

Secció III. Altres disposicions i actes administratius

ADMINISTRACIÓ DE LA COMUNITAT AUTÒNOMA CONSELLERIA D'EMPRESA, OCUPACIÓ I ENERGIA

2797

Resolució del conseller d'Empresa, Ocupació i Energia, a proposta del director general d'Economia Circular, Transició Energètica i Canvi Climàtic, per la qual s'aprova el Protocol de mesura del carboni orgànic al sòl i factors d'absorció relacionats dins el marc dels projectes de compensació del Registre balear de petjada de carboni

En data 6 de març de 2025, el director general d'Economia Circular, Transició Energètica i Canvi Climàtic ha formulat la Proposta de resolució següent:

Fets

1. En data 1 de gener de 2022, va entrar en vigor el Decret 48/2021, de 13 de desembre, regulador del Registre balear de petjada de carboni.
2. Els subjectes indicats en l'article 2.1 del Decret 48/2021 estan obligats a inscriure en la secció 2, en cas que en tinguin, els projectes d'absorció o de reducció de diòxid de carboni que siguin de la seva titularitat i que estiguin situats al territori de les Illes Balears. En canvi, inscriure aquests projectes és voluntari per als subjectes indicats en l'article 2.5 del Decret 48/2021.
3. D'acord amb l'article 13.9 del Decret 48/2021, la conselleria competent en matèria de canvi climàtic ha d'establir, mitjançant una resolució en el Butlletí Oficial de les Illes Balears, les metodologies de càlcul de les absorcions de CO2 generades pels projectes i s'hi han de determinar els factors d'absorció que s'han d'aplicar.

Fonaments de dret

1. El Decret 48/2021, de 13 de desembre, regulador del Registre balear de petjada de carboni (BOIB núm. 171, de 14 de desembre de 2021).
2. La Llei 40/2015, d'1 d'octubre, de règim jurídic del sector públic (BOE núm. 236, de 2 d'octubre de 2015).
3. La Llei 3/2003, de 26 de març, de règim jurídic de l'Administració de la Comunitat Autònoma de les Illes Balears (BOIB núm. 44, de 3 d'abril de 2003).

Proposta de resolució

Propòs al conseller d'Empresa, Ocupació i Energia que dicti una resolució en els termes següents:

1. Aprovar el Protocol de mesura del carboni orgànic al sòl i factors d'absorció relacionats dins el marc dels projectes de compensació del Registre balear de petjada de carboni, que es detalla en l'annex adjunt, a l'efecte d'aplicar el Decret 48/2021, de 13 de desembre, regulador del Registre balear de petjada de carboni.
2. Notificar aquesta Resolució a l'Oficina Espanyola del Canvi Climàtic (OECC) del Ministeri per a la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic perquè en prengui coneixement.
3. Publicar aquesta Resolució en el Butlletí Oficial de les Illes Balears.
4. Publicar aquesta Resolució al web <https://canvclimatic.caib.es>.

Per tot això, dict la següent

RESOLUCIÓ

Manifestar la conformitat amb la proposta de resolució i dictar-ne resolució en els mateixos termes.

Interposició de recursos

Contra aquesta Resolució, que exhaureix la via administrativa, es pot interposar un recurs potestatiu de reposició davant el conseller



d'Empresa, Ocupació i Energia en el termini d'un mes comptador des de l'endemà de la notificació, d'acord amb l'article 124 de la Llei 39/2015, d'1 d'octubre, del procediment administratiu comú de les administracions públiques, i l'article 57 de la Llei 3/2003, de 26 de març, de règim jurídic de l'Administració de la Comunitat Autònoma de les Illes Balears.

També es pot interposar directament un recurs contenciós administratiu davant la Sala Contenciosa Administrativa del Tribunal Superior de Justícia de les Illes Balears en el termini de dos mesos comptadors des de l'endemà de la notificació, d'acord amb l'article 46 de la Llei 29/1998, de 13 de juliol, reguladora de la jurisdicció contenciosa administrativa.

Palma, 11 de març de 2025

El conseller d'Empresa, Ocupació i Energia

Alejandro Sáenz de San Pedro García

Palma, 7 de març de 2025

El director general d'Economia Circular, Transició Energètica i Canvi Climàtic

Diego Víu Domínguez

ANNEX

PROTOCOL DE MESURA DEL CARBONI ORGÀNIC AL SÒL I FACTORS D'ABSORCIÓ RELACIONATS DINS EL MARC DELS PROJECTES DE COMPENSACIÓ DEL REGISTRE BALEAR DE PETJADA DE CARBONI

0. ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ
 2. MATERIAL I EQUIPS DE MOSTREIG
 3. DISSENY DEL MOSTREIG I RECOLLIDA DE MOSTRES
 4. FREQUÈNCIA I ÈPOCA DE MOSTREIG
 5. PREPARACIÓ DE MOSTRES I ANÀLISI DE LABORATORI
 6. PROCESSAMENT DE DADES PER DETERMINAR EL COS
 7. SITUACIÓ DE L'ESTOC DE CARBONI ORGÀNIC DEL SÒL DE LES ILLES BALEARS
 8. RECURS DE BONES PRÀCTIQUES QUE PODEN CONTRIBUIR A INCREMENTAR EL CARBONI ORGÀNIC AL SÒL I FACTORS D'ABSORCIÓ VINCULATS
- BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCIÓ

El dia 1 de gener de 2022 entrà en vigor el Decret 48/2021 de 13 de desembre, regulador del Registre balear de petjada de carboni. Aquest obliga l'Administració autonòmica i les mitjanes i grans empreses que compten amb centres de treball situats a les Balears i amb una suma del personal laboral associat a aquests centres ≥ 50 persones, o amb un volum de negocis anual o un balanç general anual de la seu fiscal ubicada a les Balears > 10 milions d'euros, a declarar l'abast 1 i 2 de la seva petjada de carboni. Aquesta declaració és voluntària per a la resta del teixit empresarial, les organitzacions públiques o privades, i per a persones físiques que desenvolupen la seva activitat totalment o parcialment a les Balears. A més, el Decret estableix que les empreses obligades indicades anteriorment, en cas que siguin titulars de projectes d'absorció o reducció de carboni situats a les Balears, estan obligades a registrar-los en el Registre Balear. També ho poden fer de forma voluntària la resta del teixit empresarial, les organitzacions públiques o privades, i també les persones físiques que desenvolupin la seva activitat totalment o parcialment a les Illes Balears.

Per aquest motiu, es posa a disposició de l'usuari el Protocol de mesura del carboni orgànic al sòl i factors d'absorció relacionats dins el marc dels projectes de compensació del registre balear de petjada de carboni. S'ha elaborat a partir del Protocol de mesura, monitoratge, informe i verificació del carboni orgànic del sòl en paisatges agrícoles (FAO, 2020), i d'aportacions d'experts en la matèria de la Universitat de les Illes Balears i del Comitè d'experts per a la Transició Energètica i el Canvi Climàtic de les Illes Balears. El seu objectiu és servir com a eina perquè un promotor d'un projecte d'absorció pugui demostrar que, amb la implementació de bones pràctiques, aconsegueix incrementar el carboni orgànic del sòl (en endavant, COS) de les parcel·les objecte del projecte respecte d'una situació de partida.

Cal remarcar que la restauració de terres degradades i l'increment del carboni emmagatzemat en el sòl que es pot aconseguir amb l'aplicació de bones pràctiques, especialment agrícoles, juguen un paper important en la seguretat alimentària, l'adaptació dels sistemes alimentaris i de les persones al canvi climàtic i en la mitigació de les emissions produïdes per l'activitat humana.

L'aplicació d'aquest protocol s'haurà d'ajustar al contingut de la Norma UNE-EN ISO 14064-2, la que estipula que s'ha de demostrar un increment de les absorcions en l'escenari del projecte respecte a l'escenari de la línia base, és a dir, respecte a les que hagin ocorregut en absència del projecte.

2. MATERIAL I EQUIPS DE MOSTREIG

Aquest protocol requereix un **mínim de material** per poder portar a terme el mostreig de camp, que és el següent:

- Martell i bocí de fusta protector del cilindre als cops.
- Bosses de plàstic amb tancament per guardar les mostres de sòl.
- Cilindre metàl·lic de volum conegut.
- Paleta de jardí, ganivet de camp, pala i raspador manual.
- Raspall per a la neteja del material.
- Metre o regla per mesurar la profunditat de les capes de sòl.
- Un parell de guants per recollir i manipular les mostres.
- Porta-retalls impermeable i formularis de paper per emplenar les dades del mostreig.
- Bolígrafs, llapis i/o retoladors permanents.
- Dispositiu de mesura GPS.
- Bossa gran per guardar i transportar el material de mostreig.
- Material personal: aigua i menjar, calçat adequat, etc.

3. DISSENY DEL MOSTREIG I RECOLLIDA DE MOSTRES

Es dividirà l'àrea del projecte en àrees de característiques homogènies en funció de la topografia, el color, la profunditat, els pendents, la pedregositat, la textura, els cultius anteriors, el tipus de gestió, etc. (vegeu la Figura 1). En termes generals, es recomana que la superfície de les zones homogènies no sigui superior a les 5 ha. En cas de superfícies més grans, es proposa establir subzones homogènies d'aquesta superfície més gran.

Dins cada àrea homogènia es prendran de forma sistemàtica un nombre determinat de **mostres compostes**, de les quals se'n marcarà la ubicació en coordenades GPS (vegeu la Figura 1). Aquest mostreig sistemàtic es basarà en la creació d'una malla, preferentment quadrada (la seva forma es podrà ajustar en funció de la tipologia del terreny), sobre l'àrea homogènia i en cadascun dels seus vèrtex s'ubicarà el punt de mostreig de la mostra composta. La mida del costat de malla haurà de permetre localitzar el mínim de punts de mostreig necessaris per a cada zona homogènia, el que es detalla més endavant. De forma genèrica, la mida del costat de malla es determinarà de la forma següent:

$$l = \left(\frac{A}{n} \right)^{0,5}$$

On:

- **l (m)**: mida del costat de la malla.
- **A (m²)**: superfície de la zona homogènia homogènia.
- **n**: nombre de mostres compostes que s'han de prendre dins cada zona homogènia.

Cada mostra composta estarà formada per un mínim de 5 a 15 submostres, les quals seran recollides dins un radi de 10 m al voltant del punt marcat en GPS i es mesclaran per obtenir la mostra composta (vegeu la Figura 1). El pes de la mostra composta el determinarà el laboratori d'anàlisi, que generalment s'acosta a 1 kg.

El nombre de mostres compostes que s'han de prendre dins cada zona homogènia dependrà de la seva superfície, sent així:

- Per a zones homogènies < 1,5 ha: un mínim de 3 mostres compostes.
- Per a zones homogènies d'1,5-2,5 ha: un mínim de 4 mostres compostes.
- Per a zones homogènies de 2,5-5 ha: un mínim de 5 mostres compostes.
- Per a zones homogènies de 5-50 ha: un mínim de 5 mostres compostes, amb una mostra addicional per cada 5 ha per sobre de les 5 ha.



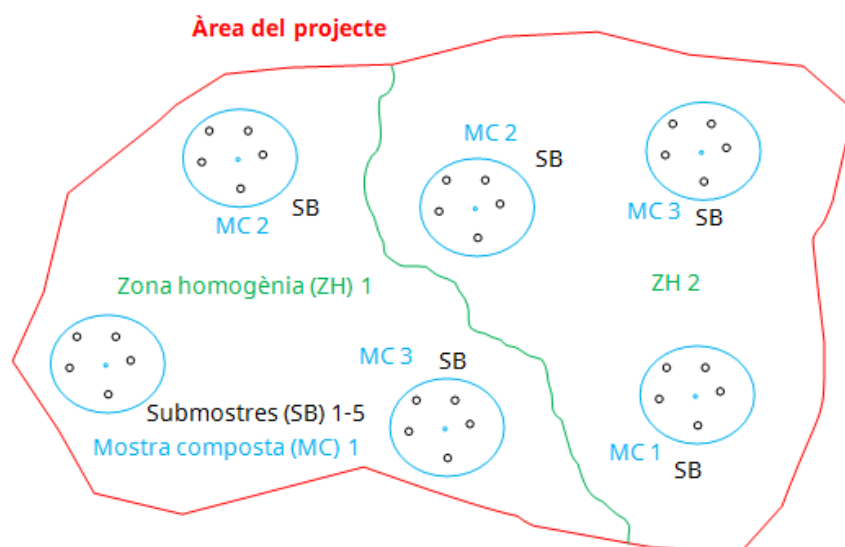


Figura 1. Croquis del mostreig en sòl en una àrea d'un projecte. Font: elaboració pròpia.

S'haurà de tenir en compte no mostrejar àrees que no siguin representatives de la zona homogènia, com vores de camins i construccions, punts d'excrements d'animals, punts d'aigua, caminols d'animals, etc., per la qual cosa la seva superfície serà descomptada del projecte.

Per cada mostra composta es prendran mesures en uns **interval·ls de profunditat ajustats a la profunditat dels horitzons** o capes diferenciades de composició homogènia (color, estructura, compactació, etc.) del sòl i fins a una profunditat d'uns 30 cm, que es podrà ampliar fins a 50 o 100 cm. En qualsevol cas, s'ha d'evitar mesclar la terra entre els horitzons. En cas que no sigui possible diferenciar els horitzons, es podran prendre les mesures als interval·ls de profunditat de 0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm o 50-100 cm. A més, abans de prendre les mostres, s'haurà de retirar la vegetació herbàcia i les restes orgàniques dipositades sobre la superfície del sòl (restes vegetals, fertilitzants orgànics, etc.). També, les mostres que no es destinin al càlcul de la densitat aparent ja s'enviaran a laboratori sense pedres, ja que la determinació del COS es farà només en la terra fina (<2 mm).

Així mateix, per cada mostra composta es prendran com a mínim 3 mesures de **densitat aparent** per cada interval de profunditat de sòl mesurat. De forma ideal, es poden prendre tantes mesures de densitat aparent com nuclis de sòl presos, inclús fent servir el mateix nucli utilitzat per recollir la mostra per a l'anàlisi del COS. És important remarcar que la densitat aparent de la mostra composta serà la mitjana de les densitats de totes les mesures preses (mínim 3 mesures), per la qual cosa la mostra de sòl de cada mesura s'haurà d'enviar a posteriori a laboratori de forma individualitzada, indicant el volum de cada mostra. A laboratori, un cop s'hagi separat la terra fina dels elements gruixuts i s'hagi determinat el seu pes sec, es podrà calcular la densitat aparent de cada mostra.

La determinació de la densitat aparent es podrà fer utilitzant alguns dels mètodes de mesura directa següents:

- **Mètode del cilindre:** aquest mètode és adequat per a sòls amb pocs elements gruixuts. Consisteix a recollir, dins l'interval de profunditat que s'ha d'analitzar, un volum conegut de sòl utilitzant un anell metàl·lic (nucli intacte) i es determinarà posteriorment el pes després de l'assecat (a posteriori a laboratori). Al lloc de la mostra es farà una petita excavació, amb les parets el més verticals possibles (evitant la forma de "V"), amb una profunditat igual als interval·ls de profunditat a mostrejar. Es clavarà l'anell a l'interval de sòl a mostrejar, sempre amb ajuda d'un martell per copejar i un tros de fusta per protegir l'anell. Sempre s'ha d'evitar compactar la mostra. El sòl del voltant de l'anell es retirarà a fi de poder extreure l'anell de forma intacta. S'eliminarà l'excés de terra de l'exterior de l'anell i es tallaran amb tisores les rels que sobresurtin del cilindre. El volum del nucli recomanable sol ser de 100 cm³, amb un diàmetre superior a 50 mm i inferior a 100 mm.
- **Mètode de la cavitat:** aquest mètode és adequat per a sòls amb abundants elements gruixuts. Consisteix a excavar una quantitat de sòl, extraient-lo i pesant-lo, i determinant el volum de l'excavació emplenant el clot amb arena o aigua. Cal tenir molta cura i assegurar que la part superior de l'excavació sigui al més horitzontal possible, el que permetrà afinar el càlcul del volum. És per això que, a zones de pendent, caldrà preparar el lloc de mostreig tal com es mostra a la figura següent:

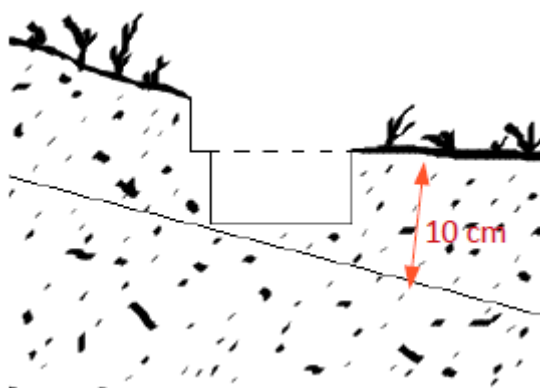


Figura 2. Preparació del lloc de mostreig a zones de pendent per al mètode de la cavitat. Font:elaboració pròpia.

La profunditat del clot, la determinarà el gruix de l'interval de profunditat a mostrejar. Un cop eliminat el pendent, tot el sòl excavat es guardarà per determinar el seu pes després de l'assecat (a posteriori a laboratori). L'estimació del volum de la mostra de sòl resultarà del quocient entre la massa i la densitat del material utilitzat per emplenar el clot (arena o aigua, de densitat conegudes). Els volums recomanats dels clots aniran en funció del percentatge d'elements gruixuts del sòl a mostrejar: <100 cm³ (<30 % d'elements gruixuts), 200-1.000 cm³ (30-50 % d'elements gruixuts) o >5.000 cm³ (>50 % d'elements gruixuts).

La fracció gruixuda del sòl té una capacitat insignificant per emmagatzemar carboni orgànic. Per tant, tant la fracció de terra fina (<2 mm) com els elements gruixuts de la mostra seran separats a posteriori al laboratori mitjançant un tamisat humit, i es pesaran també després d'assecar-los per determinar la densitat aparent i poder estimar adequadament les existències de COS.

Les mostres de sòl es recolliran a bosses de plàstic hermètiques i la major part de l'aire s'eliminarà immediatament després del mostreig. A més, les mostres no s'han d'emmagatzemar humides, ja que podria afectar quantitativament el COS. Si no és possible assecar-les immediatament després del mostreig, s'han d'emmagatzemar a les fosques a 4 °C durant menys de 28 dies, el que permetrà reduir l'activitat microbiana i evitar la pèrdua de materials orgànics. No es recomana congelar. En cas de mostres amb grans quantitats d'arrels o microfauna, cal processar-les com a molt en el termini d'una setmana, de manera que la concentració de COS no resulti alterada per la descomposició d'aquests components.

Cadascuna de les mostres recollides serà **etiquetada**, com a mínim, amb la informació següent: ID de la mostra (submostra – mostra composta – zona homogènia), nom de la finca, ubicació GPS, data, interval de profunditat del sòl (en cm, ajustats a la profunditat dels horitzons), indicacions de si la mostra és per determinar la MO o la densitat aparent (en aquest darrer cas, cal indicar el volum de la mostra).

Un cop recollides totes les mostres, aquestes s'enviaran a laboratori.

4. FREQUÈNCIA I ÈPOCA DE MOSTREIG

El COS pot variar en funció de l'estació de l'any, per la qual cosa cal prendre les mostres sempre en la mateixa època de l'any (no més d'un mes de desviació entre el dia del mig de les diferents rondes de mostreig) i quan l'activitat biològica sigui mínima. També es recomana evitar els mostrejos en períodes secs per facilitar la presa de mostres, i tampoc fer-los en dies en què el sòl estigui entollat. En cas que el sòl hagi estat pertorbat (llaurat, fertilitzat, etc.), també es recomana deixar passar uns 3 mesos abans de prendre les mesures.

Es recomana que els mostrejos es facin, com a mínim, cada 4 anys.

5. PREPARACIÓ DE MOSTRES I ANÀLISI DE LABORATORI

Un cop les mostres arribin a laboratori, s'hauran de preparar per fer-ne l'anàlisi, que consistirà a:

- **Separar els elements gruixuts de la terra fina** (<2 mm) de cadascuna de les mostres mitjançant un **tamisat**, que en el cas de les mostres per a determinar la densitat aparent es farà una separació en banyat a fi de precisar els resultats. Cal remarcar que a les mostres compostes que s'enviïn a laboratori per analitzar el COS ja se'ls poden haver retirat els elements grossos, com pedres, durant el moment de recollida en camp.
- **Assecar** les mostres.
- **Pesar** les dues fraccions de les mostres (terra fina i elements gruixuts), només per a les mostres destinades al càlcul de la densitat aparent.
- **Analitzar el COS**, el que es refereix al percentatge de carboni orgànic contingut en la fracció de la terra fina de cada mostra. S'analitzarà a les mostres compostes i no a les mostres per determinar la densitat aparent. El percentatge COS normalment es



determina a partir del percentatge de matèria orgànica (en endavant, MO) contingut a la fracció de la terra fina de cada mostra. No hi ha un mètode únic, però hi ha algunes metodologies àmpliament utilitzades i acceptades, com el mètode d'oxidació humida seguint els protocols GLOSOLAN, i el mètode de combustió seca de DUMAS. Es recomana, però, aplicar sempre el mateix mètode i dur les mostres sempre al mateix laboratori.

Els **resultats del laboratori** haurien de reflectir, com a mínim, la informació següent:

- Percentatge de MO o CO de la terra fina de cada mostra composta analitzada, a excepció de les mostres recollides per al càlcul de la densitat aparent.
- Pes en sec de les dues fraccions (terra fina i elements gruixuts) de les mostres recollides per al càlcul de la densitat aparent.

6. PROCESSAMENT DE DADES PER DETERMINAR EL CARBONI ORGÀNIC AL SÒL

El **processament de les dades** per tal de determinar el COS de l'àrea d'un projecte serà el següent:

- **Càlcul de la densitat aparent de les mostres compostes:** per un interval de profunditat concret, el càlcul del COS de cada mostra composta dependrà de la seva densitat aparent, la que resultarà de la mitjana de les densitats aparents individuals de les diferents mesures preses (mínim 3). La densitat aparent de cada mesura es refereix al quocient entre el pes sec total de la mostra (elements gruixuts i terra fina) i el volum de la mesura presa (el del nucli o clot, en funció del mètode emprat). Hi haurà tantes densitats aparents individuals com mostres preses (no s'han de confondre amb les mostres compostes).

La densitat aparent mitjana de cada mostra composta es determinarà de forma individual per cadascun dels intervals de profunditat mesurats (ajustats a la profunditat dels horitzons).

- **Càlcul de la fracció en pes d'elements gruixuts (>2 mm) de les mostres compostes:** per un interval de profunditat concret, el càlcul del COS de cada mostra composta també dependrà de la seva fracció d'elements gruixuts, la que resultarà de la mitjana de les fraccions d'elements gruixuts individuals de les diferents mesures preses (mínim 3). La fracció d'elements gruixuts de cada mesura es refereix al quocient entre el pes sec dels elements gruixuts (>2 mm) i el pes sec total de la mesura presa (elements gruixuts i terra fina). Hi haurà tantes fraccions de terra fina individuals com mostres preses (no s'han de confondre amb les mostres compostes).

La fracció d'elements gruixuts mitjana de cada mostra composta es determinarà de forma individual per cadascun dels intervals de profunditat mesurats (ajustats a la profunditat dels horitzons).

- **Càlcul del COS de la mostra composta:** per un interval de profunditat concret, el càlcul del COS de cada mostra composta s'obté aplicant les equacions següents:

$$\text{EQ1. } C_{\text{tf}} (\%) = \frac{MO_{\text{tf}} (\%)}{1,72}$$

$$\text{EQ2. } \text{COS} \left(\frac{\text{t}}{\text{ha}} \right) = 100 \times \frac{C_{\text{tf}} (\%)}{100} \times DA (\text{g/cm}^3) \times \frac{100 - EG (\%)}{100} \times P (\text{cm})$$

On:

- $C_{\text{tf}} (\%)$: concentració de COS contingut en la terra fina de la mostra composta. Es pot donar el cas que el laboratori ofereixi directament el valor de C_{tf} , fet que no requeriria fer la conversió de MO a COS.
- $MO_{\text{tf}} (\%)$: concentració de matèria orgànica continguda en la terra fina de la mostra composta. El valor de MO s'haurà obtingut a laboratori, llevat que aquest ofereixi directament el valor de C_{tf} .
- $\text{COS} (\text{t/ha})$: carboni orgànic del sòl de la mostra composta.
- $DA (\text{g/cm}^3)$: densitat aparent de la mostra composta. És a dir, quocient entre el pes total de la mostra (elements gruixuts i terra fina) i el volum de la mesura presa (el del nucli o clot, en funció del mètode emprat).
- $EG (\%)$: fracció en pes d'elements gruixuts de la mostra composta.
- $P (\text{cm})$: profunditat de l'interval de sòl mostrejat.

El COS de cada mostra composta es determinarà de forma individual per cadascun dels intervals de profunditat mesurats (ajustats a la profunditat dels horitzons).

- **Càlcul del COS de la zona homogènia:** per un interval de profunditat concret, el càlcul del COS de la zona homogènia resultarà de la mitjana del COS del conjunt de mostres compostes que s'hagin pres dins la zona homogènia.

El COS de cada zona homogènia es determinarà de forma individual per cadascun dels intervals de profunditat mesurats (ajustats a la profunditat dels horitzons). S'haurà de mostrar la desviació dels valors de COS.

Finalment, de la suma del COS de cada interval de profunditat resultarà el COS total de la zona homogènia.

- **Càlcul del COS de l'àrea del projecte:** de la suma del COS total de totes les zones homogènies que engloba el projecte resultarà el COS total de l'àrea del projecte.

Un cop obtingut el carboni, es farà la conversió a CO₂ multiplicant-lo per 3,67, derivat de la proporció entre el pes de la molècula de CO₂ i el pes de l'àtom de C.

Les dades obtingudes seran introduïdes al Full de càlcul d'anàlisi estadística del carboni orgànic del sòl i es presentaran al servei competent en matèria de canvi climàtic. Aquestes dades podran ser recopilades i processades amb finalitats científiques, especialment per poder comprovar si els resultats són estadísticament significatius.

7. SITUACIÓ DE L'ESTOC DE CARBONI ORGÀNIC DEL SÒL DE LES ILLES BALEARS

Temps enrere, la reconversió de zones forestals en terres agrícoles va suposar una reducció de l'estoc de carboni orgànic dels sòls. No obstant això, l'abandonament de les zones agrícoles que varen patir les Illes Balears cap a meitat del segle passat, especialment a causa de la baixa rendibilitat d'aquestes activitats i de l'auge de l'activitat turística, van suposar canvis en els usos del sòl i s'han traduït en variacions del seu contingut de carboni (Rodríguez Martín et al., 2016).

Com a valors de referència dels estocs de carboni de les Illes Balears, es poden mencionar els resultats d'alguns estudis que tracten de fer estimacions dels estocs del carboni al sòl per a tot l'àmbit estatal. Tot i ser més recent el Mapa del carboni orgànic dels sòls d'Espanya (MAGRAMA, 2022), només es basa en valors de 7 parcel·les de mostreig per a totes les Balears, per la qual cosa es mostren a continuació com a valors de referència els d'un altre estudi que, tot i ser del 2016, tracta valors de 43 parcel·les de mostreig (Rodríguez Martín et al., 2016):

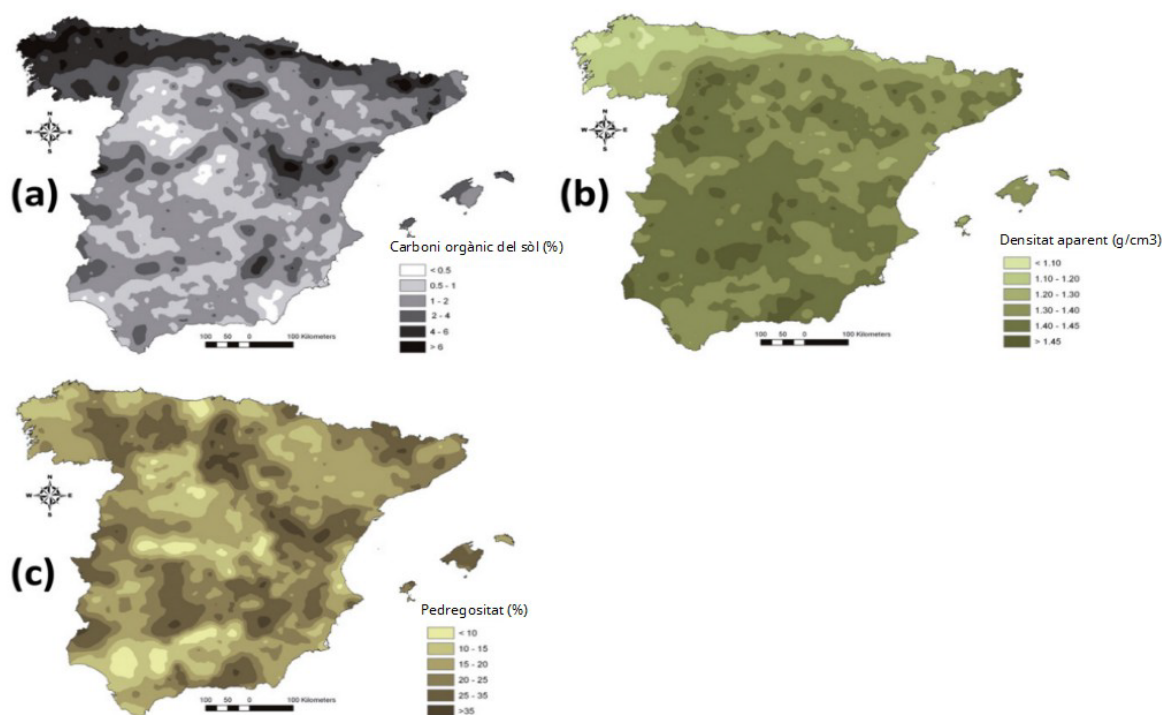


Figura 3. Valors de referència de carboni orgànic (%), pedregositat i densitat aparent d'Espanya. Font: Rodríguez Martín et al. (2016).

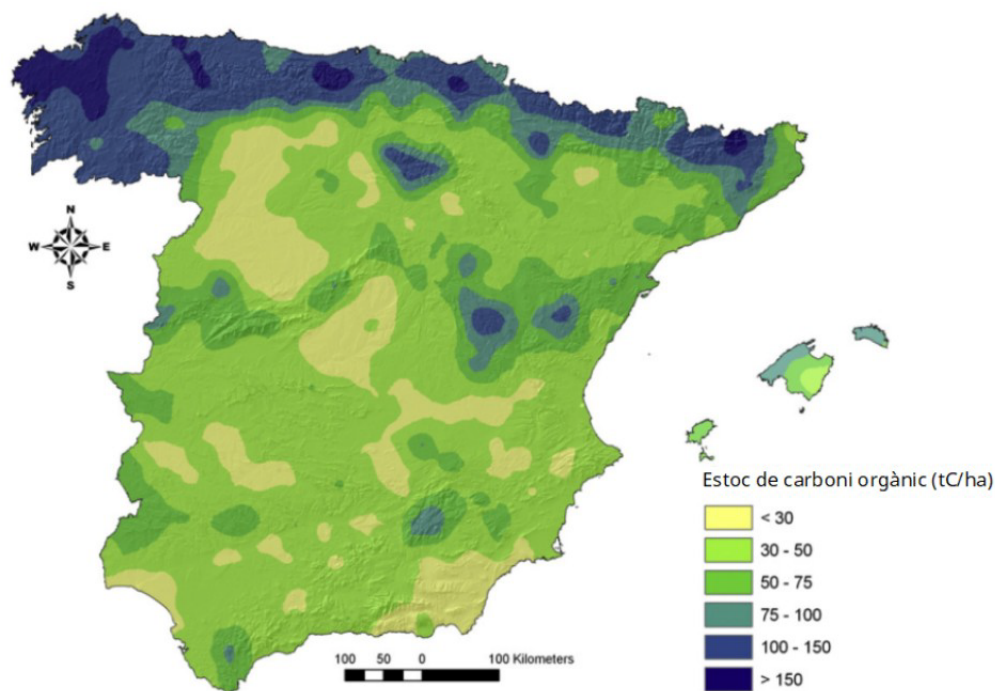


Figura 4. Valors de referència de l'estoc de carboni orgànic al sòl d'Espanya (0-30 cm). Font: Rodríguez Martín et al. (2016).

A més, existeix un estudi que avalua els estocs de carboni al sòl per a l'àmbit territorial concret de l'Illa de Mallorca. Els valors de referència que mostra són els següents:

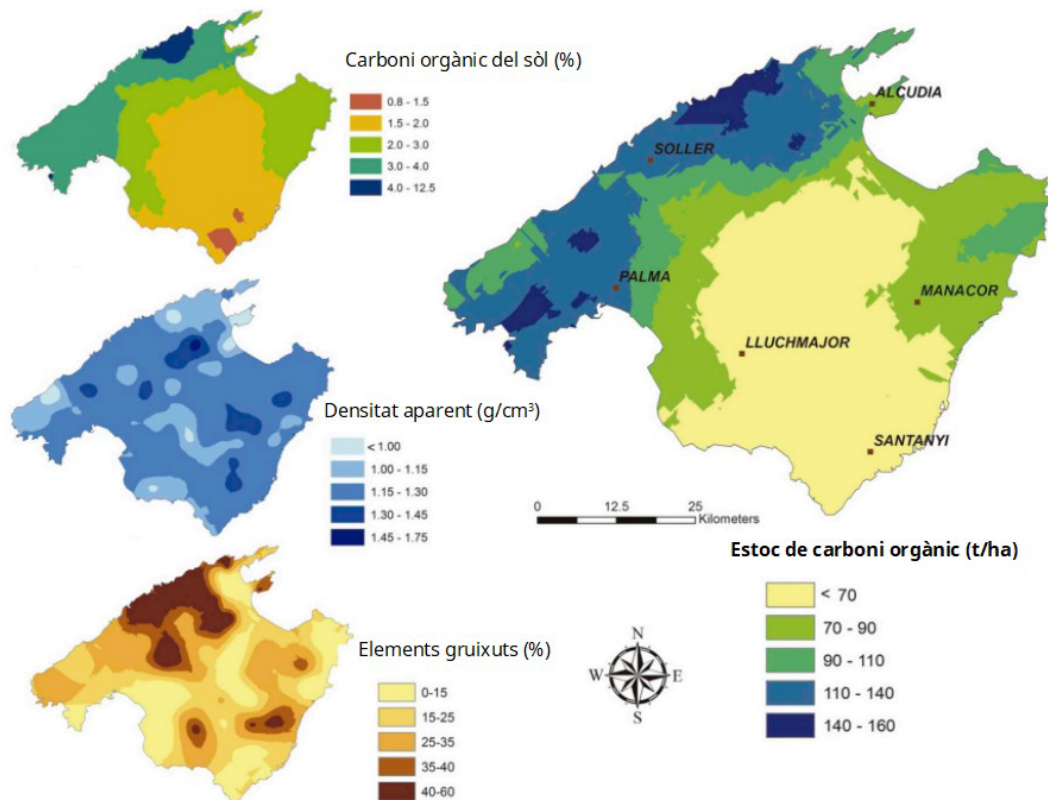


Figura 5. Valors de referència de l'estoc de carboni orgànic al sòl de l'illa de Mallorca (0-30cm). Font: Rodríguez Martín et al. (2019).

Com es pot observar a les figures anteriors, els majors estocs de carboni orgànic al sòl coincideixen amb les zones més humides i amb major

cobertura forestal, i destaca especialment l'àmbit territorial de la serra de Tramuntana.

8. RECULL DE BONES PRÀCTIQUES QUE PODEN CONTRIBUIR A INCREMENTAR EL CARBONI ORGÀNIC AL SÒL I FACTORS D'ABSORCIÓ VINCULATS

Existeix un gran ventall de bones pràctiques que poden contribuir a mantenir o incrementar els estocs de carboni orgànic dels sòls, entres les quals es poden destacar les següents:

- Picar la palla dels cultius de gramínies i lleguminoses.
- Aplicar fertilitzants orgànics, com compost o fems.
- Minimitzar l'alteració del sòl, com aplicant la sembra directa.
- Triturar restes de poda o restes vegetals derivades dels tractaments silvícoles, per evitar-ne la crema.
- Establir cobertes vegetals espontànies o sembrades.

En qualsevol dels casos, s'estima que **només un 20 % del carboni contingut a les fraccions orgàniques que s'apliquin al sòl (restes de poda, cobertes vegetals, fertilitzants orgànics, etc.) s'hi quedarà retengut**, mentre que el 80 % restant retornarà a l'atmosfera en forma d'emissions durant el seu procés de descomposició (Voroney et al., 1989). És per això que, **en cas que es facin aportacions d'elements orgànics, caldrà conèixer-ne les propietats bàsiques per poder fer les estimacions** de com poden contribuir a incrementar el carboni orgànic del sòl, com podria ser una anàlisi de les propietats del compost (% de matèria seca, % de matèria orgànica, % de nitrogen, etc.).

D'altra banda, **en cas que s'apliquin fertilitzants orgànics, se n'haurà de planificar l'aplicació en funció de les necessitats dels cultius i s'hauran de tenir en compte les limitacions en relació amb la contaminació per nitrats**, com per exemple la Resolució de la Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació, de 29 de juliol de 2020, per la qual s'aprova el programa d'actuació aplicable a les zones declarades vulnerables en relació amb la contaminació per nitrats d'origen agrari a les Illes Balears.

La bibliografia disponible relacionada amb la matèria és molt diversa i ofereix uns factors d'absorció atribuïbles a les bones pràctiques que es poden implementar per incrementar el carboni orgànic del sòl, els quals han estat recopilats a les taules que es mostren més endavant. Cal comentar, però, que són valors de referència i que poden variar en funció del tipus de sòl i la seva capacitat de saturació de carboni, la climatologia, etc.

Pel que fa al potencial d'increment del carboni orgànic al sòl derivat de la incorporació de restes de collita d'espècies herbàcies de caràcter hortícola, s'han recopilat els valors de referència de les absorcions que ofereix Mota et al. (2011) per a les espècies hortícoles de port herbaci en reguiu, ja sigui a l'arrel, tija i fulles. Cal tenir en compte que d'aquestes absorcions, segons Voroney et al. (1989), s'estima que només un 20 % de la fracció orgànica (arrel, tija i/o fulles) que es mantingui a la parcel·la s'hi fixarà en forma de carboni orgànic, mentre que la resta s'escaparà a l'atmosfera en forma d'emissions. Aquests valors es mostren a la Taula 1 i es representen gràficament al Gràfic 1.

Pel que fa al potencial d'increment del carboni orgànic al sòl derivat de la implementació de bones pràctiques agrícoles, algunes de les quals estaran condicionades per les aportacions de nitrogen que puguin suposar, s'han tingut en compte les consideracions següents a l'hora de fer els càlculs:

- **Aplicació de pinyolada compostada:** al contingut de carboni orgànic que li atribueix el MAPAMA (2018), s'ha considerat que, segons Voroney et al. (1989), només un 20 % d'aquest quedarà fixat al sòl. El resultat s'ha multiplicat per 3,67 per fer la conversió a CO₂. El valor de referència de nitrogen s'ha considerat el mateix que ofereix el MAPAMA (2018).
- **Aplicació de brises i mares de raïm compostades:** al contingut de carboni orgànic que li atribueix Requejo et al. (2014), s'ha considerat que, segons Voroney et al. (1989), només un 20 % d'aquest quedarà fixat al sòl. El resultat s'ha multiplicat per 3,67 per fer la conversió a CO₂. El valor de referència de nitrogen s'ha considerat el mateix que ofereix Requejo et al. (2014).
- **Aplicació de fems i/o purins (porcí, boví, oví/caprí, avícola), llots de depuradora i residus sòlids urbans compostats:** al contingut de carboni orgànic que li atribueix el MAPAMA (2018), s'ha considerat que, segons Voroney et al. (1989), només un 20 % d'aquest quedarà fixat al sòl. El resultat s'ha multiplicat per 3,67 per fer la conversió a CO₂. El valor de referència de nitrogen s'ha considerat el mateix que ofereix l'annex de la Llei 3/2019, de 31 de gener, agrària de les Illes Balears.
- **Trituració de restes de poda (olivar, vinya, ametllar i cítrics):** al rendiment de producció de matèria seca que li atribueix el MAPAMA (2018), s'ha determinat el seu contingut de carboni orgànic segons els coeficients que els atribueix el MITECO (2014). A més, s'ha considerat que, segons Voroney et al. (1989), només un 20 % d'aquest quedarà fixat al sòl. El resultat s'ha multiplicat per 3,67 per fer la conversió a CO₂. El valor de referència de nitrogen s'ha considerat el mateix que ofereix l'IPCC (2006).
- **Incorporació de restes de collita tipus palla o rostoll en secà (blat, ordi, civada, triticale, faves, ciurons i pèsols):** s'ha calculat la mitjana anual de producció per al període 2020-2022 que ofereix l'IRFAP (2022) i, considerant la relació gra (1)/palla (0,7)/rostoll (0,3) que proposa MAPAMA (2018), s'ha obtingut la producció de cadascuna de les fraccions vegetals. A aquestes, s'han aplicat els coeficients que ofereix el MITECO (2014) per determinar-ne el contingut de matèria seca i, a partir d'aquest, el seu contingut de carboni. Els resultats han estat convertits a CO₂ multiplicant-los per 3,67. Els valors de referència de nitrogen també s'han considerat els que ofereix el MITECO (2014).

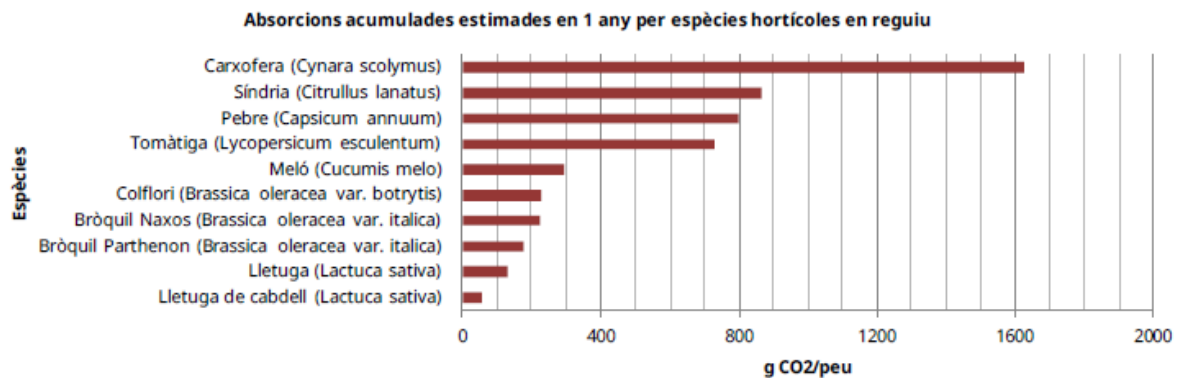


- **Aplicació de sembra directa, llaurada al mínim i establiment de cobertes vegetals entre fileres d'arbres:** s'han considerat els mateixos factors d'absorció que ofereixen Álvaro-Fuentes i Cantero Martínez (2010), MAPAMA (2018) i Aguilera et al. (2013), respectivament. Els valors s'han convertit a CO₂ multiplicant-lo per 3,67.

Els resultats del potencial d'increment del carboni orgànic al sòl derivat de l'aplicació de les bones pràctiques agrícoles comentades anteriorment es mostren a la Taula 2 i es representen gràficament als Gràfic 2 i Gràfic 3.

Espècie	Absorcions acumulades estimades per espècies herbàcies			
Absorcions per espècies hortícoles en reguiu (g CO ₂ /peu i any) ^A				
	Arrel	Tija	Fulles	Total
Bròquil Naxos (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>)	63,4	149,20	9,90	222,50
Bròquil Parthenon (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>)	65,3	95,70	16,90	177,90
Carxofera (<i>Cynara scolymus</i>)	429,40	568,30	629,20	1626,90
Colflori (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>)	29,00	31,90	167,60	228,50
Lletuga (<i>Lactuca sativa</i>)	26,00	17,60	86,20	129,80
Lletuga de cabdell (<i>Lactuca sativa</i>)	18,70	8,10	28,60	55,40
Meló (<i>Cucumis melo</i>)	7,30	165,40	121,00	293,70
Pebre (<i>Capsicum annuum</i>)	48,00	402,60	349,10	799,70
Sindria (<i>Citrullus lanatus</i>)	11,73	411,00	444,00	866,73
Tomàtiga (<i>Lycopersicum esculentum</i>)	32,30	440,00	255,00	727,30
Aclariment: els valors d'absorció fan referència a la part vegetal però, com es tracta de plantes anuals, caldrà tenir en compte que, segons Voroney et al. (1989), només un 20% de l'absorció aconseguida per la fracció vegetal que s'incorpori al sòl s'hi fixa al mateix com a carboni orgànic, mentre que la resta s'escapa a l'atmosfera en forma d'emissions.				

Taula 1. Absorcions acumulades per a espècies herbàcies. Font: AMota et al. (2011).



Gràfic 1. Absorcions acumulades estimades en 1 any per espècies hortícoles en reguiu. Font: elaboració pròpia.

Bona pràctica	Increment del carboni orgànic al sòl amb la implementació de bones pràctiques agrícoles		
	Potencial de mitigació ^A	Ud.	Altres dades d'interès (sobre matèria seca)
Aplicació de pinyolada d'oliva compostada	0,23	t CO ₂ /t de pinyolada aplicada	Contingut de nitrogen: 0,98% ^D Contingut de carboni orgànic: 30,7% ^D
Aplicació de brises i mares de raïm compostades	0,25	t CO ₂ /t de brises i mares aplicades	Contingut de nitrogen: 3,3% ^F Contingut de carboni orgànic: 33,7% ^F
Aplicació de fems i/o purins de porcí compostats	0,02	t CO ₂ /t de fems i/o purins aplicats	Contingut de nitrogen: 0,28% ^C Contingut de carboni orgànic: 3,3% ^D



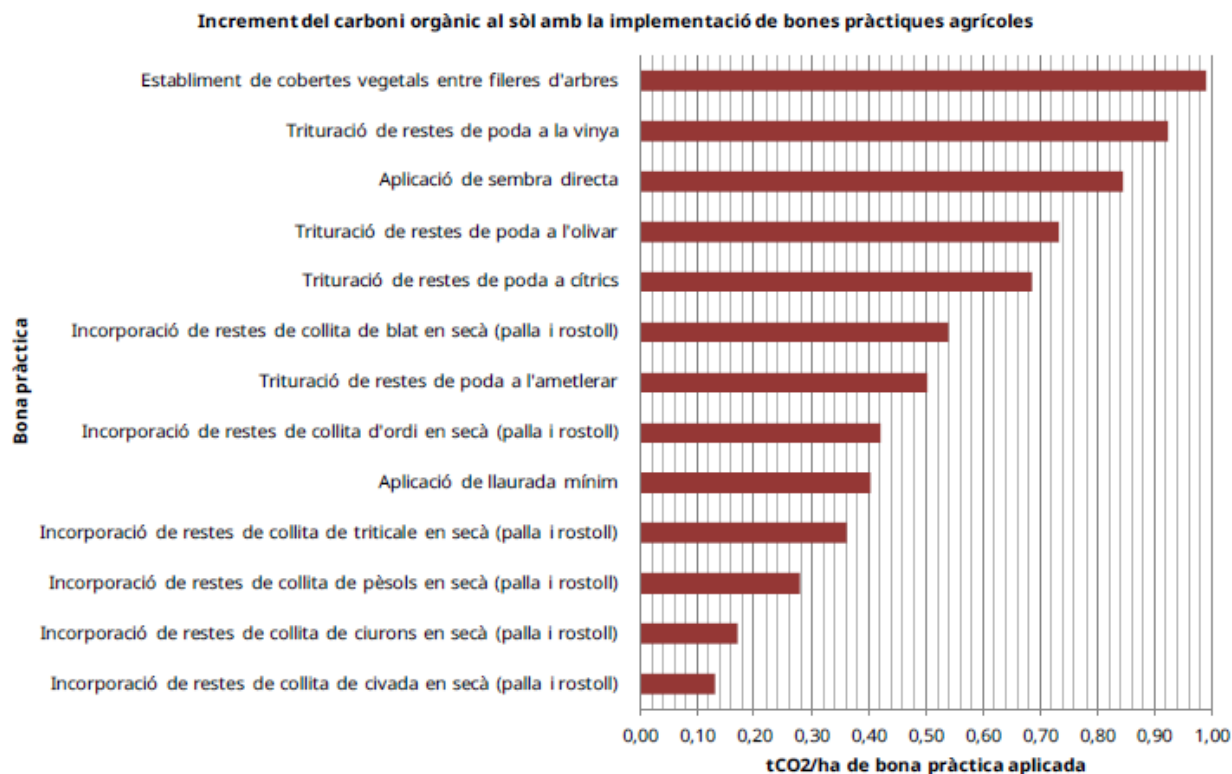
Bona pràctica	Increment del carboni orgànic al sòl amb la implementació de bones pràctiques agrícoles		
Aplicació de fems i/o purins de boví compostats	0,08	t CO ₂ /t de fems i/o purins aplicats	Contingut de nitrogen: 0,94% ^C Contingut de carboni orgànic: 11% ^D
Aplicació de fems i/o purins d'oví/capri compostats	0,17	t CO ₂ /t de fems i/o purins aplicats	Contingut de nitrogen: 1% ^C Contingut de carboni orgànic: 22,8% ^D
Aplicació de fems o purins avícoles compostats	0,26	t CO ₂ /t de fems i/o purins aplicats	Contingut de nitrogen: 2,2% ^C Contingut de carboni orgànic: 36% ^D
Aplicació de llots de depuradora compostats	0,19	t CO ₂ /t de llots de depuradora aplicats	Contingut de nitrogen: 1,88% ^C Contingut de carboni orgànic: 26% ^D
Aplicació de residus sòlids urbans compostats	0,15	t CO ₂ /t de residus sòlids urbans aplicats	Contingut de nitrogen: 1,2% ^C Contingut de carboni orgànic: 20,5% ^D
Trituració de restes de poda a l'olivar	0,73	t CO ₂ /ha d'olivar podat	Contingut de nitrogen: 0,39% ^B Contingut de carboni orgànic: 50% ^E
Trituració de restes de poda a la vinya	0,92	t CO ₂ /ha de vinya podada	Contingut de nitrogen: 0,36% ^B Contingut de carboni orgànic: 45% ^E
Trituració de restes de poda a l'ametlerar	0,50	t CO ₂ /ha d'ametlerar podat	Contingut de nitrogen: 0,36% ^B Contingut de carboni orgànic: 57% ^E
Trituració de restes de poda a cítrics	0,69	t CO ₂ /ha de cítrics podats	Contingut de nitrogen: 0,2% ^B Contingut de carboni orgànic: 55% ^E
Incorporació de restes de collita de blat en secà (palla/rostoll)	0,38/0,16	t CO ₂ /ha de cultiu de blat en secà	Contingut de nitrogen: 0,25% ^E Contingut de carboni orgànic: 41,25% ^E
Incorporació de restes de collita d'ordi en secà (palla/rostoll)	0,29/0,12	t CO ₂ /ha de cultiu d'ordi en secà	Contingut de nitrogen: 0,43% ^E Contingut de carboni orgànic: 38,82% ^E
Incorporació de restes de collita de civada en secà (palla/rostoll)	0,09/0,04	t CO ₂ /ha de cultiu de civada en secà	Contingut de nitrogen: 0,7% ^E Contingut de carboni orgànic: 37,89% ^E
Incorporació de restes de collita de triticle en secà (palla/rostoll)	0,25/0,11	t CO ₂ /ha de cultiu de triticle en secà	Contingut de nitrogen: 0,28% ^E Contingut de carboni orgànic: 41,25% ^E
Incorporació de restes de collita de faves en secà (palla/rostoll)	0,16/0,07	t CO ₂ /ha de cultiu de faves en secà	Contingut de nitrogen: 2,9% ^E Contingut de carboni orgànic: 41,92% ^E
Incorporació de restes de collita de ciurons en secà (palla/rostoll)	0,12/0,05	t CO ₂ /ha de cultiu de ciurons en secà	Contingut de nitrogen: 2,9% ^E Contingut de carboni orgànic: 41,92% ^E
Incorporació de restes de collita de pèsols en secà (palla/rostoll)	0,19/0,08	t CO ₂ /ha de cultiu de pèsols en secà	Contingut de nitrogen: 2,9% ^G Contingut de carboni orgànic: 41,92% ^G
Aplicació de sembra directa	0,84	t CO ₂ /ha i any de sembra directa	-



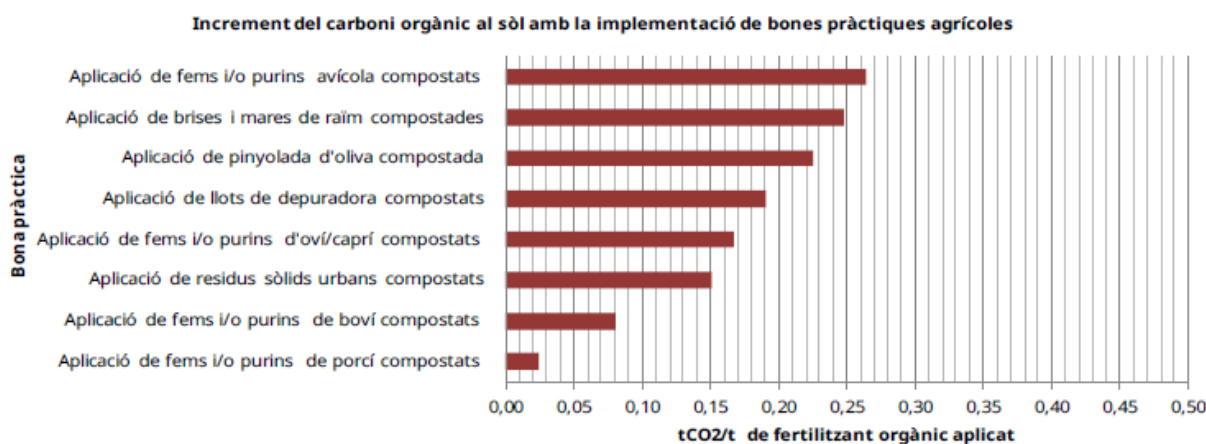
Bona pràctica	Increment del carboni orgànic al sòl amb la implementació de bones pràctiques agrícoles		
Aplicació de llaurada mínima	0,40	t CO ₂ /ha i any de llaurada mínima	-
Establiment de cobertes vegetals entre fileres d'arbres	0,99	t CO ₂ /ha i any de coberta vegetal	-

Aclariment: el valor del potencial de mitigació ja té en compte que, segons Voroney et al. (1989), només un 20% de la matèria orgànica aplicada a un sòl s'hi fixa al mateix com a carboni orgànic, mentre que la resta s'escapa a l'atmosfera en forma d'emissions.

Taula 2. Increment del carboni orgànic al sòl amb la implementació de bones pràctiques agrícoles. Font: Aelaboració pròpia, BIPCC (2006), CLlei 3/2019, DMAPAMA (2018), EMITECO (2014) i FRequejo et al. (2014).



Gràfic 2. Increment del carboni orgànic al sòl amb la implementació de bones pràctiques agrícoles (A). Font: elaboració pròpia.



Gràfic 3. Increment del carboni orgànic al sòl amb la implementació de bones pràctiques agrícoles (B). Font: elaboració pròpia.

BIBLIOGRAFIA

Aguilera, E.; Lassaletta, L.; Gattinger, A.; Gimeno, B. (2013). Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: A meta-analysis Agriculture, Ecosystems & Environment 168, 25-36.

[en línia] <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.003>> [Consulta: 2 desembre 2024]

Álvaro-Fuentes, J.; Cantero-Martínez, C. (2010). Short communication. Potential to mitigate anthropogenic CO₂ emissions by tillage reduction in dryland soils of Spain. Spanish Journal of Agricultural Research 8, 1271-1276.

[en línia] <<https://doi.org/10.5424/sjar/2010084-1240>> [Consulta: 2 desembre 2024]

FAO. (2020). A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes – GSOC-MRV Protocol. Rome.

[en línia] <<https://doi.org/10.4060/cb0509en>> [Consulta: 2 desembre 2024]

FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. Roma.

[en línia] <<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/a0541s>> [Consulta: 2 desembre 2024]

IPCC (2006). Cuadro 11.2. Factores por defecto para la estimación del nitrógeno agregado a los suelos a partir de residuos agrícolas de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (volumen 4, capítulo 11).

[en línia] <Publications - IPCC-TFI> [Consulta: 2 desembre 2024]

IRFAP (2022). Estadístiques Agràries-Pesqueres.

[en línia] <https://www.caib.es/sites/irfap/ca/publicacio_2022/> [Consulta: 2 desembre 2024]

MAGRAMA (2022). Mapa del carbono orgánico del suelo en España: estimación a partir de los datos del Inventario Nacional de Erosión de Suelos. Ministerio para la Transición Ecológica y el reto Demográfico.

[en línia] <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/libro_mapadelcarbono_v311_tcm30-552615.pdf> [Consulta: 2 desembre 2024]

MAPAMA (2018). Iniciativa 4 por mil: el carbono orgánico del suelo como herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático en España.

[en línia] <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/4por1000_tcm30-438109.pdf> [Consulta: 2 desembre 2024]

MITECO (2014). Tabla 10.3.1. Parámetros relativos a la quema de residuos de cultivos. Capítulo 10 del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Edición 2014 (1990 – 2012).

[en línia] <CAPÍTULO 10:> [Consulta: 2 desembre 2024]

Mota, C.; Alcaraz-López, Carlos; Iglesias, M.; Martínez-Ballesta, Mcarmen; Carvajal, Micaela. (2011). Absorción de CO₂ por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. Horticultura Global. 294. 58-63.

[en línia] <https://www.researchgate.net/publication/285295502_Absorcion_de_CO2_por_los_cultivos_mas_representativos_de_la_Region_de_Murcia> [Consulta: 2 desembre 2024]

Requejo, M.I.; Cabello, M.J.; Castellanos, M.T.; Cartagena, M.C.; Arce, A.; Villena, R.; Ribas Elcorrobarrutia, F. (2014). Utilización del compost de orujo de uva en el cultivo de melón en Castilla-La Mancha. Vida rural, v. 381, p. 60-66.

[en línia] <https://oa.upm.es/35630/1/INVE_MEM_2014_174491.pdf> [Consulta: 2 desembre 2024]

Rodríguez Martín, J.A., Álvaro-Fuentes, J., Gonzalo, J., Gil, C., Ramos-Miras, J.J., Grau Corbí, J.M., Boluda, R., (2016). Assessment of the soil organic carbon stock in Spain. Geoderma 264 (Part A), 117–125.

[en línia] <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.10.010>> [Consulta: 2 desembre 2024]



Rodríguez Martín, J.A., Álvaro-Fuentes, J., Luis Gabriel, J., Guitiérrez, C., Nanos, N., Escuer, M., Ramos-Miras, J.J., Gil, C., Martín-Lammerding, D., Boluda, R., (2019). Soil organic carbon stock on the Majorca Island: Temporal change in agricultural soil over the last 10 years. *Catena*. Elsevier BV.

[en línia] <<https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104087>> [Consulta: 2 desembre 2024]

Voroney, R.P.; Paul, E.A.; Anderson, D.W. (1989). Decomposition of wheat straw and stabilization of microbial products. *Canadian Journal of Soil Science*, 69, 63-77.

[en línia] <<https://doi.org/10.4141/cjss89-007>> [Consulta: 2 desembre 2024]

