

Biochar como biotecnología para la gestión ambiental: beneficios y minimización de riesgos



Jornada Técnica CIAM-AGACAL
Mabegondo (A Coruña) 12/11/2021
Xavier Domene



CREAF



EXCEL·LÈNCIA
SEVERO
OCHOA

UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona

Qué es el biochar?



Carbón producido a partir de variedad de biomásas que se pretende usar como enmienda de suelo en lugar de como material para la combustión

... la definición es ya un poco anticuada dada la multitud de otros usos que puede tener este material

El carbón tiene una larga persistencia en el suelo

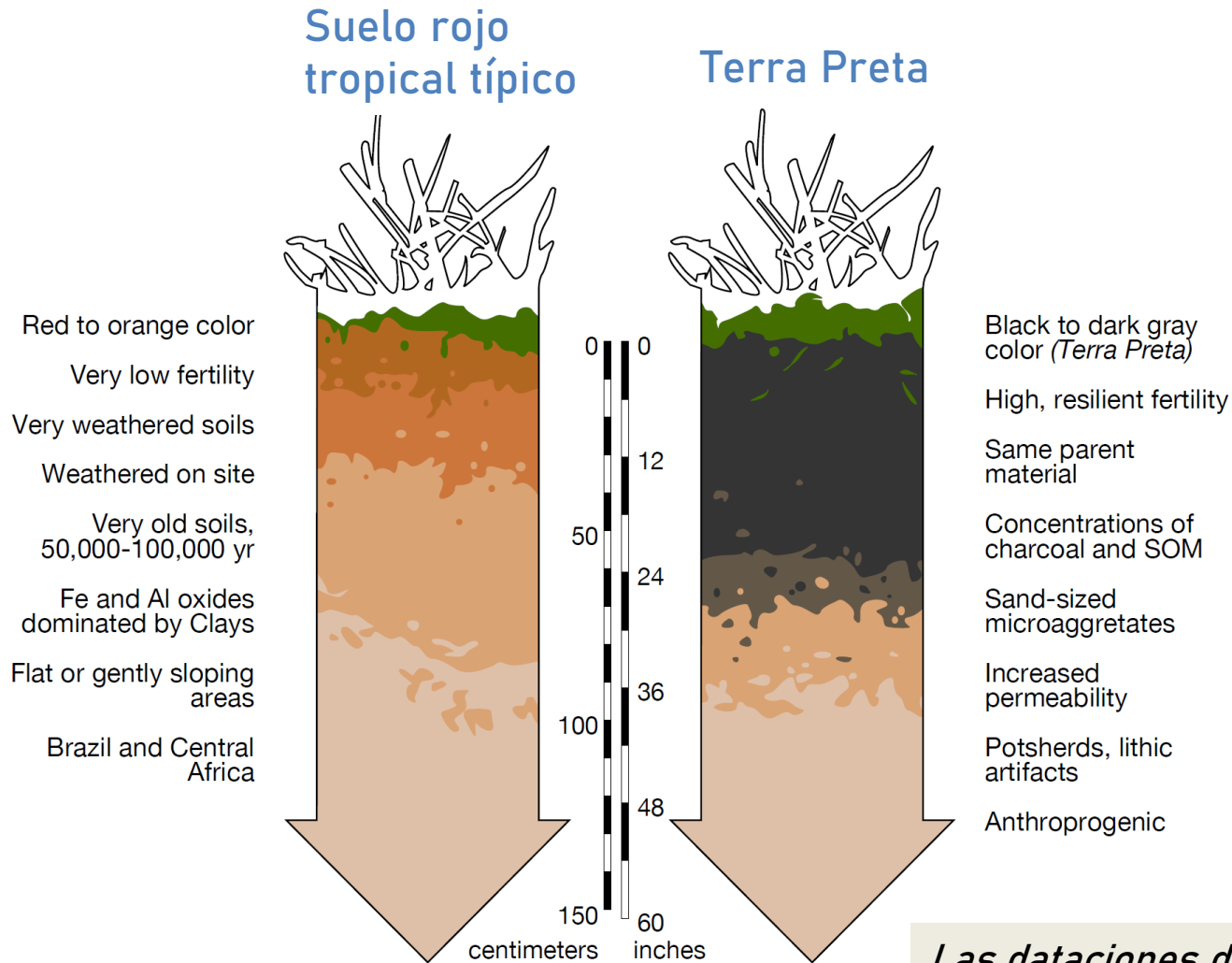


Fragmentos de carbón sin datar observados en un perfil de suelo indicando discontinuidad en su desarrollo (Pla de la Calma, Montseny Massif, Catalonia)



Sitio arqueológico de la Edad de Piedra datado en 4000 años A.C (Raseborg Långåmossarna, SO Finlandia)

El origen de la investigación sobre biochar: las Terras Pretas amazónicas



Thayn (2009)

Las dataciones de fragmentos de carbón en las Terras Pretas indican una edad de 500-2.500 años

Los suelos de bosque tropical, cuando se pasan a cultivo pierden rápidamente la fertilidad debido a:

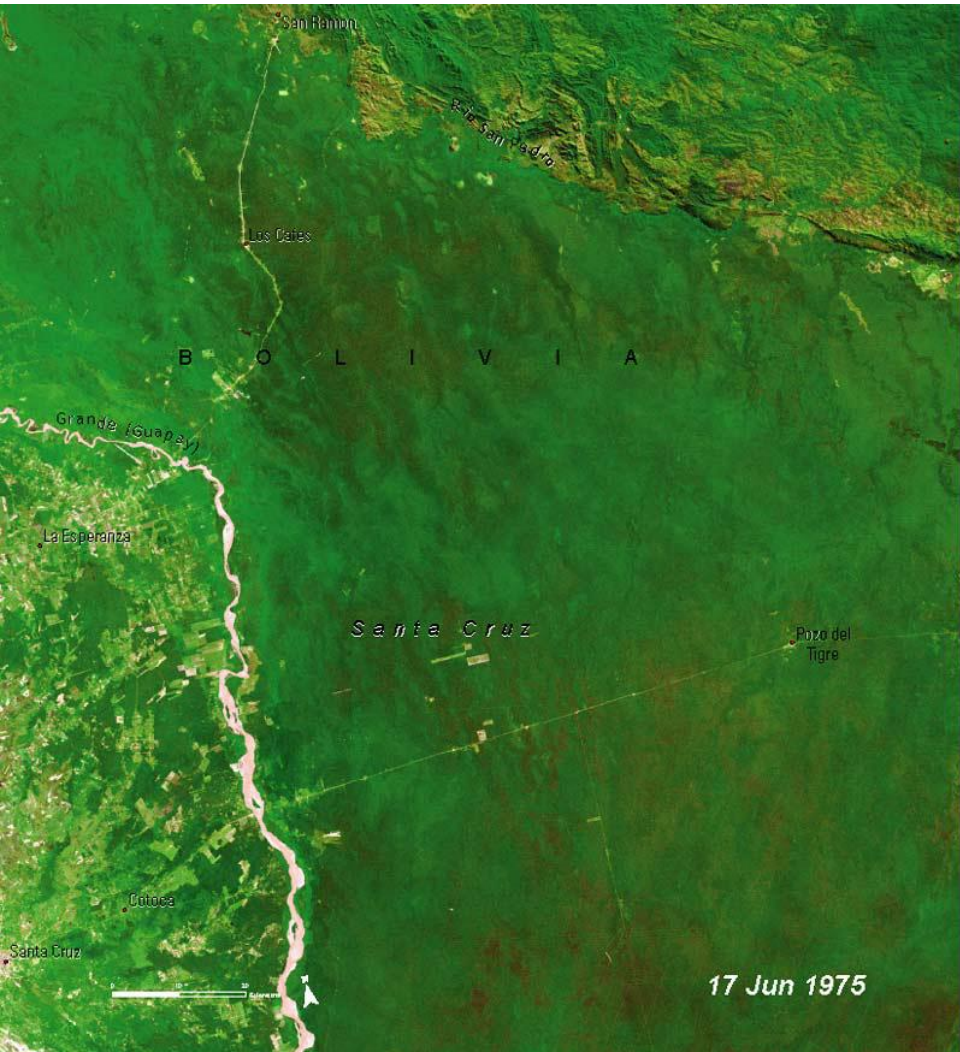
- Disminución de la CIC (al perder materia orgánica i la baja CIC de las arcillas presentes, de tipo caolinita)
- Elevada acidez



*La agricultura tropical requiere **mayores insumos de fertilizantes** que los cultivos de zonas templadas por la **fácil pérdida de nutrientes** en estos suelos*



La pobreza de los suelos tropicales y las rompidas de bosque tropicales para su uso agrícola es uno de los factores que dirigen la deforestación de zonas tropicales...



Deforestation in Bolivia (1975-2003) (UNEP 2009)

*... y esos suelos abandonados se convierten en **pastos pobres en nutrientes** que no permiten el desarrollo de un nuevo bosque tropical*



Degraded cattle pasture in the Pando, Bolivia

Las Terra Pretas son fértiles!



IV

III

II

I

F40

F41

AC AM - IA - 48
S. LAGUINHO
N 1063 1064 1065
E989 N.O-190CM
PERFIL W. 13-08-07

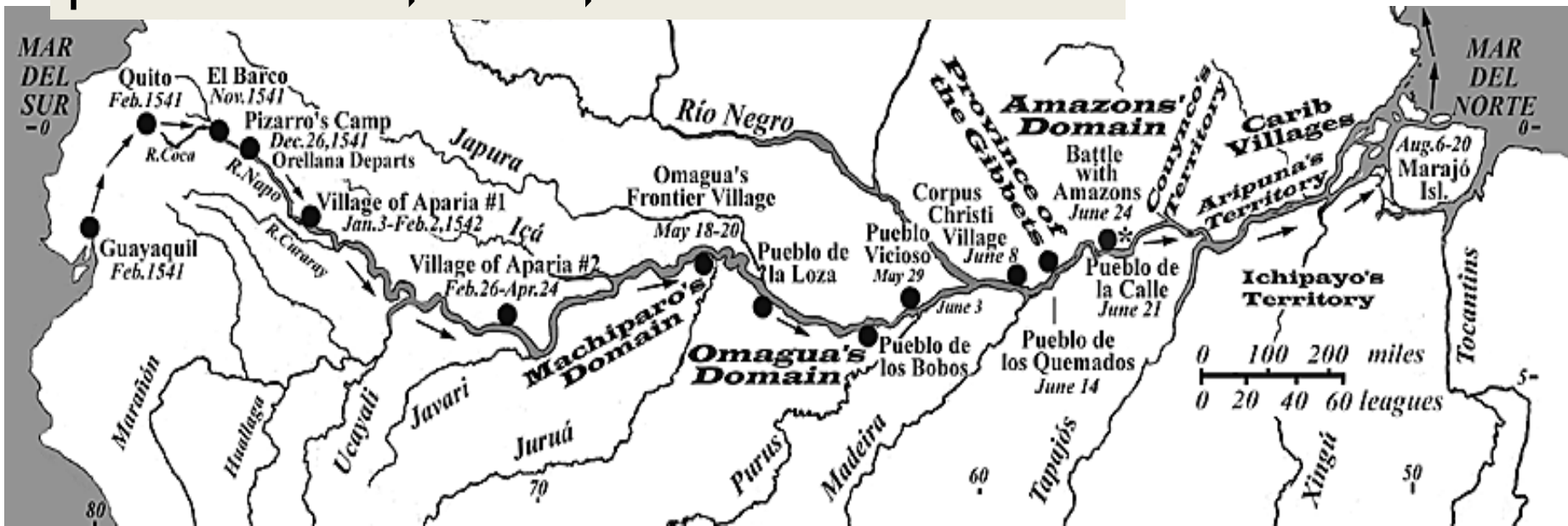


In the Amazon, excavations reveal fertile terra preta deposits (Photo: Jim Richardson-National Geographic Creative)

A mitad del siglo XVI century, en la expedición de Francisco de Orellana explora por primera vez el Amazonas aguas abajo desde Perú



Las crónicas describen numerosos poblados de 5,000-10,000 habitantes



Map of Orellana's route down the Amazon and some of the native settlements discovered [after Medina (1934) Athena Review vol. 1, number 3]

Estos asentamientos no se observan en expediciones posteriores, probablemente como resultado del **impacto de las enfermedades europeas** que diezmaron a la población indígena antes de la llegada de los colonizadores



Mesoamerican infected with smallpox, from the Florentine Codex by Bernardino de Sahagún.

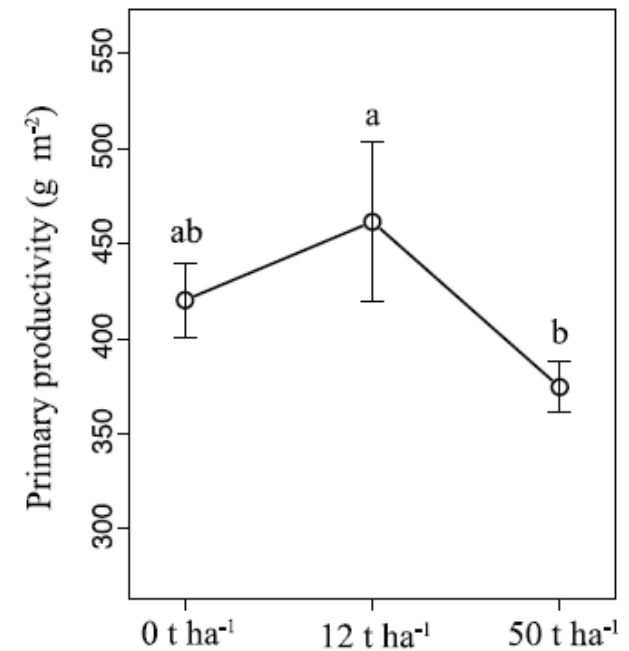
Beneficios ambientales del biochar



1. Mejora fertilidad del suelo

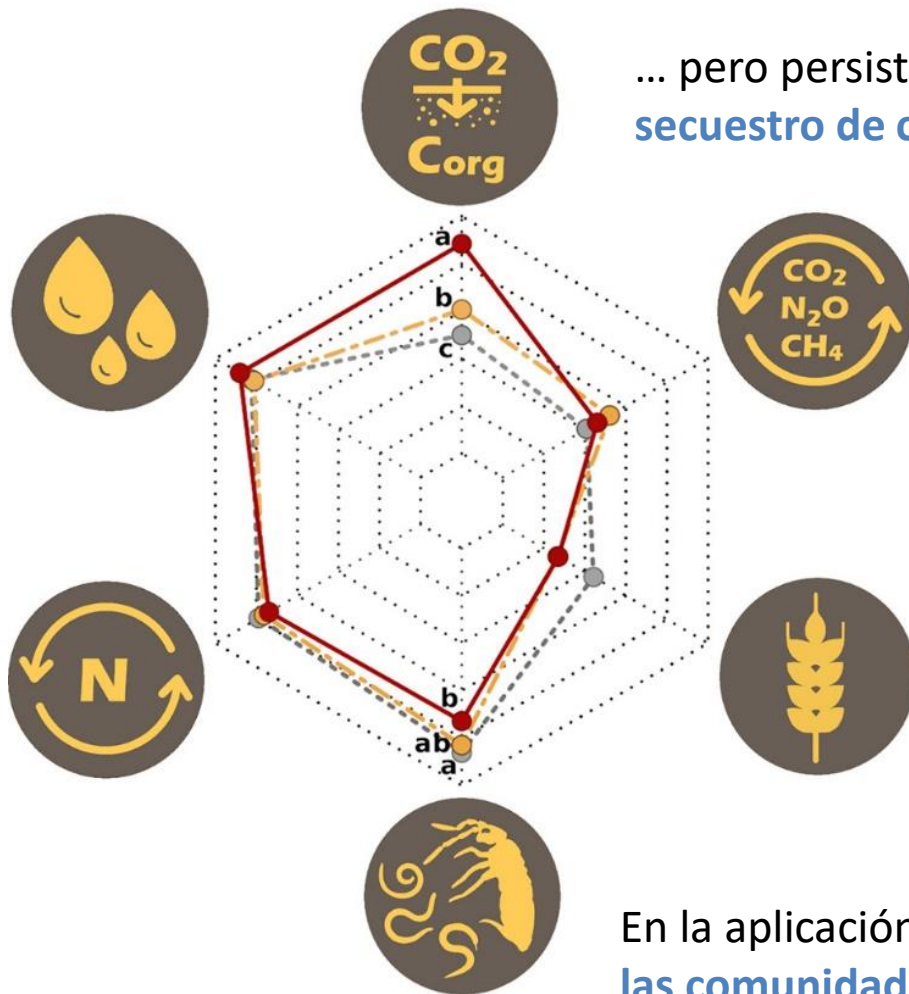
- (1) Mejora de algunas propiedades del suelo
- (2) Mejora de las cosechas en algunos suelos pobres
- (3) Previene la deforestación en zonas tropicales

Marks et al. (2016) *Agriculture, Ecosystems and Environment* 215 (2016) 30–39



Llovet et al (2021) *Science of the Total Environment* 801:149580.

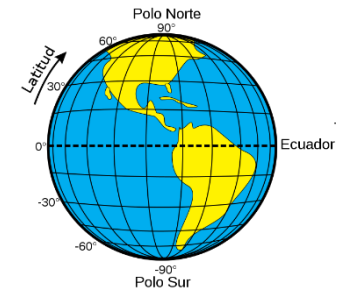
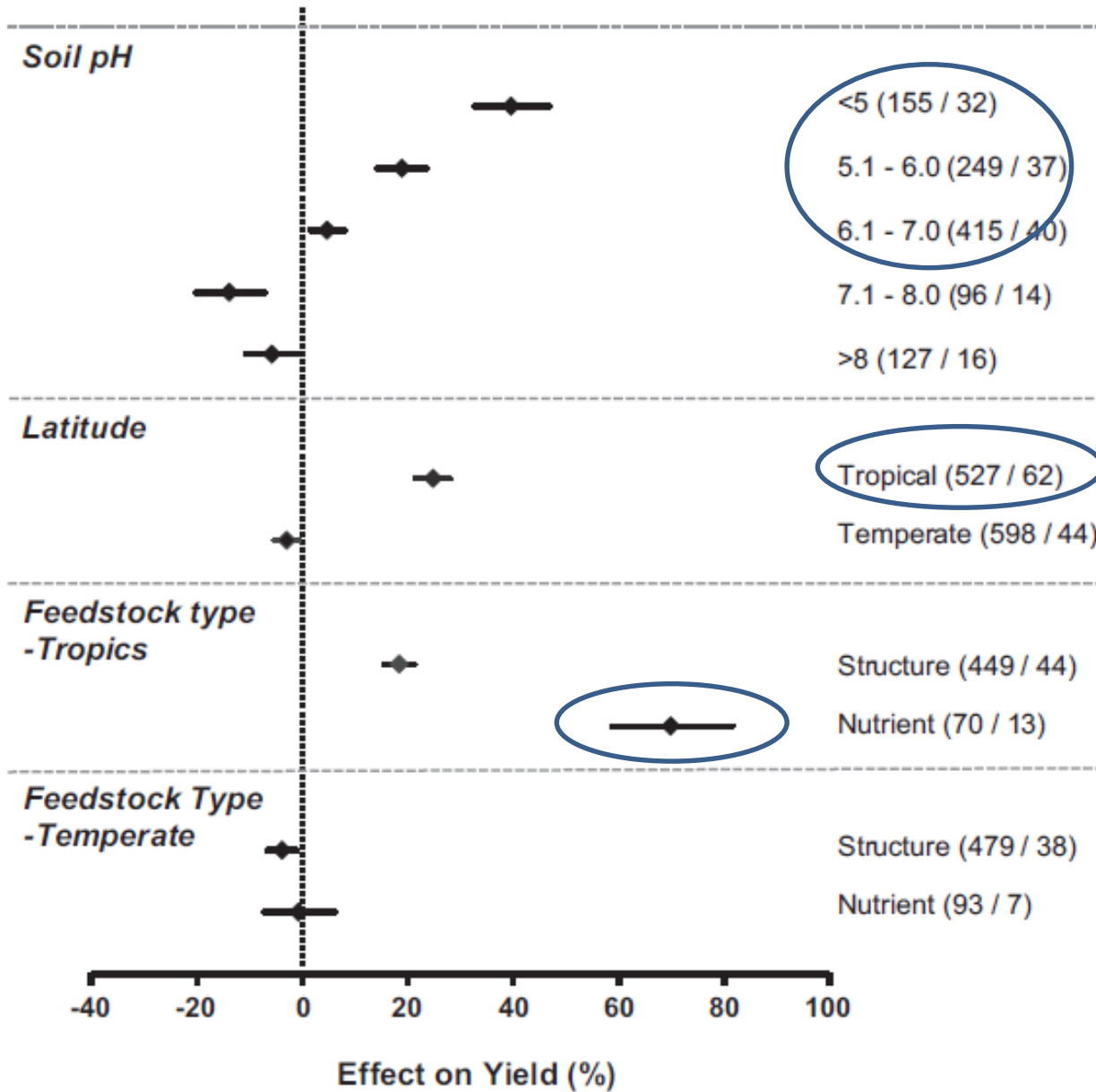
---●--- 0 t ha⁻¹ - - - ● - - - 12 t ha⁻¹ — ● — 50 t ha⁻¹



... pero persistió inalterado, **contribuyendo al secuestro de carbón en suelo...**

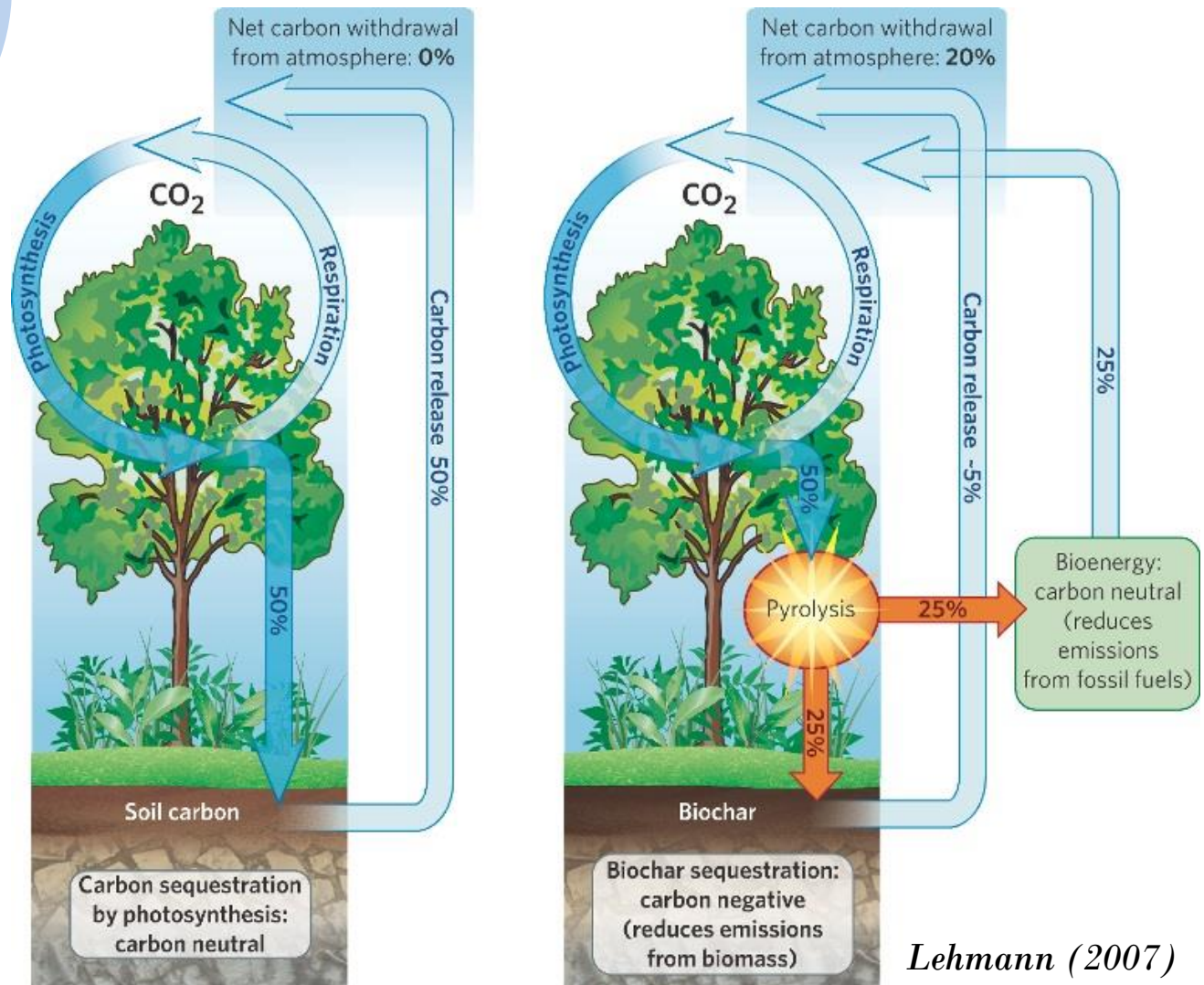
Después de 6 años de su aplicación, el biochar **no aumentó la cosecha...**

En la aplicación más alta (50 t/ha) **impactó sobre las comunidades biológicas de suelo**



2. Mitigación del cambio climático

- (1) Proporciona al suelo carbono estable
- (2) Reduce emisiones de GHG (CO_2 , N_2O y CH_4)
- (3) Reduce el gasto de combustibles fósiles al reducir la demanda de fertilizantes minerales



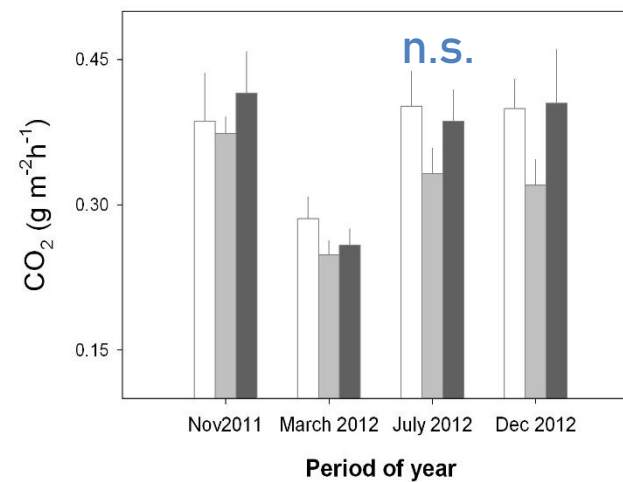
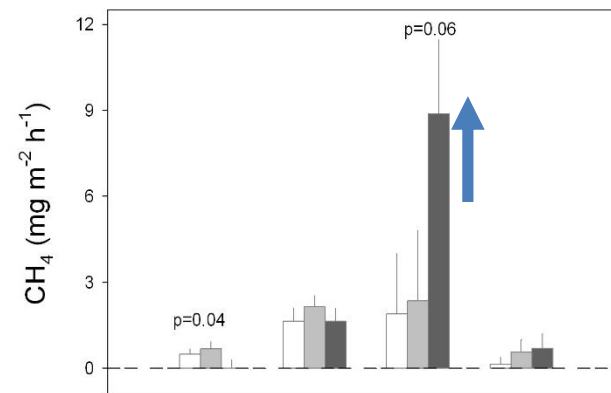
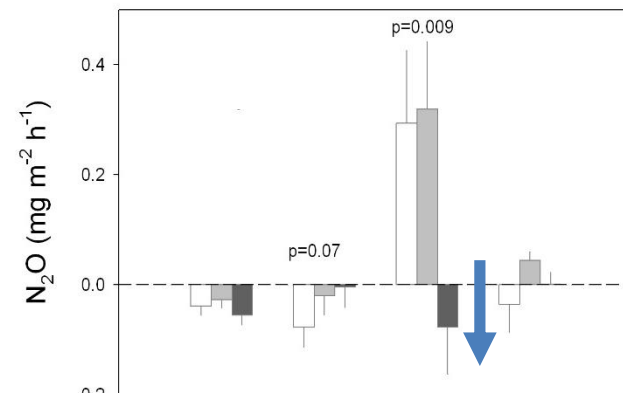
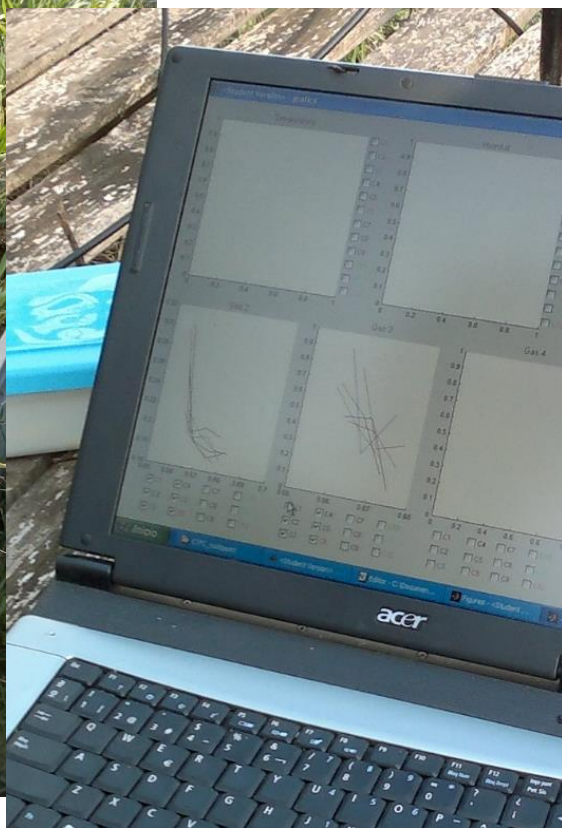
Lehmann (2007)

Ribas A, et al (2019) *Science of the Total Environment* 685: 1075–1086



Biochar de gasificación de astilla de pino

- 0 t/ha
- 5 t/ha
- 30 t/ha



3. Producción de energía

Los *bioaceites* y el *syngas* producido durante la pirólisis son inflamables (el *calor* producido puede ser usado en *cogeneración*)

Process	Liquid (bio-oil)	Solid (biochar) (%)	Gas (syngas) (%)
<i>Fast pyrolysis</i> : Moderate temperature (~500 °C), short hot vapor residence time (<2 s)	75% (25% water)	12	13
<i>Intermediate pyrolysis</i> : Low-moderate temperature, moderate hot vapor residence time	50% (50% water)	25	25
<i>Slow pyrolysis</i> : Low-moderate temperature, long residence time	30% (70% water)	35	35
<i>Gasification</i> : High temperature (>800 °C), long vapor residence time	5% tar (5% water)	10	85

Sohi et al (2010)



Corn stover
(~1.5 GJ m⁻³)

~450°C
-O₂



Bio-oil
(~22 GJ m⁻³)

+



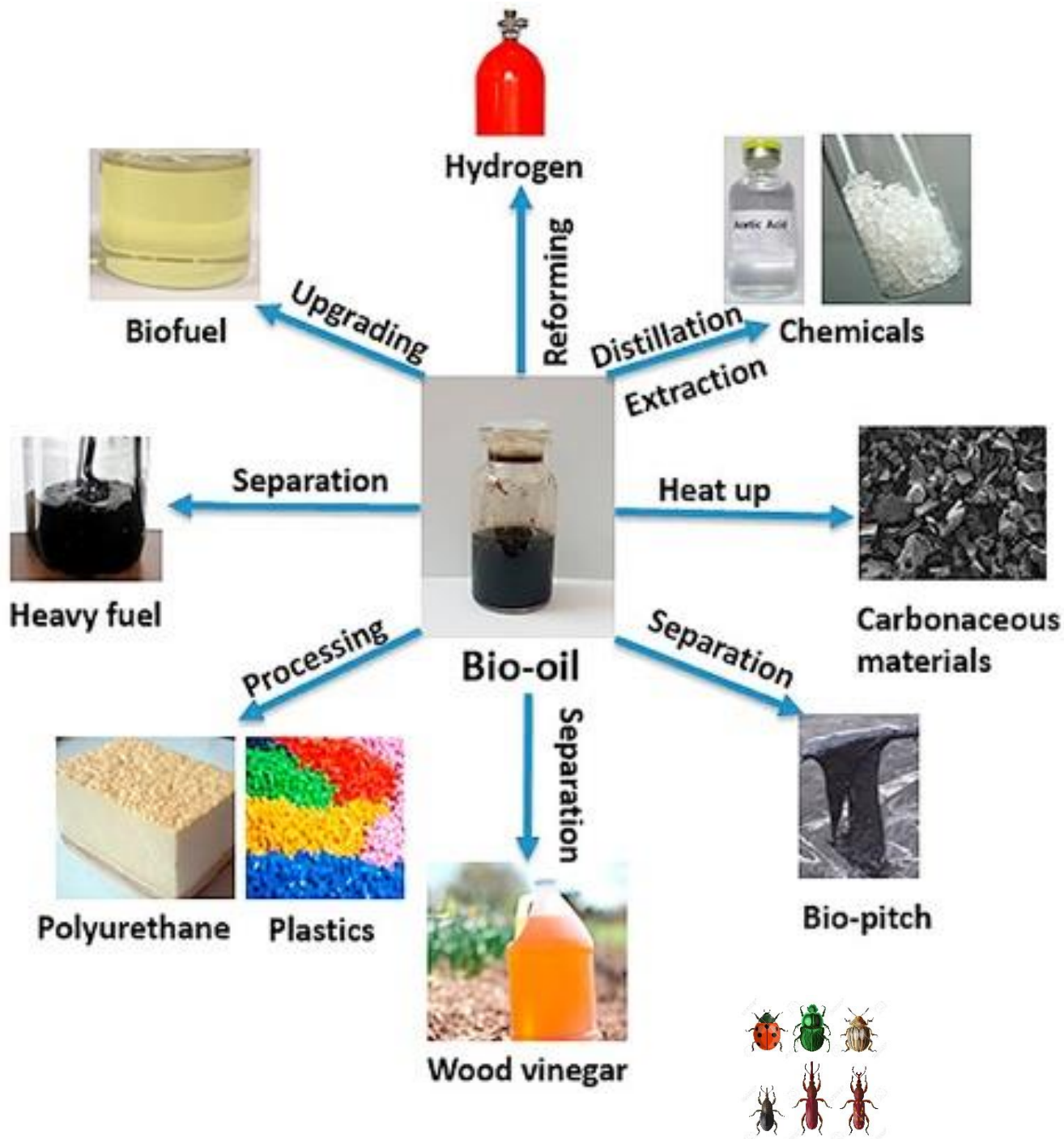
Bio-char
(~21 MJ kg⁻¹)

+



Syngas
(~6 MJ kg⁻¹)

*Hu and Gholizadeh
(2020) Renewable
and Sustainable
Energy Reviews 134:
110124*



4. Gestión de residuos

*La pirólisis es una **nueva herramienta** para la gestión de los flujos de residuos (especialmente aquellos con carga contaminante biótica /o abiótica)*



- Zero-waste approach
- New management option
- Potential adsorbent for wastewater treatment

*Jaria et al. (2017)
Journal of
Environmental
Management 188: 203-
211*

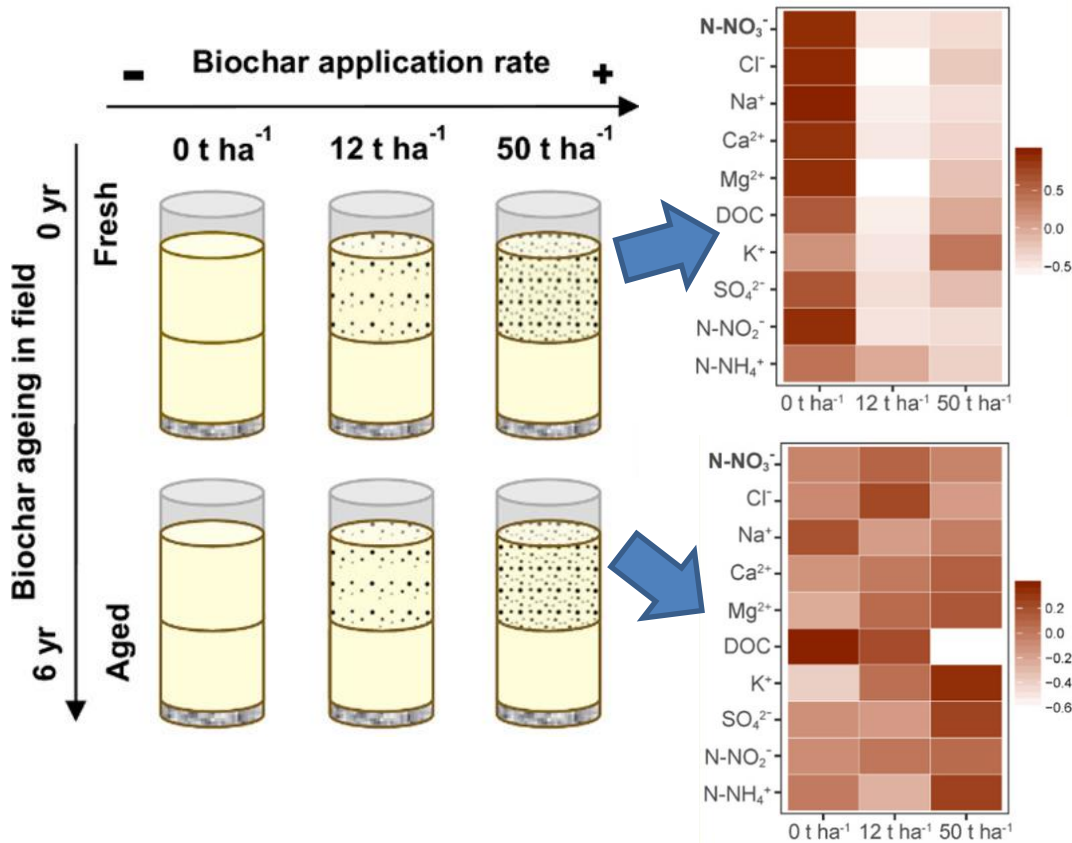
Nuevos
beneficios?

- (1) Remediación de suelos y sedimentos contaminados*
- (2) Regulación del ciclo del N (p.ej. mitigación of NO_3)*
- (3) Fertilizantes de nueva generación*
- (4) Supresión de enfermedades o vectores de enfermedades (e.g. nemátodos fitopatógenos)*
- (5) Otros?*





Llovet et al (2021) *Science of the Total Environment* 755: 142430.

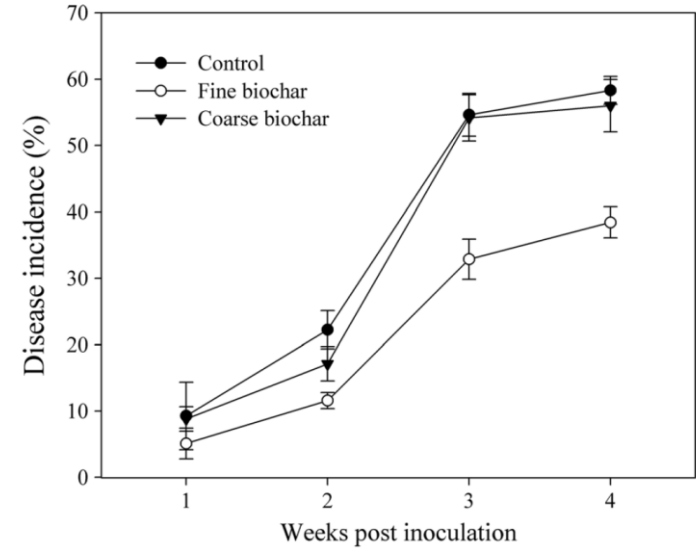


Confirmamos la capacidad de reducción de nitratos a corto plazo (después de 1 año de la aplicación)

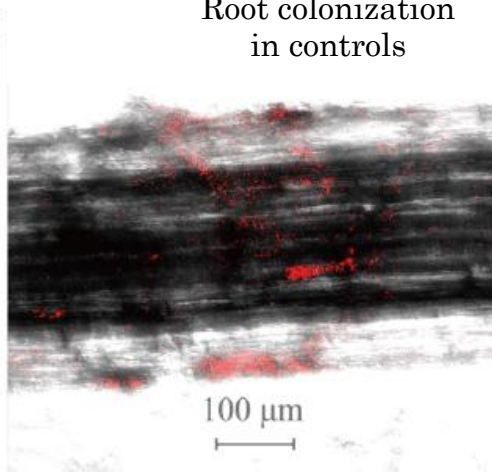
A los 6 años, esa capacidad desaparecía

Gu et al. (2017) Plant Soil
415:269–281

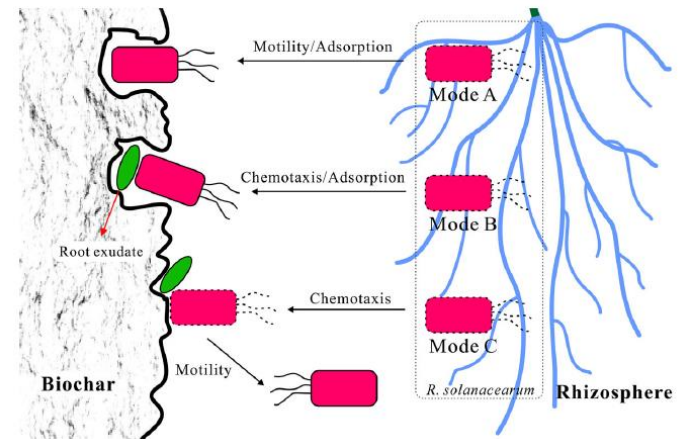
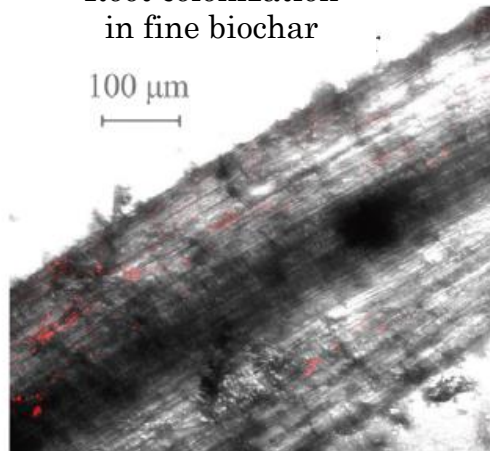
Bacterial wilt of tomato
(*Ralstonia solanacearum*) was
attenuated by biochar addition



Root colonization
in controls



Root colonization
in fine biochar



Efectos no deseados de algunos biochars

Efectos directos

(toxicidad de algunos compuestos liberados)

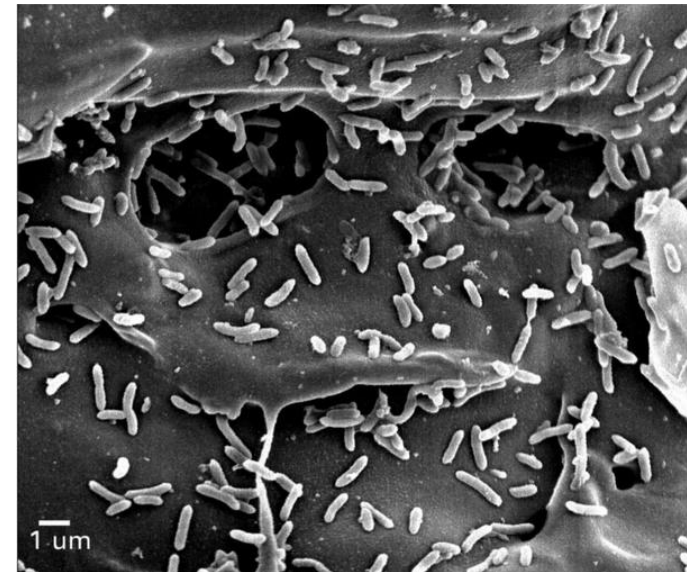
- Materia orgánica soluble
- Metales pesados
- Contaminantes orgánicos (PAH, PCB, dioxinas y furanos,...)
- Sales



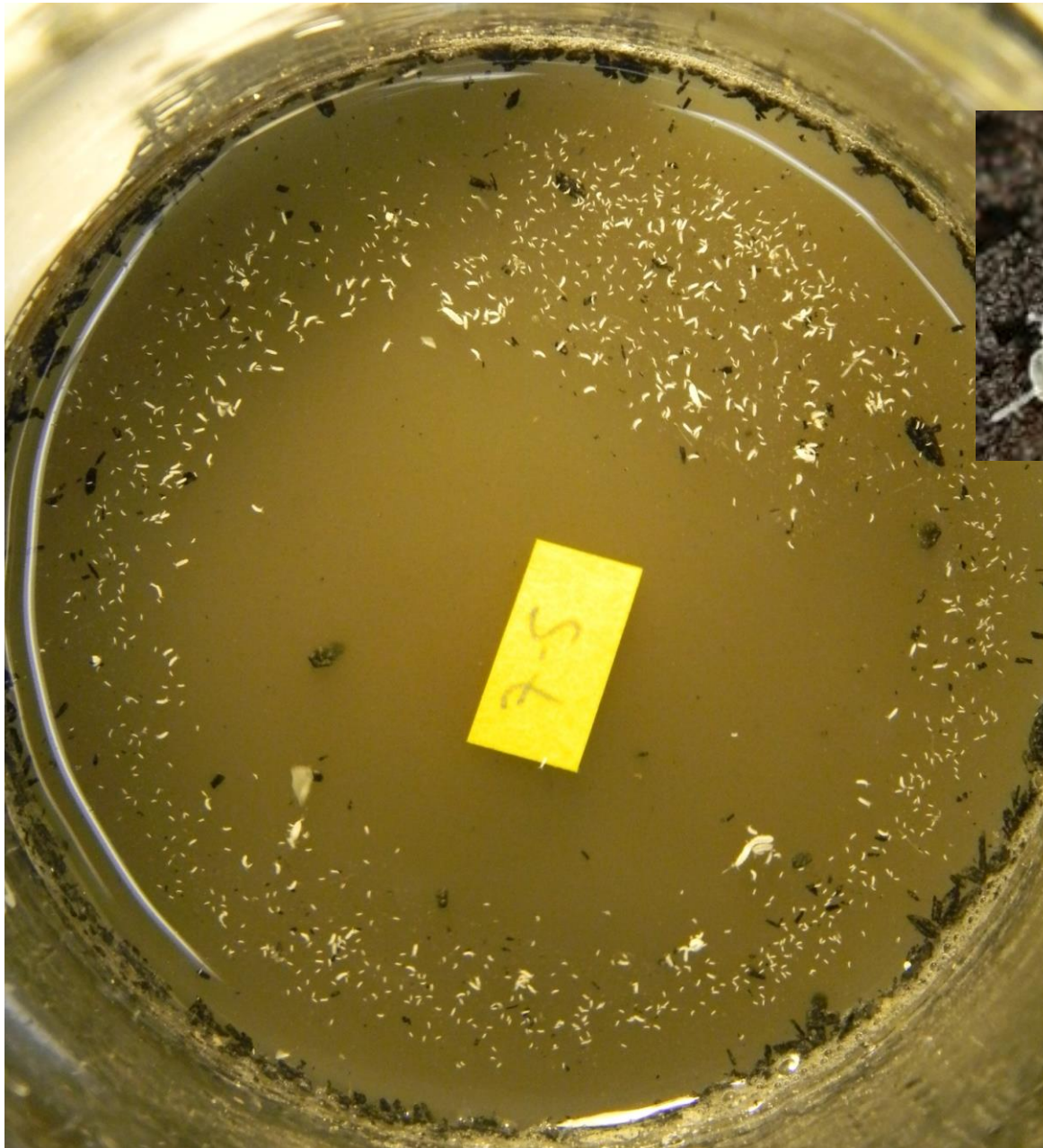
Efectos indirectos

(cambio en las condiciones ambientales no siempre positivos)

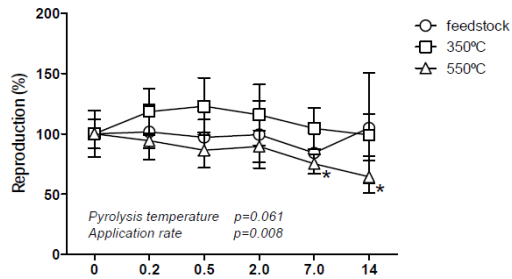
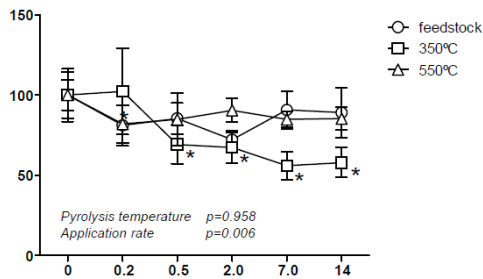
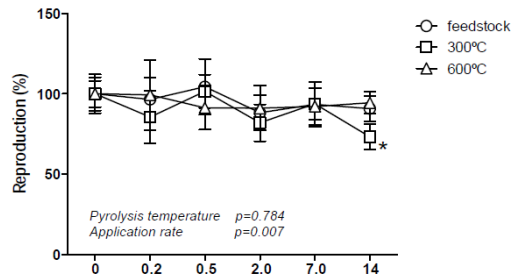
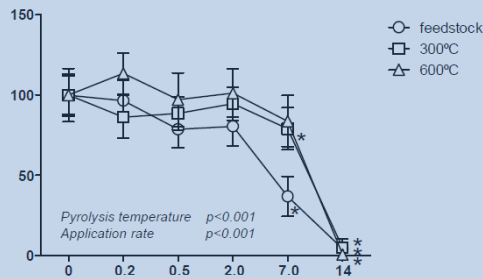
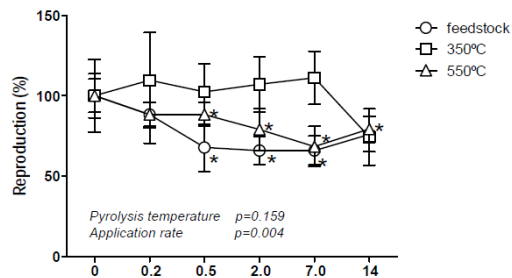
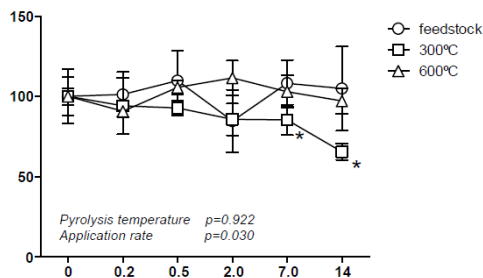
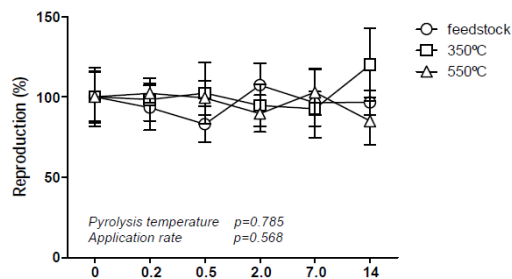
- Aumento excesivo pH
- Competición por los nutrientes con plantas y microorganismos
- Reducción del agua útil del suelo
- Desequilibrio en los ecosistemas de suelo que afectan a la fertilidad
- etc...



El concepto de charosfera se acuñó por Quilliam en 2013 y es análogo al de rizosfera



*28 day-collembola reproduction test
(Folsomia candida)*

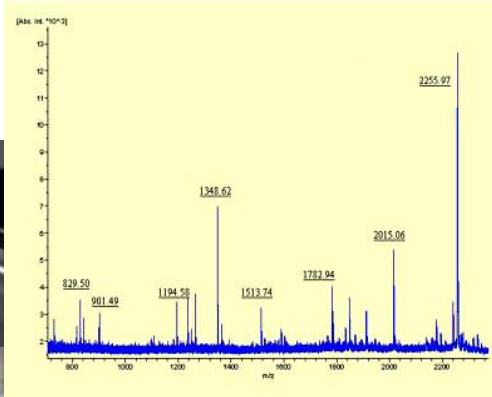
Bull manure**Corn stalks****Dairy manure****Food waste****Oak wood****Paper mill waste****Pine wood**

Application rate (% w/w)

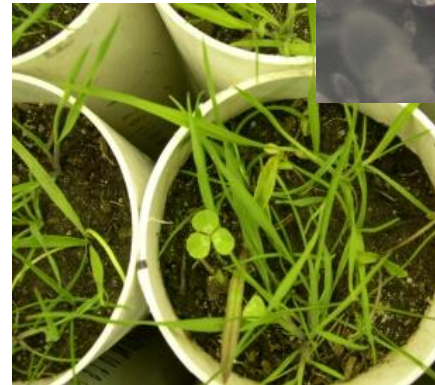
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
Intercept	6.92744	0.0543107	127.552	<0.001
N-NO₂⁻	0.09709	0.0356535	2.723	0.00647
Na	-0.0022	0.0003644	-5.905	<0.001

Null deviance: 121.603 on 83 degrees of freedom
Residual deviance: 89.885 on 81 degrees of freedom
R²: 0.26

Metodologías para seleccionar biochars de calidad



Métodos químicos (causas)



Métodos biológicos (efectos)

Guías de calidad de biochars disponibles para su certificación

Pollutant	Unit	International Biochar Initiative v. 2.1 (2015) ¹	European Biochar Certificate v. 9.5E (2021)	UK Biochar Quality Mandate v.1.0 (2013) ²	
		B tested category (toxicity assessment)	Class III (uso Agro)	standard grade	high grade
As	mg kg ⁻¹	13 to 100	13	100	10
Cd	mg kg ⁻¹	1.4 to 39	1.5	39	3
Cr	mg kg ⁻¹	93 to 1200	90	100	15
Co	mg kg ⁻¹	34 to 150		n.a.	n.a.
Cu	mg kg ⁻¹	143 to 1500	100	1500	40
Pb	mg kg ⁻¹	121 to 300	150	500	60
Hg	mg kg ⁻¹	1 to 17	1	17	1
Mn	mg kg ⁻¹	n.a.		n.a.	3500
Mo	mg kg ⁻¹	5 to 75		75	10
Ni	mg kg ⁻¹	47 to 600	50	600	10
Se	mg kg ⁻¹	2 to 200		100	5
Zn	mg kg ⁻¹	416 to 7400	400	2800	150
Bo	mg kg ⁻¹	only declaration		n.a.	n.a.
Cl	mg kg ⁻¹	only declaration		n.a.	n.a.
Na	mg kg ⁻¹	only declaration		n.a.	n.a.
PAHs	mg kg ⁻¹	6 to 300	6	20	20
BETX*	mg kg ⁻¹	n.a.		to be confirmed	to be confirmed
PCDDs/Fs	ng kg ⁻¹	17 (ng kg ⁻¹ TEQ)	20	20	20
PCBs	mg kg ⁻¹ TEQ	0.2 to 1	0.2	0.5	0.5
pH		only declaration	only declaration	only declaration	only declaration
EC	dS m ⁻¹	only declaration		optional	optional

¹IBI range of maximum allowed threshold for test category B (biochar must be below the highest value of the range).

²BQM threshold for basic and premium quality grade (Shackley et al. 2013)

*BTEX, abbreviation used for four compounds, often found together, in petroleum products: benzene, toluene, ethylbenzene and xylene

...sin embargo los bioensayos no se incluyen en estas guías de calidad (con la excepción de la de la IBI)



Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar
That Is Used in Soil

Table 2: Test Category B Characteristics and Criteria

Test Category B: Biochar Toxicant Reporting - Required for All Feedstocks			
Requirement	Range of Maximum Allowed Thresholds		Test Method
Germination Inhibition Assay	Pass/Fail		OECD methodology (1984) using three test species, as described by Van Zwieten et al. (2010), see Appendix 2
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)	6 – 20	mg /kg dry wt	Method following US Environmental Protection Agency (1996)
Dioxin/Furan (PCDD/Fs)	9	ng/kg I-TEQ	Method following US Environmental Protection Agency (2007)
Polychlorinated Biphenyls (PCBs)	0.2 – 0.5	mg/kg dry wt	Method following US Environmental Protection Agency (1996)



Marks et al (2014) Plant and Soil 385: 87-105.

Sewage sludge slow pyrolysis / *Lactuca sativa* (lettuce)

0.0% (control) 0.9% 2.1% 4.9% 11.3% 26%



FL – Efectos positivos de un biochar producido a partir de lodos de depuradora mediante pirólisis lenta

Pine gasification / *Lactuca sativa* (lettuce)

0.0% (control) 0.9% 2.1% 4.9 11.3% 26%



PG – Efectos negativos de un biochar producido a partir de astilla de pino por gasificación

A close-up photograph of dark, rich soil that has cracked into irregular, angular pieces. Fine, light-colored roots are visible throughout the soil structure. In the upper left corner, a few green blades of grass are visible. The overall texture is crumbly and porous.

Moitas grazas!

Xavier Domene

CREAF-Universitat Autònoma de Barcelona

x.domene@creaf.uab.cat