

 Institut d'Estudis Catalans

Jornada  
**EL CARBONI ORGÀNIC DELS SÒLS AGRÍCOLES:**  
**UNA EINA PER A LA MITIGACIÓ DEL CANVI CLIMÀTIC A CATALUNYA**

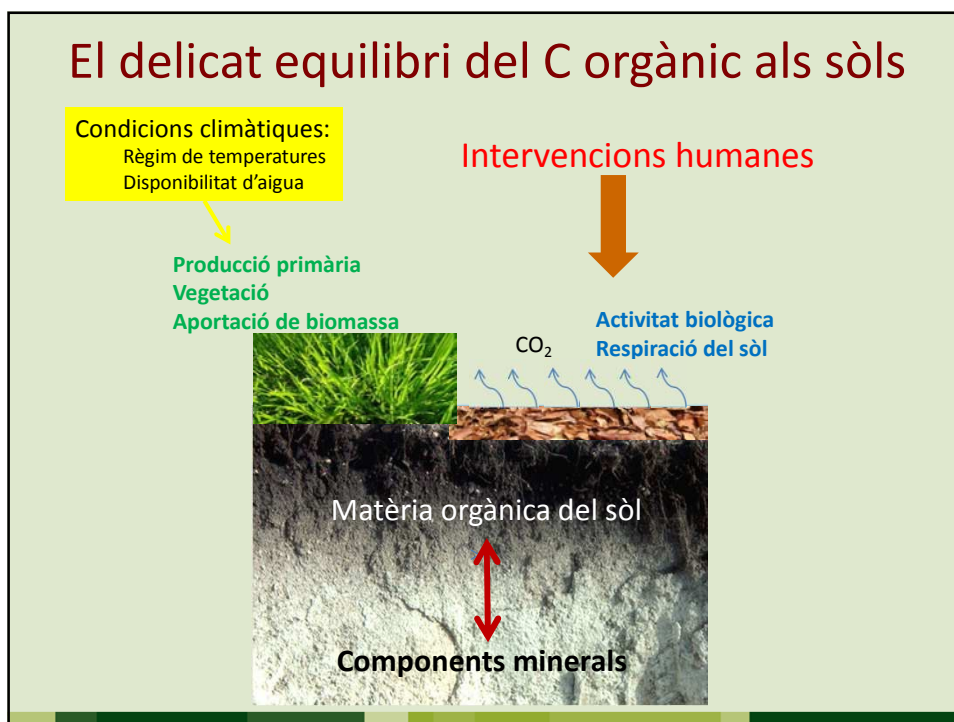
Barcelona, 7 de juny de 2018  
 Institut d'Estudis Catalans

## Com segrestar carboni orgànic al sòl

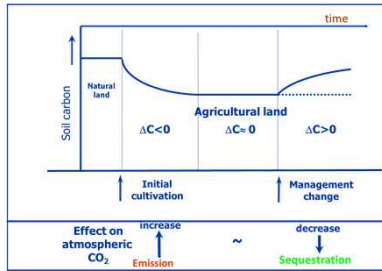
*Josep Maria Alcañiz*  
 Universitat autònoma de Barcelona  
 Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)





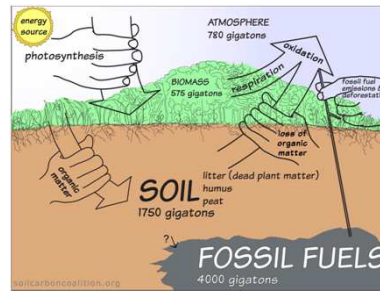



**Canvis d'ús i reservoris de C orgànic al sòl**



Generalment suposa la pèrdua d'un ~30-50 % de la MO del sòl equivalent no cultivat

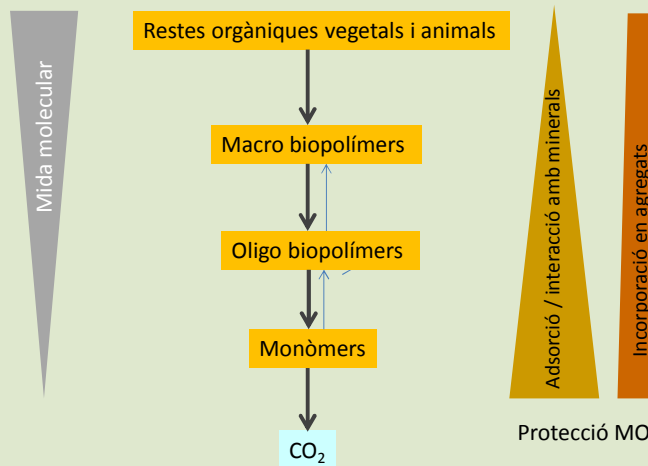
**El sòl com a reservori de carboni orgànic dels ecosistemes terrestres**



Els sòls contenen més C orgànic que el que hi ha a l'atmosfera i la vegetació

**La matèria orgànica un component inestable als sòls**

Progressiva descomposició (mineralització) de les restes orgàniques



*Continuum de compostos orgànics en descomposició*

Adaptat de Lehmann and Kleber, 2015

## Visió actual de la dinàmica del C orgànic en el sòl

El punt de vista tradicional era que la resistència bioquímica a la biodegradació (**recalcitrància**) era el factor que explicava la persistència del C orgànic en el sòl. Es formava **humus**.

Actualment es considera que la **protecció física o química** és el principal factor que explica la persistència de la matèria orgànica en el sòl.

### Segrest de carboni orgànic al sòl

- Balanç net positiu del C en un determinat sistema natural que estigui associat a una reducció de les emissions de GEH, i que perduri en el temps.
- No sempre un increment de C orgànic al sòl correspon a un segrest de C perquè pot anar associat a majors emissions de GEH.



D. S. Powlson, A. P. Whitmore & K. W. T. Gouldin (2011) Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. *European J. Soil Sci.* 62:42-55.

## ....i el carboni inorgànic?

Estimació de les reserves de **C inorgànic** (Mg/ha), considerant tres fondàries, en una àmplia mostra de sòls agrícoles de la franja occidental de Catalunya.

El diferent nombre de perfils considerats per a cada profunditat depèn de la fondària del sòl i de la disponibilitat d'anàlisis.

Profunditat (cm)	Mitjana	Desv. Est.	Núm. Perfils
0-50	292,3	85,5	2.144
0-100	597,2	153,5	1.517
0-150	897,0	200,2	926

Font: Costa (2004).

~ x 5 vegades les reserves de C orgànic



Al·luvial calcari



Granodiorita

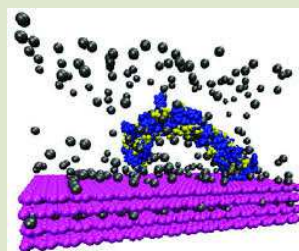
## Per que el segrest en el sòl sigui efectiu, cal que el C es mantingui en formes perdurables

La persistència en el sòl pot ser deguda a:

- Protecció física (oclusió en agregats)
- Adsorció en superfície de minerals (argiles, òxids)
- Insolubilització (unió amb metalls, agrupació de compostos orgànics)
- Medi desfavorable a la biodegradació (hidromorfia, acidesa extrema)
- Matèria orgànica recalcitrant (carbó)



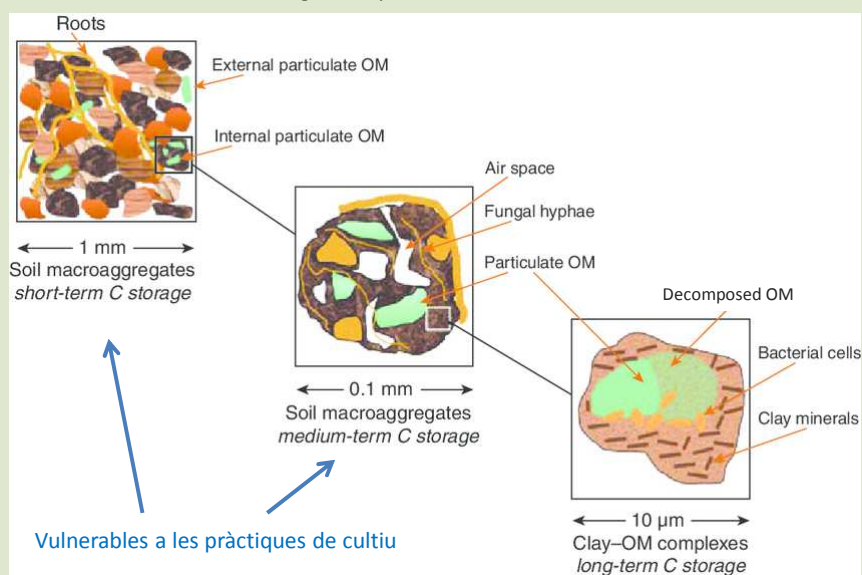
Oclusió en agregats



Interacció amb argiles

## Protecció del carboni orgànic en agregats

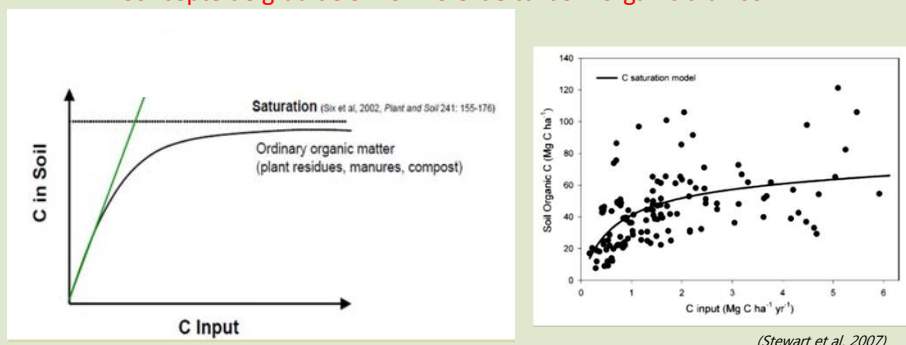
El grau de protecció és variable



## Quan carboni orgànic hi cap en un sòl?

Si ens basem en processos físics i físico-químics (oclusió, adsorció), la capacitat d'un sòl per mantenir COS a llarg termini és limitada

**Concepte de grau de SATURACIÓ de carboni orgànic d'un sòl**



(Stewart et al. 2007)

Per tant, depèn de:

Interaccions amb components minerals (quantitat i tipus d'argila, òxids)

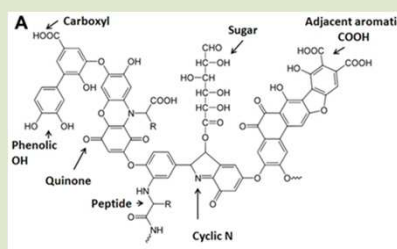
Combinació amb  $Al^{+++}$ ,  $Fe^{+++}$  (en sòls àcids) i  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  (sòls neutres i bàsics)

## Recalcitrància

Però també cal considerar l'acumulació de matèria orgànica menys biodegradable, resultant dels processos microbians de descomposició (matèria orgànica "poc oxidable" o "recalcitrant"). Es produeix una certa selecció de components orgànics en el procés de biodegradació.



Extracte húmich d'un sòl



Model d'àcid húmich

**És a dir hi ha una pugna entre els processos de biodegradació de la matèria orgànica i els processos d'estabilització/conservació en el sòl**

## Recalcitrància induïda Matèria orgànica pirogènica

Bastants sòls contenen restes de carbó que poden persistir molts anys per la seva composició i estructura química  
Resultat d'incendis espontanis o cremes voluntàries



Una pràctica tradicional per fertilitzar el sòl, carbonet barrejat amb cendres  
(Font: Lasteyrie 1827, citat per Miret 2004 "Las rozas en la Península Ibérica. Apuntes de tecnología agraria tradicional". Historia Agraria 34, 165-193).

## Què fer per segrestar C?

### Minimitzar les pèrdues per descomposició de la MO

Reduir el treball mecànic dels sòls agrícoles (agricultura de conservació)  
Evitar la sobrefertilització agrícola (especialment en N i P)

### Mantenir la reserva de C orgànic fent una bona gestió agrícola, ramadera o forestal

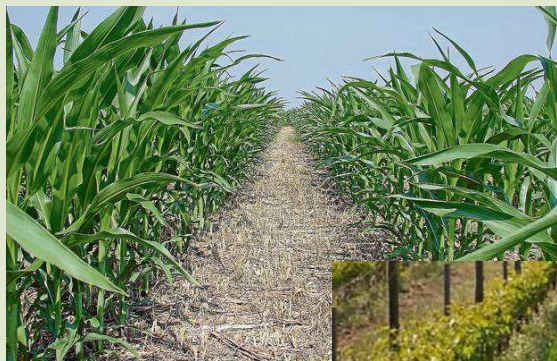
Afavorir la producció de biomassa, especialment la que queda dins del sòl  
Quan sigui possible, establir cultius com adobs en verd i cobertes verdes  
Compensar les extraccions de nutrients pels cultius amb adobs orgànics

### Incrementar progressivament la reserva de C orgànic (estratègia 4%)

Fer una gestió correcte dels fems i purins  
Incorporar adobs orgànics de qualitat

## Mesures per no perdre carboni orgànic

Agricultura de conservació (orgànica, ecològica)



Cobertes de restes (mulch)



Cobertes verdes

## Mesures per no perdre carboni orgànic

Reducir el treball mecànic dels sòls agrícoles:

llaurada mínima  
sembra directe

Sembra directe:  
(pot tenir l'inconvenient d'ús d'herbicides)



## Restituir les pèrdues de matèria orgànica per descomposició

Taxes anuals de mineralització ( $t_m$ ):

0,5 – 6 % del carboni orgànic contingut al sòl

Taxes anuals de conversió en carboni estable-humus dels fems

o adobs orgànics ( $t_h$ ): 10 – 60% de la MO del residu

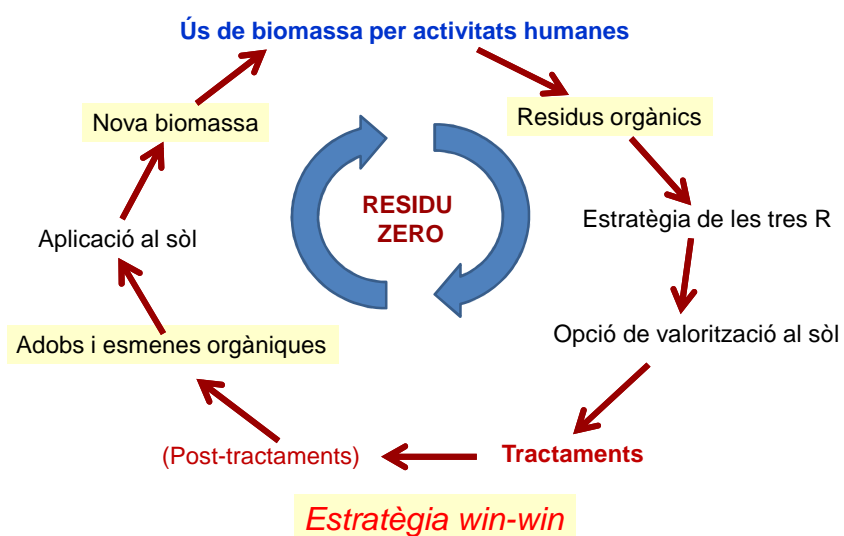


Composts



Adobs organo-minerals  
Adobs d'alliberació lenta

## Adobs orgànics i economia circular





## Aplicació d'adobs orgànics



Fangs EDAR

Composts



## Incorporació d'esmenes orgàniques

Rehabilitació de sòls molt degradats  
Construcció de tecnosòls  
Preparació de substrats

Funcions i aspectes positius de les esmenes orgàniques:

- Incrementar el contingut orgànic del sòl
- Estimular l'activitat biològica del sòl
- Millorar l'estructura del sòl, porositat
- Aportar nutrients per a la vegetació
- Millorar la retenció d'aigua, infiltració
- Estimular la degradació de contaminants (en determinats casos)



### Ús d'esmenes orgàniques en la preparació de tecnosòls

Terres sobrants + residus miners





+ Esmenes/adobs

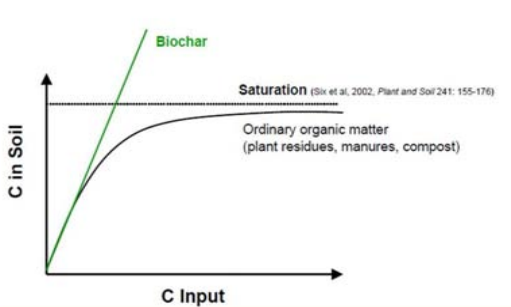
**TECNOSOL PER A LA REHABILITACIÓ**

35 Mg/ha de compost de FÒRM

Pedrera La Falconera, Garraf  
PROMSA, Ciments Molins




### Com incrementar l'estoc de COS sense dependre de la capacitat de saturació de COS




(Six et al, 2002, Plant and Soil 241: 155-176)

Estratègia basada en matèria orgànica recalcitrant:

- Compost molt madur
- Biochar
- Hidrochar



biochar



hidrochar

## Tractaments avançats de residus orgànics que permeten valoritzar-los en sòls

Indicats especialment per a residus problemàtics, que no tenen altre sortida i/o que presenten inconvenients en la incineració, compostatge o altres tractaments.

- Piròlisi (produeix també combustibles i altres) → **BIOCHAR**
- Carbonització hidrotermal (HTC) → **HIDROCHAR**

Noves esmenes orgàniques per segrestar C  
Contenen un C molt estable



Biochar o biocarbó obtingut d'estelles de fusta

## Biochar = Biocarbó

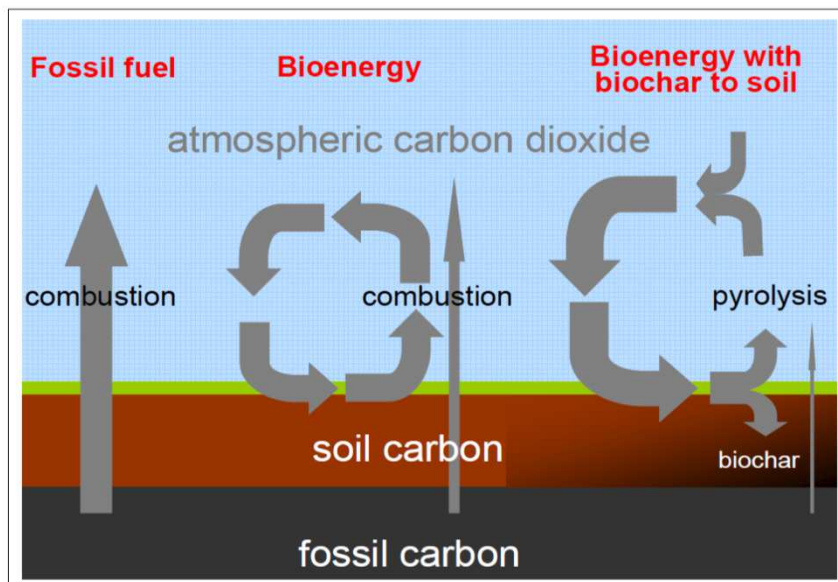
Biomassa carbonitzada destinada a ser aplicada al sòl com a esmena orgànica per millorar la fertilitat y segrestar carboni. El biocarbó no aporta gaires nutrients.

Biochar ≠ carbó vegetal combustible (*charcoal*)



La carbonització es pot fer per diferents tecnologies basades en el procés de piròlisi (descomposició tèrmica sense o poc oxigen)

## Biochar: estratègia carboni negativa



## Matèries primeres per produir biochar, exemples

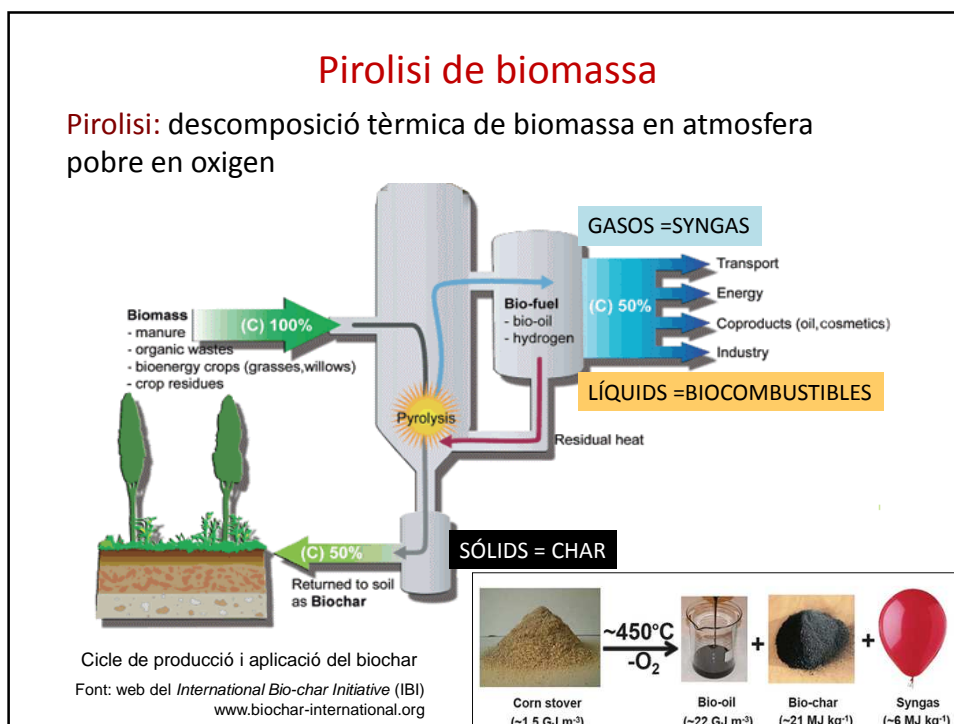


Estella de pi i *biochar* resultant per un procés de piròlisi lenta

Per produir *biochar* és recomanable usar residus orgànics sense usos alternatius




Fangs EDAR i *biochar* resultant (piròlisi lenta)



### Tecnologies de piròlisi per obtenir biochar

Principals procediments de piròlisi:

- Carbonització tradicional
- Pirolisi lenta
- Pirolisi ràpida
- Gasificació



#### Tipus de piròlisi i productes obtinguts

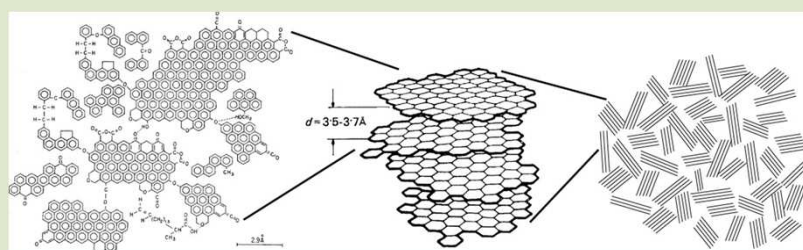
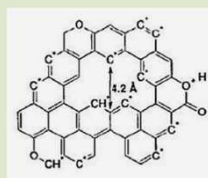
Proceso	Temperatura de piròlisi	Tiempo de residencia	Líquido (bioaceites)	Sólido (biochar)	Gas (syngas)
<b>Piròlisi ràpida</b>	Moderada (~400-500°C)	Corto (<2s)	75% (25% agua)	12%	13%
<b>Piròlisi lenta</b>	Baja- moderada (450- 550°C)	Largo	30% (70% agua)	35%	35%
<b>Gasificació</b>	Elevada (>700°C)	Medio	5% (5% agua)	10%	85%

Fuente: Adaptado de *Sohi et al., 2009*

## Composició i propietats del biochar

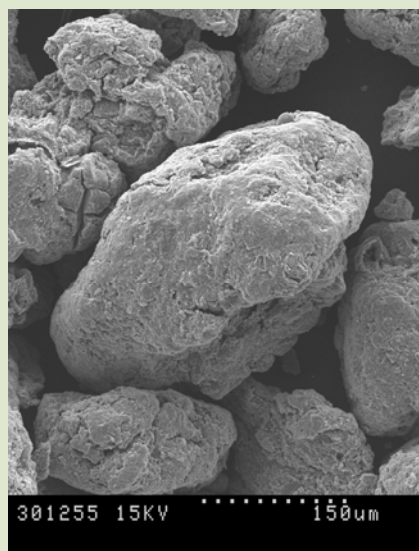
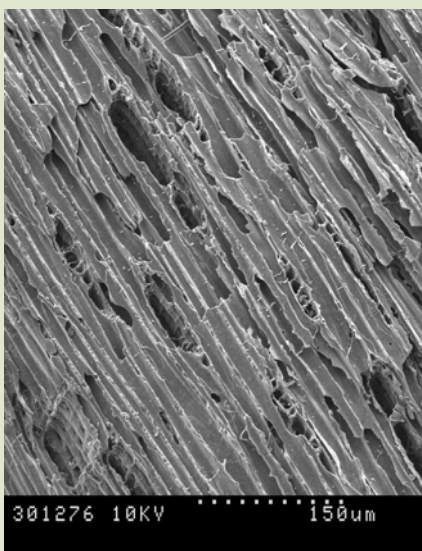
### Anàlisi elemental de biochars

Material	Piròlisis	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)	Ash (%)
Pino	Lenta	86,2	1,9	0,12	0,02	9,6	2,6
	Ràpida	71,7	3,4	0,19	0,02	22,0	2,6
	Gasificació	71,0	0,5	0,12	0,08	18,8	9,5
Chopo	Lenta	81,0	2,1	0,48	0,04	12,3	4,1
	Ràpida	73,1	3,3	0,35	0,02	18,7	4,5
Maiz	Lenta	78,5	2,48	0,68	0,06	9,6	8,6
Lodo EDAR	Lenta	22,3	1,2	2,48	1,10	3,7	69,2

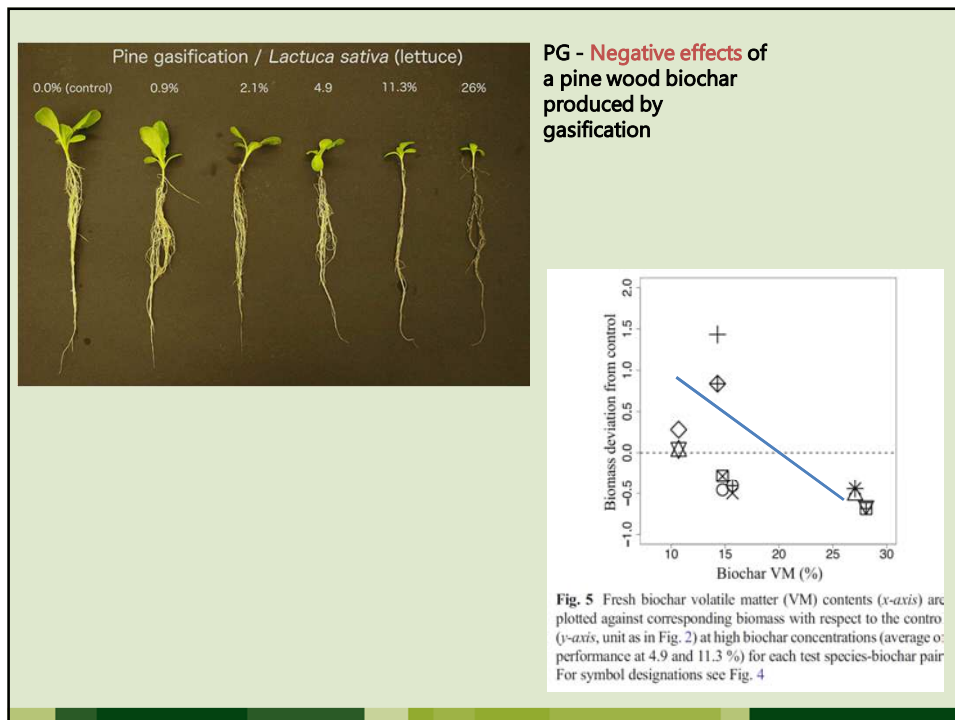
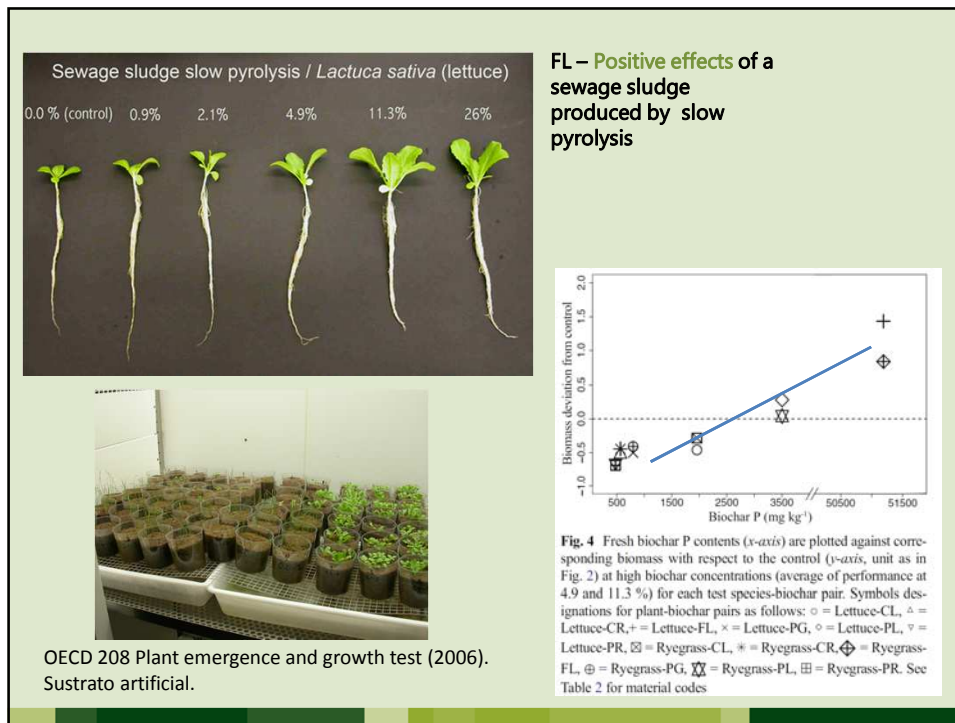


Matèria orgànica pirogènica (PyOM), black carbon

### Alta porositat heretada del material de partida (refugi biològic, retenció d'aigua, aeració)

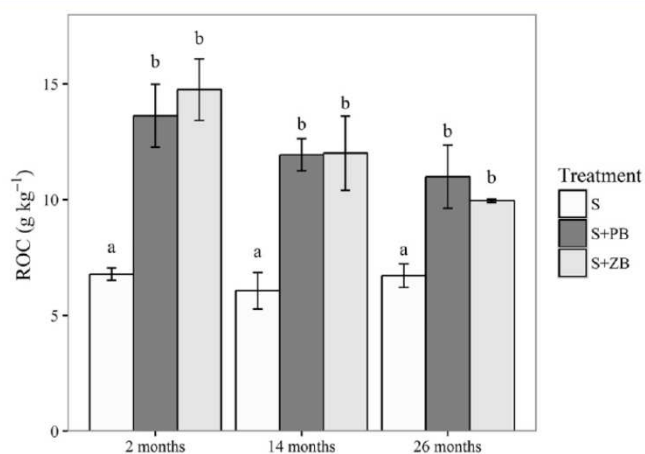


Poplar wood biochar (left) and sewage sludge biochar obtained by slow pyrolysis (Marks EAN 2013)





Evolució en dos anys del carboni resistent a una hidròlisi àcida en un sòl de vinya esmenat amb 6,5 Mg /ha de dos tipus de biochar



Resistant organic carbon (ROC) to acid hydrolysis of a control soil (S) and soil treated with pine (S+PB) or corn cob (S+ZB) biochar, 2 months, 14 months and 26 months after biochar application.

In: Irene Raya-Moreno, Rosa Cañizares, Xavier Domene, Vicenç Carabassa, Josep M. Alcañiz (2017) Comparing current chemical methods to assess biochar organic carbon in a Mediterranean agricultural soil amended with two different biochars. Science of the Total Environment 598 (2017) 604–618.