultor** y/o explotación agrícola.
- ▶ Marco para el establecimiento y otorgamiento de **ayudas agroambientales** vinculadas a la Política Agrícola Común de la Unión Europea.



Metodología de certificación



RESULTADO OBJETIVO 2

carboCERT

Donde:

BT_i = Contenido de carbono de la biomasa total (aérea + subterránea) promedio por individuo en la parcela i, g C/individuo.

NPP_{pi} = Producción primaria neta anual de carbono del individuo p de la parcela i, g C/m²año. [Ecuación 1]

n_i = Número de individuos medidos en la parcela i.

Siendo:

$$NPP_{pi} = 0,2334 \cdot p^{2,7774} + 0,2739 \cdot p^{1,2023}$$
 Ecuación 11

Donde:

NPP_{pi} = Producción primaria neta anual de carbono del individuo p de la parcela i, g C/m²año.

D = Diámetro a media altura del tronco del individuo p, cm.

En caso de disponer de cuantificaciones de periodos anteriores, se podrá determinar y certificar la variación neta de carbono como consecuencia de la aplicación de prácticas agronómicas sostenibles según la siguiente ecuación:

$$\Delta C_{net} = C_t - C_{t-1}$$
 Ecuación 12

Donde:

ΔC_{net} = Variación neta de carbono como consecuencia de la aplicación de prácticas agronómicas sostenibles en los reservorios seleccionados, t CO₂e.

C_t = Stock de carbono en los reservorios seleccionados en el año t, t CO₂e. [Ecuación 1]

C_{t-1} = Stock de carbono en los reservorios seleccionados en el año t-1, t CO₂e. [Ecuación 1]

En caso de que la variación neta de carbono resulte en un valor positivo, es decir, un incremento del carbono durante el periodo, se podrá certificar la cantidad resultante como secuestro de carbono.

8 Monitoreo

El monitoreo consiste en la recolección de todos los datos necesarios para:

IRTA IFAPA UNE AENOR 149

carboCERT

a) Asegurar que el cultivo cumple con las condiciones de aplicabilidad especificadas en el apartado 2.

b) Cuantificar el secuestro de carbono según los procedimientos expuestos en el apartado 7.

c) Permitir la verificación para comprobar y confirmar que las actividades del cultivo y la cuantificación de su efecto sobre los reservorios de carbono se ha realizado de forma correcta y de acuerdo con lo estipulado en el presente manual metodológico.

Las tablas siguientes describen los datos y parámetros empleados en la metodología de cuantificación y que, de ser aplicables, se han de monitorizar:

Dato / Parámetro	A _i
Unidad	ha
Uso en ecuaciones	Ecuación 2; Ecuación 3; Ecuación 9
Descripción	Superficie de la parcela i
Fuente	Superficie declarada en SIGAC
Procedimiento de medida	NA
Frecuencia de monitoreo	Evento de monitoreo tras una variación en la superficie por tipos de cultivo y métodos de gestión.
Comentarios	

Dato / Parámetro	CO ₂
Unidad	mg C/g
Uso en ecuaciones	Ecuación 2
Descripción	Contenido de carbono orgánico de la fracción fina (<2mm) de la parcela i
Fuente	Muestra de campo
Procedimiento de medida	Determinación por combustión húmeda en laboratorio.
Frecuencia de monitoreo	Cada evento de monitoreo
Comentarios	Se han de tomar muestras en tres profundidades: 0-5 cm, 5-10cm y 10-30 cm.
Dato / Parámetro	D _i

IRTA IFAPA UNE AENOR 150

carboCERT

8.1.1 Bloques de muestreo

La heterogeneidad en suelos, su microrelieve e hidrología, así como las prácticas agronómicas aplicadas, determinan principalmente la variabilidad en los contenidos de CO₂ y en el crecimiento de la biomasa de las plantas cultivadas.

En el caso de que la heterogeneidad dentro de las parcelas sea conocida por técnicas de agricultura de precisión, de forma que sea posible subdivisión de estas zonas homogéneas en términos de tipo de suelo, microrelieve e hidrología, se emplearán estas zonas de características homogéneas como bloques de muestreo.

En el caso de no disponer de la información que permita la subdivisión de las parcelas en zonas de características homogéneas, la subdivisión en bloques de muestreo se realizará de forma proporcional al tamaño de la parcela, de acuerdo con la siguiente tabla.

Superficie de la parcela (ha)	Número de bloques de muestreo
< 2	1
2-4	2
4-6	3
> 6	4

Para una parcela de superficie inferior a 2 hectáreas, se considerará un solo bloque de muestreo. Para una parcela de entre 2 y 4 hectáreas, esta se divide por la mitad en su dimensión más larga para formar los dos bloques. Para parcelas entre 4 y 6 ha se hacen tres bloques y para las parcelas de más de 6 ha se hacen 4 bloques, ya sea en sentido longitudinal o dos y dos.

IRTA IFAPA UNE AENOR 155

carboCERT

Figura 5. División de parcelas en bloques de muestreo. Arriba izquierda: parcela de 2 a 4 ha. Arriba derecha: parcela de 4 a 6 ha. Abajo: parcela de más de 6 ha.

En caso de repetir el muestreo a lo largo del tiempo para estimar variaciones en el stock de carbono, se deberán mantener en lo posible tanto los bloques como los puntos de muestreo, por lo que es aconsejable su georreferenciación.

8.1.2 Muestreo de CO₂

Los puntos de muestreo deben de estar perfectamente identificados y siempre que sea posible georreferenciados con el fin de poder analizar la evolución en el tiempo de los contenidos en carbono orgánico.

Cuando se va a realizar las tomas de muestras de suelo para analizar su contenido en carbono orgánico, debe de tenerse en cuenta una serie de aspectos que aseguren la máxima fiabilidad possible en los resultados obtenidos a partir de las mismas. Estos serían:

1. Identificación de la unidad de muestreo. Para definir el área donde tomar las muestras, hay algunos aspectos que considerar en relación a la homogeneidad de la zona, es decir que se corresponda con un mismo tipo de suelo. Esta homogeneidad va a depender de:
 - **Textura del suelo.** Relacionada con atributos físicos como son la porosidad, la estructura, etc.
 - **Color del suelo.** Se puede identificar diferentes zonas dependiendo del color que presente el suelo. Para identificarlas se puede usar la escala de Munsell (Munsell Soil Colour charts, 1954).
 - **Topografía del terreno.** La topografía debe de ser lo más homogénea posible
 - **Características de drenaje iguales.**
2. Tamaño de la unidad de muestreo. La unidad de muestreo mínima serán los bloques de muestreo a partir de la de parcela delimitada en SIGAC, definidos según el apartado 8.1.1.
3. Número de submuestras dentro de la unidad de muestreo. Para que la muestra sea representativa de la superficie que se pretende analizar debe estar formada por un número determinado de submuestras tomadas de forma homogénea por toda la superficie del bloque de muestreo (Figura 2).

Aisl mismo, es importante conocer el historial de la finca para identificar posibles zonas donde se hayan realizado aplicaciones de emendaciones orgánicas ya que esta práctica incrementa notablemente los contenidos en carbono orgánico.

IRTA IFAPA UNE AENOR 156

carboCERT

muestreo de 5 a 10 cm y de 30 a 50 cm se consideran por ser las profundidades donde legan diferentes tipos de labranza.

Figura 6. Muestreo de suelo con barrenos eléctricos.

Para la determinación de la densidad aparente del suelo deben tomarse muestras (submuestras de suelo), para lo que suelen emplearse núcleos de cilindros de volumen conocido (Figura 5). Una vez obtenida la muestra, se seca al estufa, se deja secar el suelo y se pesa para determinar su densidad aparente.

IRTA IFAPA UNE AENOR 159

carboCERT

Figura 7. Muestreo de densidad aparente.

Dada la heterogeneidad espacial de los suelos agrícolas y que para valorar el secuestro de carbono se debe de medir la evolución del contenido de carbono orgánico a lo largo del tiempo, se aconseja referenciar los puntos de muestreo para que el valor obtenido sea lo más representativo posible.

Normativa publicada exclusivamente para la toma de muestras de suelo.

- UNE-ISO 10883-2: ESTB norma fue anulada en 2017.
- ISO 10883-102: 2017. Soil quality sampling—Part 102: Selection and application of sampling techniques.

Esta norma nos ofrece una guía para la toma de muestras de suelo obtenidas con fines de ser sometidas a análisis para determinar información acerca de la calidad del suelo. Ofrece los pasos a dar en la selección del equipo y de las técnicas a utilizar para la obtención de muestras a diferentes profundidades.

IRTA IFAPA UNE AENOR 160

Preguntas

MUCHAS GRACIAS!