



IV CONGRESO PALMERO CPAL 2023

SANTO DOMINGO DEL CERRO

LA ANTIGUA GUATEMALA - 2023



“Biochar y experiencias de innovación en valorización de residuos sólidos y líquidos en palma de aceite”



Ing. Agr. Alvaro Carmona Solano
Consorcio Providencia
Puntarenas, Costa Rica



“Modelo de producción convencional”



“Crisis en la longevidad de las raíces”

Origen del síndrome (muerte de raíces)



“Problema de longevidad de raíces”



“Falta de diversidad es sinónimo de muerte”



Soil microbial and chemical properties influenced by continuous cropping of banana.

Jianbo Sun¹ ,Zou¹ , Wenbin Li¹ , Yuguang Wang¹ ,Qiyu Xia¹ ,Ming Peng¹

La diversidad de la comunidad bacteriana mostró una disminución continua a lo largo del experimento.

Además, el cultivo continuo de banano causó cambios en la composición y las estructuras de la comunidad bacteriana.

Los resultados indicaron que el cultivo continuo de banano fue responsable de la perturbación de la comunidad bacteriana y que el efecto sobre la actividad enzimática varía según el tipo de enzima del suelo.

Sci. agric. (Piracicaba, Braz.) vol.75 no.5 Piracicaba Sept./Oct. 2018

SUELOS ENFERMOS

Por un manejo pobre se generan suelos sin estructura y baja actividad microbiológica que dinamice los ciclos de los minerales y se descomponga la materia orgánica.

COMPACTADOS



Los malos manejos y poca comprensión del rol de la microbiología generan una pobre estructura y condiciones anaeróbicas.

EROSIÓN HÍDRICA



La baja infiltración en el suelo genera un barrido de la superficie por la escorrentía del agua.

BAJA FERTILIDAD



La compactación, la falta de humedad y aire disminuye drásticamente su fertilidad biológica.



INAPETENTES

La materia orgánica no es ingerida y se oxida, no cicla y se pierden valiosos nutrientes.



MALA DIGESTIÓN

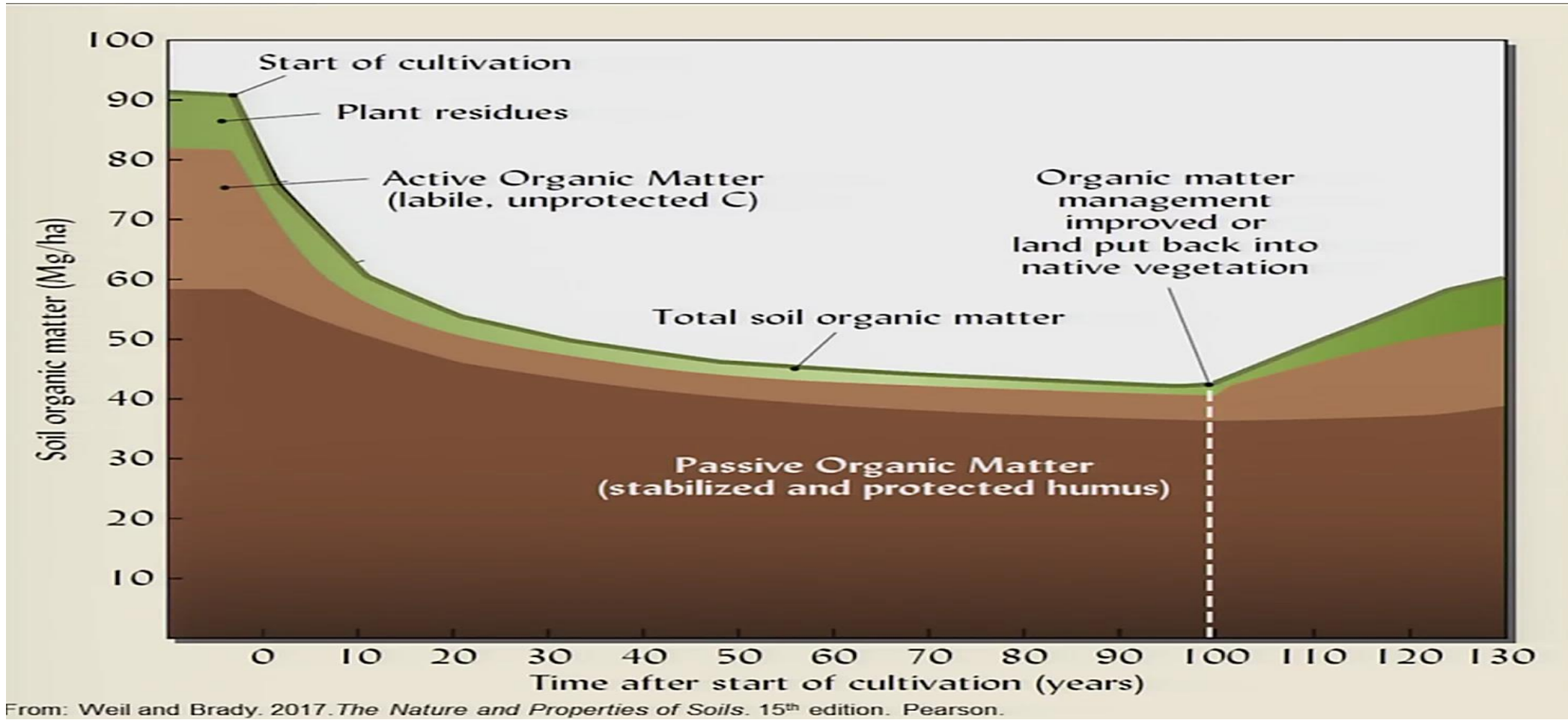
La ausencia de microbiología impide que se descomponga la materia orgánica y se promueva el metabolismo del suelo.



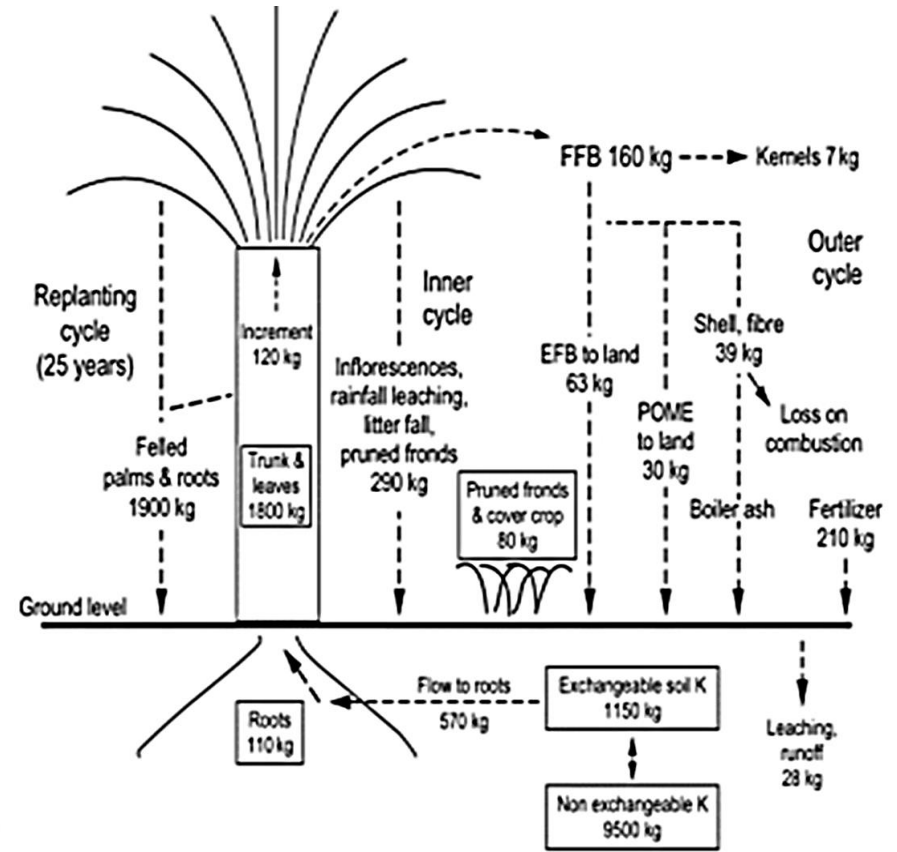
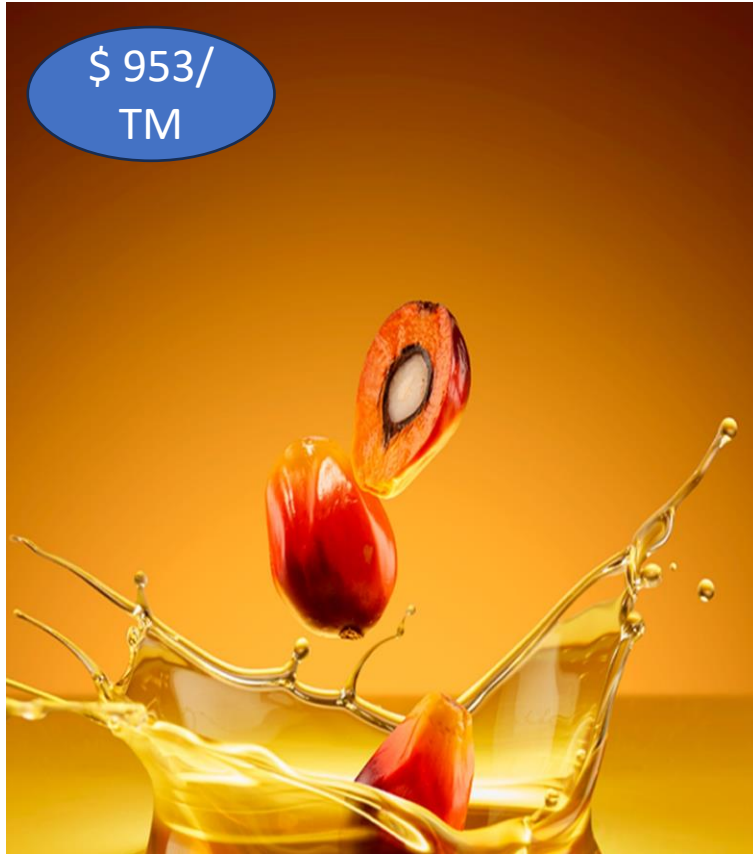
CONSTIPADOS

Al no haber descomposición no se disponibilizan minerales ni producen nutrientes generando suelos momificados.





“Fuentes de biomasa en el cultivo de la palma aceitera”



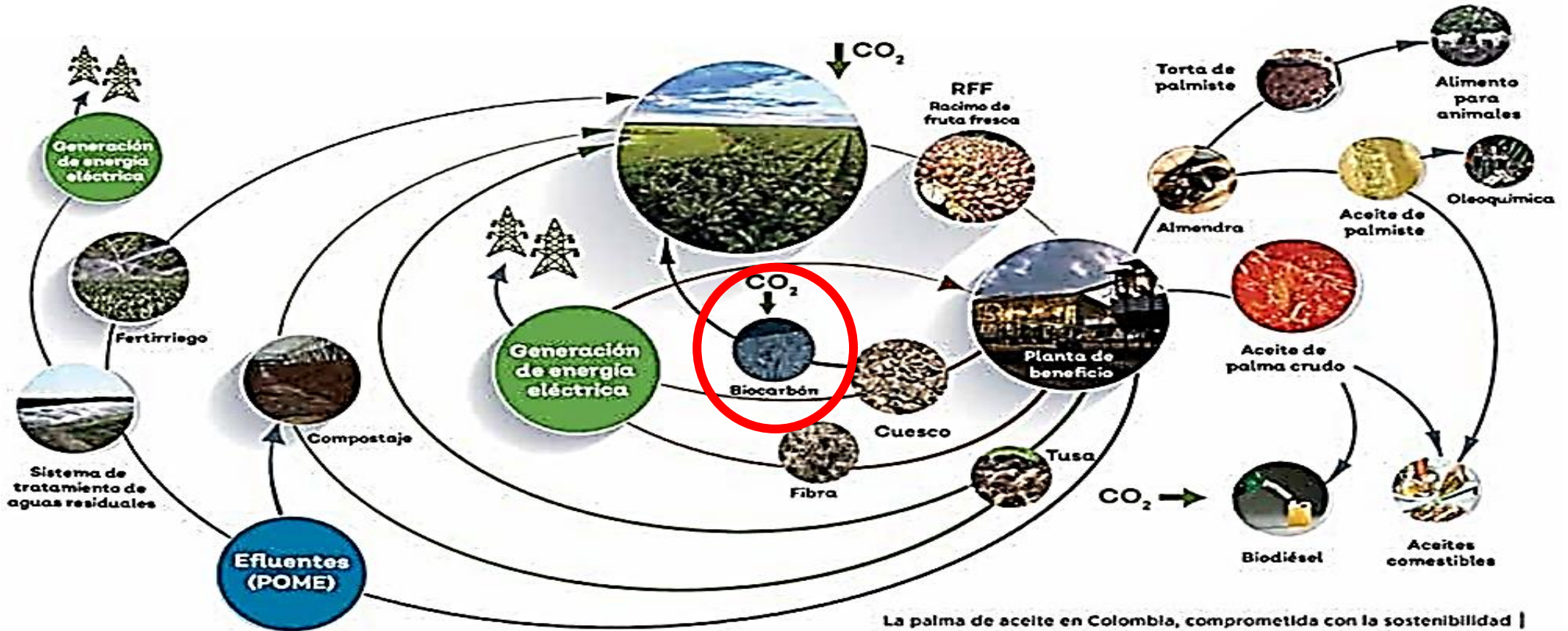


Figura 2. Circularidad en la agroindustria de aceite de palma.

“Biomasa en procesos de resiembra”

Biomasa del tronco Palma Tica , Costa Rica



Madera



Palma



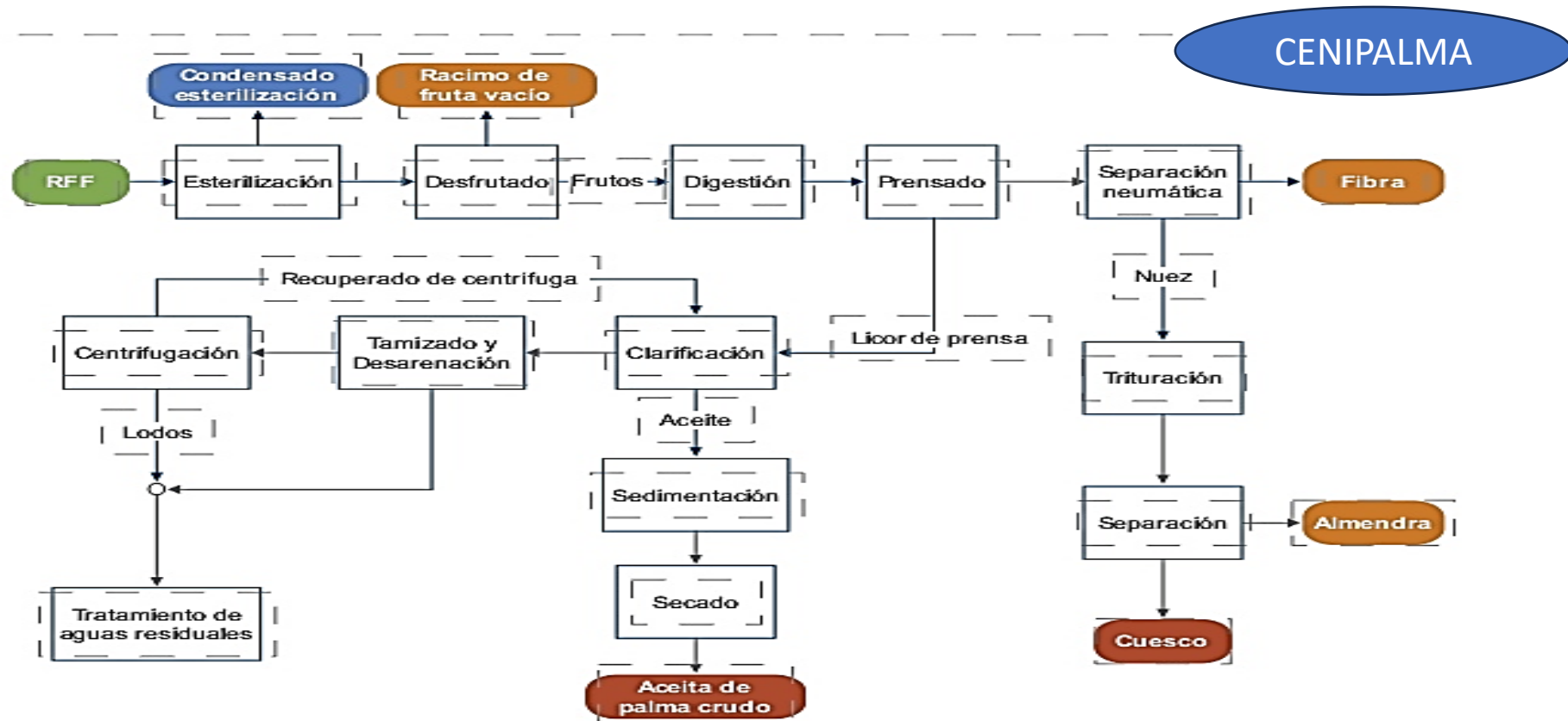


Figura 3. Diagrama de operaciones del proceso de extracción de aceite de palma.

“Empty bunches o Raquiz “



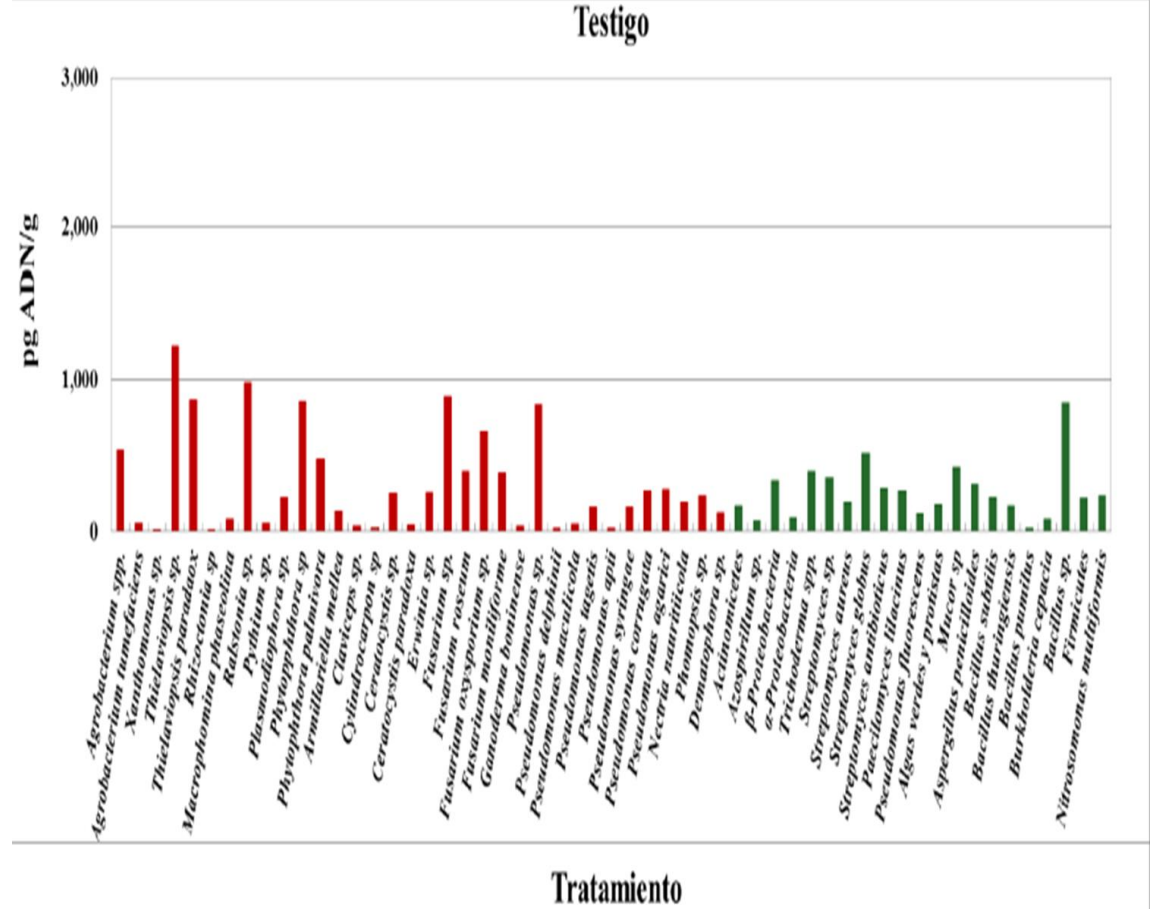
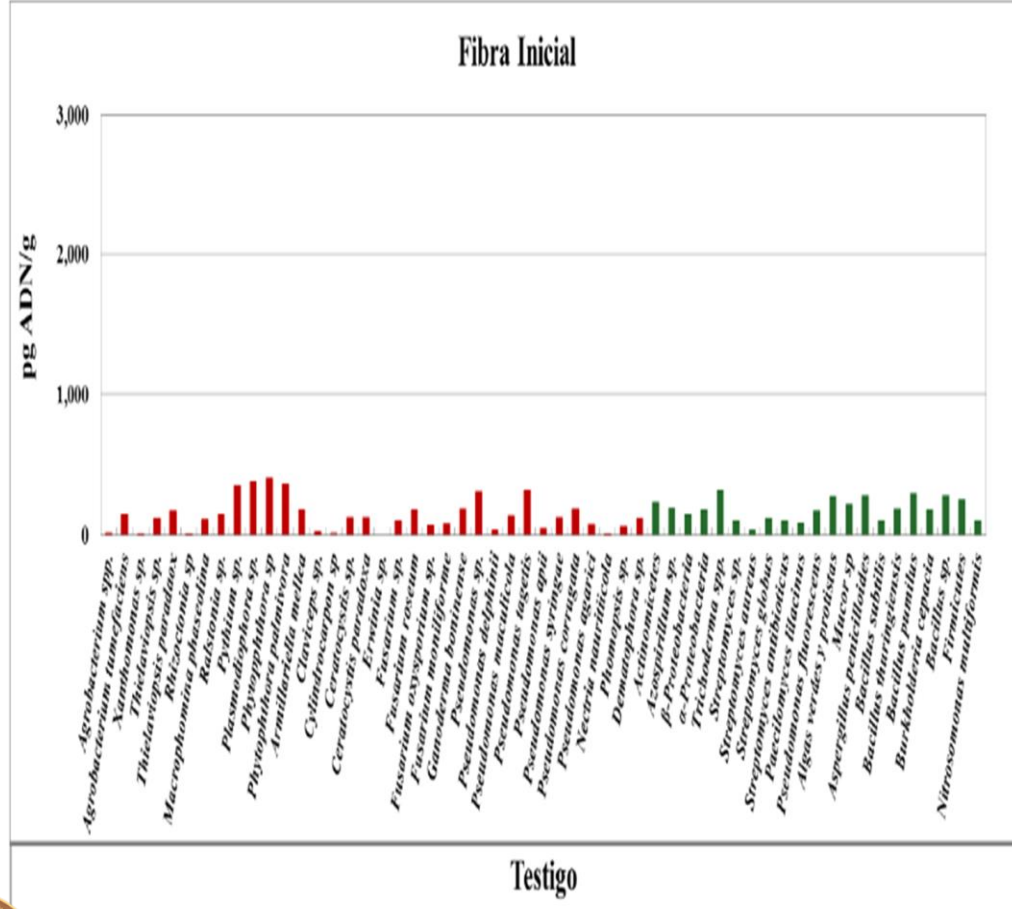
“ Residuos del proceso extracción”



“ Problemas de manejo de biomasa”



Producto final
contaminado de
patógenos



“Terra Preta en Brasil”



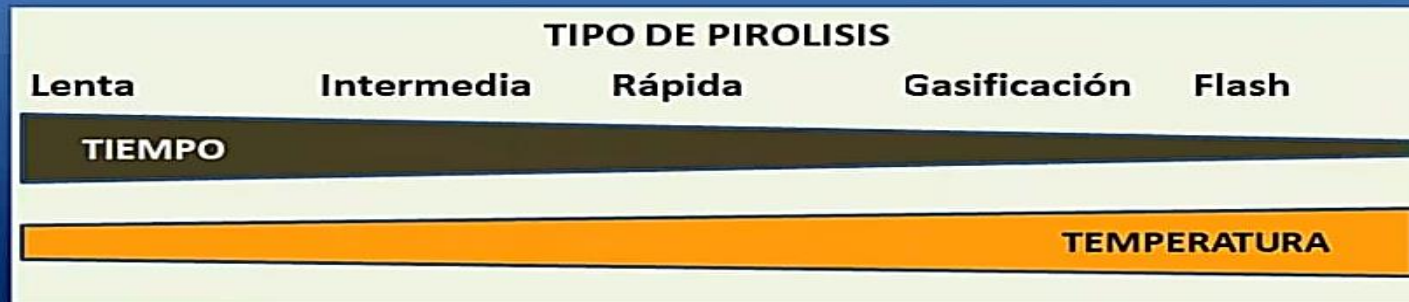
Figura 2. A la izquierda, un suelo amazónico (oxisol) pobre en nutrientes; a la derecha un oxisol transformado en *Terra preta* fértil (fuente: IBI, *Iniciativa Internacional por el Biochar*).

Biocarbón

Tipos de pirolisis

Proceso termoquímico que implica el uso de elevadas temperaturas en ausencia de oxígeno provocando cambios químicos en la estructura de compuestos carbonados.

- ✓ La pirolisis puede llevarse a cabo mediante diferentes combinaciones de temperatura, tiempo.
- ✓ Las proporciones de sólido, líquido y gas obtenidas serán ampliamente variables.
- ✓ Introduciendo O_2 en forma controlada se obtiene mayor proporción de gas (gasificación).



Biocarbón

Tipos de pirolisis

Proceso	Temp. °C	Tiempo	Presión	Líquido (Bio-oil)	Sólido (Biocarbón)	Gaseoso (syngas)
Carbonización hidrotermal	180-250	1-12 horas	Si	5-20	50-80	2-5
Pirolisis lenta	300-600	0,5 horas a días	No	30	30	40
Pirolisis rápida	350-650	5-30 minutos	No	75	12	13
Pirolisis Flash	400-550	1 segundo	1-3 Mpa	8	40	52
Gasificación	600-900	10-20 seg	No	5	10	85

Características del biocarbón

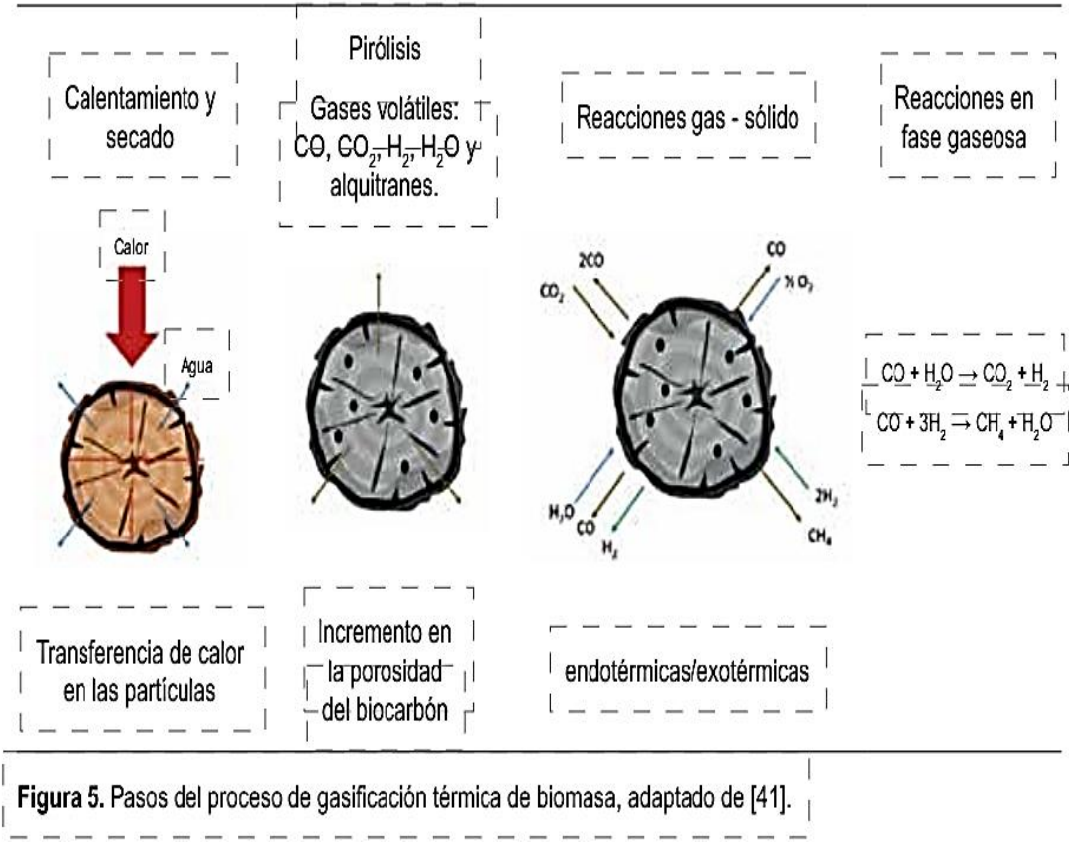
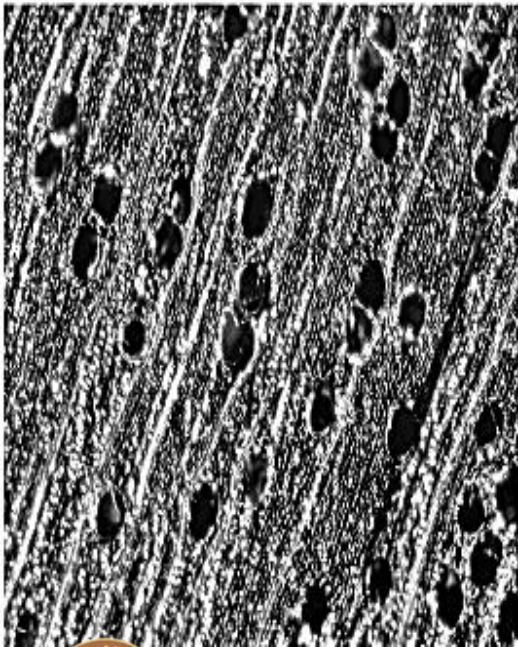
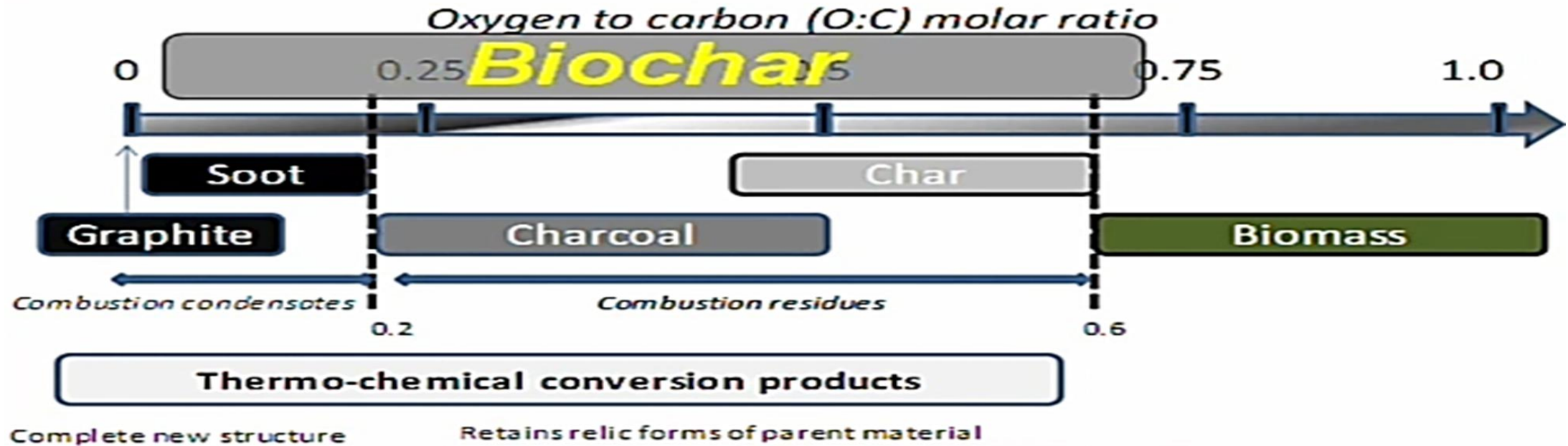


Figura 5. Pasos del proceso de gasificación térmica de biomasa, adaptado de [41].

Biochar: Black Carbon Continuum

Biochar – Spans across multiple divisions in the Black C Continuum
However, biochar is NOT a new division...



Biocarbón

➤ ¿Cuál es la diferencia entre el biocarbón y el carbón que usamos para cocinar y el carbón mineral?

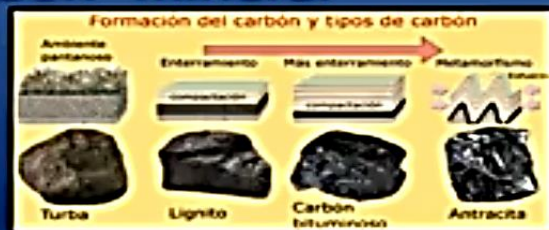
- ✓ El destino (aplicación)
- ✓ La metodología de elaboración

Carbón vegetal

FUENTE	PODER CALORIFICO Kcal/Kg
Leña	1.840-3.500
Carbón de Leña	6.500-7.500
Gas oil	10.000-10.900



Carbón "mineral"



Biocarbón/Biochar

Enmienda orgánica, balance de pH, aporte de nutrientes, secuestro de contaminantes, mejorador de propiedades físicas, etc



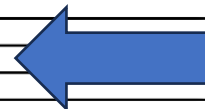
“El biochar no es un fertilizante, es una enmienda”

INFORMACIÓN GENERAL

Cliente/Productor NO PROPORCIONO
No. de Registro CP-3313
Rancho o Empresa NA
Municipio Oaxaca de Juarez
Estado Oaxaca
Identificación/Lote 3.- RAQUIS DE PALMA AFRICANA

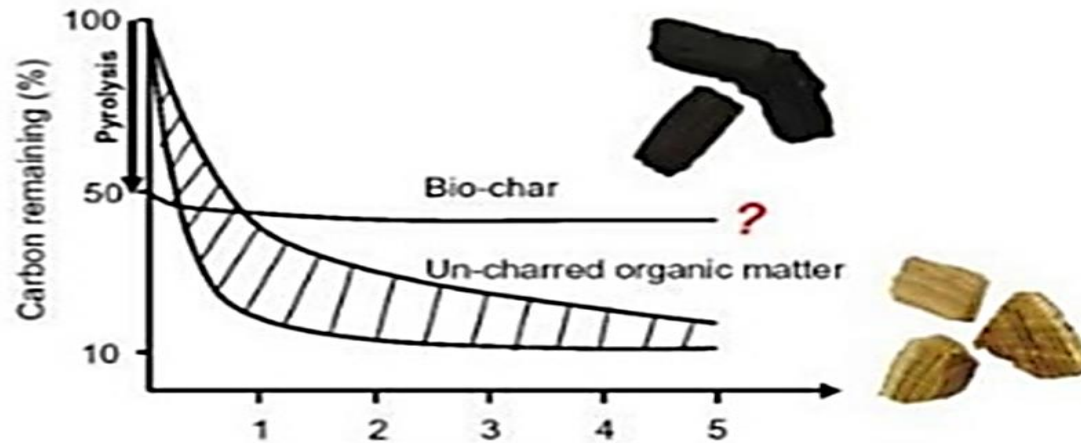
Fecha de Recepción 07/06/2019
Fecha de Entrega 14/06/2019
Estado Físico de la Muestra Solido
Variedad NA

Determinación	Método	Unidades	Resultados
pH	NMX-FF-109-SCFI-2007		10.6
Cond. Eléctrica	NMX-FF-109-SCFI-2007	dS m	13.6
* Nitrógeno total	Dumas	%	1.18
* Fósforo (P)	Digestión en microondas/ ICP	%	0.26
* Potasio(K)	Digestión en microondas/ ICP	%	5.86
* Calcio(Ca)	Digestión en microondas/ ICP	%	0.88
* Magnesio(Mg)	Digestión en microondas/ ICP	%	0.47
* Sodio(Na)	Digestión en microondas/ ICP	%	0.13
* Azufre(S)	Digestión en microondas / Turbidimetría	%	0.13
* Hierro(Fe)	Digestión en microondas/ ICP	ppm	388
* Cobre(Cu)	Digestión en microondas/ ICP	ppm	34.59
* Manganeso(Mn)	Digestión en microondas/ ICP	ppm	78.05
* Zinc(Zn)	Digestión en microondas/ ICP	ppm	77.64
* Boro(B)	Digestión en microondas/ ICP	ppm	29.0
Humedad	Método Gravimétrico	%	3.64
* Materia Orgánica	Calcinación	%	84.0
* Cenizas	Calcinación	%	16.0
* Carbono Orgánico	Calcinación	%	48.7
Relación C/N	Base Seca		41.4
* Nitratos(N-NO ₃)	Método de nitración con ácido salicílico	ppm	NA
* Nitrogeno Amoniacal	Titulación / Formaldehido	ppm	NA
* Cloro	Titulación con nitrato de plata / método gravimétrico	%	NA
* Solidos Disueltos	Método Gravimétrico	mg/L	NA
* Solidos Totales	Método Gravimétrico	mg/L	NA
* Densidad Aparente	NMX-FF-109-SCFI-2007	g/mL	NA
Arsénico	Digestión en microondas/ ICP	ppm	NA
Níquel	Digestión en microondas/ ICP	ppm	NA
Molibdeno	Digestión en microondas/ ICP	ppm	NA
Acidos Totales	Método Interno MET-CP-14 basado en Kononova y real decreto 1110/1991	% en 100g de material seco	NA
Acidos Humicos	Método Interno MET-CP-14 basado en Kononova y real decreto 1110/1991	% en 100g de material seco	
Acidos Fulvicos	Método Interno MET-CP-14 basado en Kononova y real decreto 1110/1991	% en 100g de material seco	



Climate Benefits Depend on Biochar Stability

The essential stability of bio-char



“Hornos de batch”



Horno EKKO2

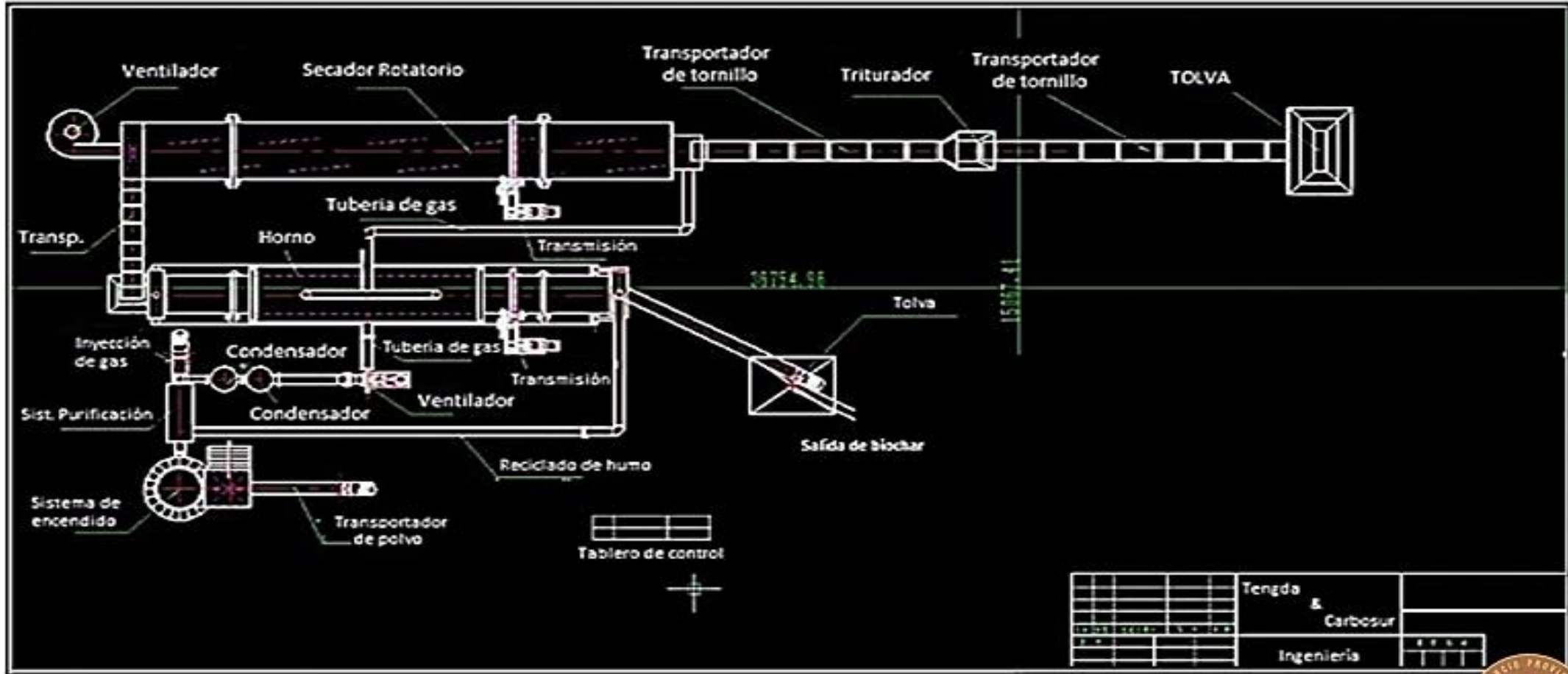
Producción de 25-40ton/mes de carbón vegetal premium
Producción de 40-50 ton/mes de briquetas de carbón premium





“Hornos verticales continuos”





“Hornos industriales contínuos”



“Horno biomasa continuo”



“Horno para cascarillas de arroz”



“Residuos de hojas y peciolo palma”





Biochar
troncos



Biochar
peciolo

CENIPALMA



Foto: David Mjnar

Biomasa de palma como precursor de biocarbón

- Cascarilla



- Fibra de mesocarpo



“Otras fuentes locales de biochar”

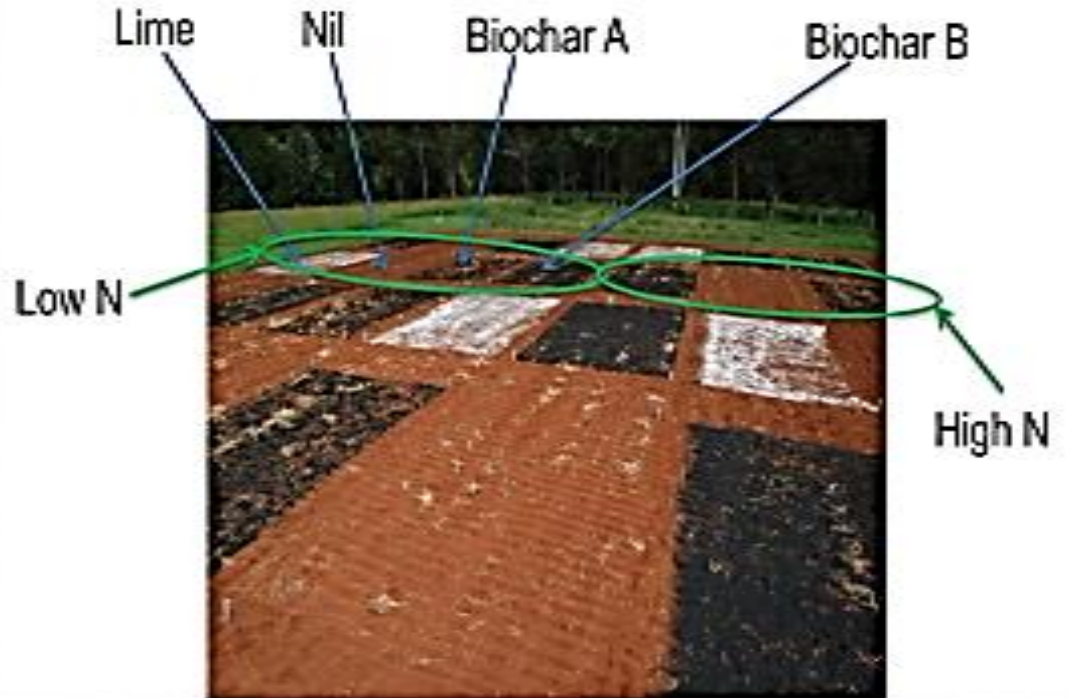


“Triturado del biocarbón”





Small plot field experiment



“Biofábrica industrial”



“Otras biomásas locales de interés”



“Quelativación de los minerales”

BIOTERTILIZANTE a base de minerales para enriquecer la descomposición de los desechos orgánicos

Biofertilizante a base de minerales para enriquecer la descomposición de los desechos orgánicos de origen vegetal que se destinan para alimentar lombrices y posteriormente producir humus (Sistema de fermentación anaeróbica)

	Ingredientes	Cantidades	Otros Materiales
PRIMERA ETAPA	Agua (sin tratar)	180 litros	<ul style="list-style-type: none"> • 1 recipiente plástico de 200 litros de capacidad. • 1 recipiente plástico de 100 litros de capacidad. • 1 cubeta plástica de 10 litros de capacidad. • 1 pedazo de manguera de 1 metro de largo y de 3/8 a 1/2 pulgada de diámetro. • 1 Niple roscado de bronce o cobre de 5 centímetros de largo y de 3/8 a 1/2 pulgada de diámetro • 1 botella desechable • 1 Colador o tul para colar la mezcla • 1 palo para mover la mezcla.
	Mierda fresca de vaca	50 kilos	
	Melaza (o jugo de caña)	8 (16) litros	
	Leche (o suero)	16 (32) litros	
	Sulfato de zinc	200 gramos	
	Sulfato de magnesio	100 gramos	
	Sulfato de cobre	60 gramos	
	Sulfato ferroso	60 gramos	
	Sulfato de manganeso	20 gramos	
	Cloruro de cobalto	20 gramos	
	Molibdato de sodio	40 gramos	
Bórax	100 gramos		
SEGUNDA ETAPA	MEZCLA PARA LA APLICACIÓN (Por cada tonelada de desechos orgánicos a ser enriquecidos)		
	Biofertilizante preparado en la 1a. etapa	10 a 20 litros	
	Agua	50 a 100 litros	

Preparación de la primera etapa

Día	Procedimiento
1	En el recipiente plástico de 200 litros de capacidad, disolver 50 kilos de mierda de vaca, 1 litro de melaza (o 2 litros de jugo de caña), 2 litros de leche (o 4 litros de suero) en 130 litros de agua limpia. Revolver hasta obtener una mezcla homogénea. En la cubeta de plástico disolver 200 gramos de SULFATO DE ZINC en 5 litros de agua tibia (no más de 60 grados centígrados), revolver muy bien y agregar a la mezcla del recipiente de 200 litros. Tapar el recipiente y dejar en reposo por 3 días, en un lugar protegido del sol y la lluvia.

“Manejo de residuos líquidos”



Anaeróbico
10 días



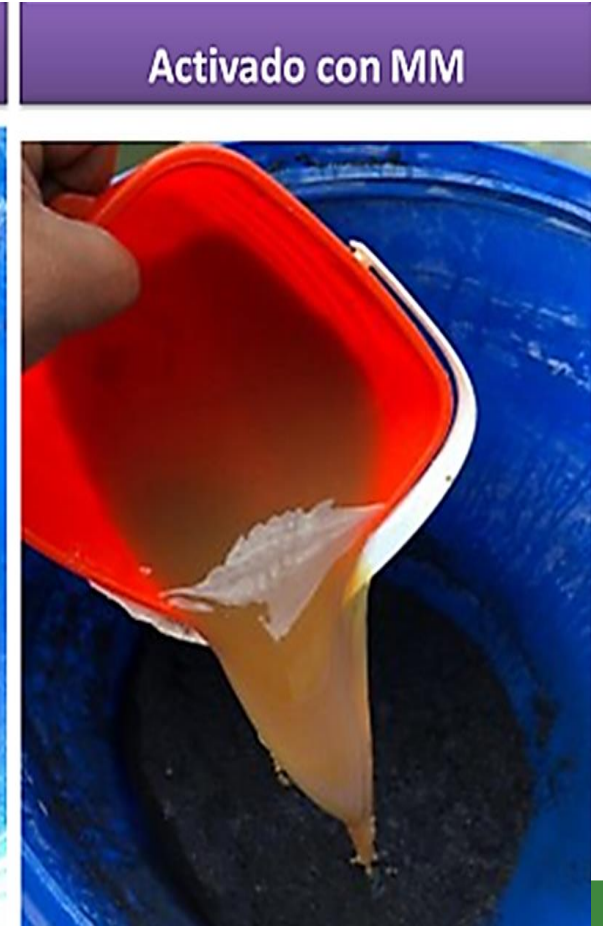
Aeróbico
1,5 meses



Composición: p/p	
Nitrógeno (N)	0,39 %
Fosforo (P2O5)	0,57%
Potasio K2O	2,04%
Calcio (CaO)	7,75%
Azufre(S)	0,27%
Magnesio (MgO)	3,14%
Hierro (Fe)	5,37%
Silice (SiO2)	54,00%
Aluminio (Al)	9,84%
Titanio (Ti)	0,57%
Sodio (Na)	2,39%
Vanadio (V)	185 ppm
Cromo	148 ppm
Cobre (Cu)	137 ppm
Estaño (Sn)	105 ppm
Estroncio (Sr)	847 ppm
Zinc (Zn)	295 ppm
Materia orgánica	3%
Ingredientes inertes	10,67 %
TOTAL	100,00



“Activación de biochar”



“Adición de enmiendas energéticas”



“Inoculación comercial”



“Importancia de la trazabilidad microbiológica”



“Ajuste de la relación C/ N”



“Aumento demanda mercado COMBI “

MERCADO DE LOS CULTIVOS ORGÁNICOS



“Inicio de evaluaciones en suelos ácidos” Venezuela.



“Aplicaciones manuales en palmas de Casigua, Venezuela”



“Otras materias primas locales”







“Despacho a campo de COMBI”



“Evaluaciones de dosis por tipos de suelos”







“Suelos ácidos de Venezuela”, Casigua el Cubo, Estado Zulia”



Sur del
Lago
Mracaibo



“Distribución en la rodaja”



“COMBI insitu”



“Evaluación dosis de biochar”



Guaicaramo,
Colombia

“Humificación de la materia orgánica”



Humus

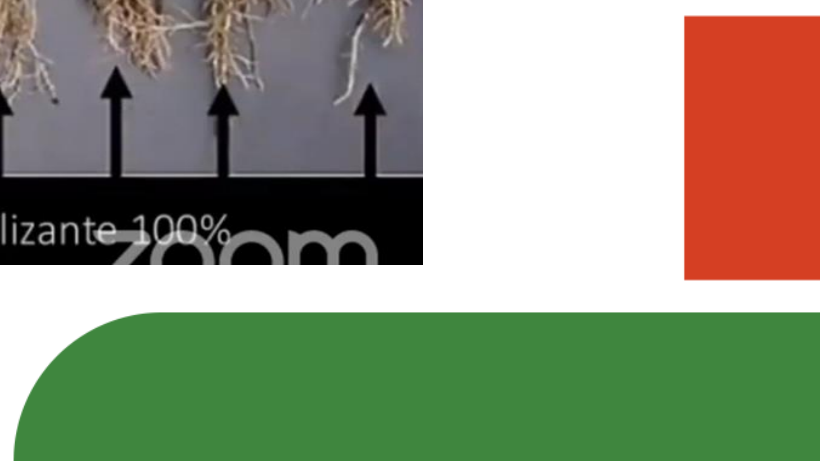
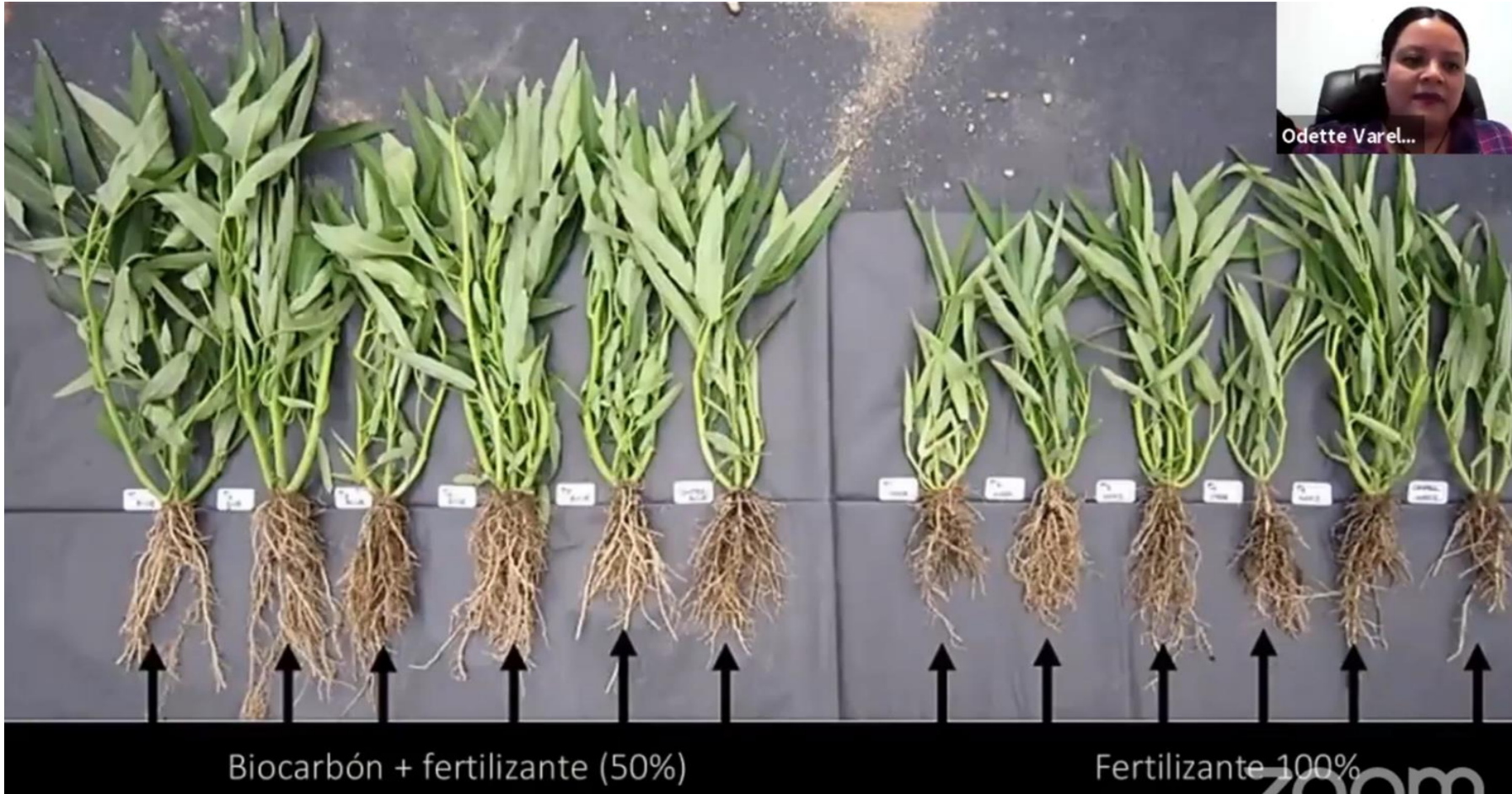
Raíces abundantes y sanas



“Evaluaciones en diferentes suelos”

Figura 1. Desarrollo general de los tratamientos en el suelo rojo a los 15 días de aplicados los tratamientos. De izquierda a derecha; T1: testigo, T2: 7.5% de biocarbón + 60 ml de MM, T3: 15% de biocarbón + 60 ml de MM, T4: 30% de biocarbón + 60 ml de MM

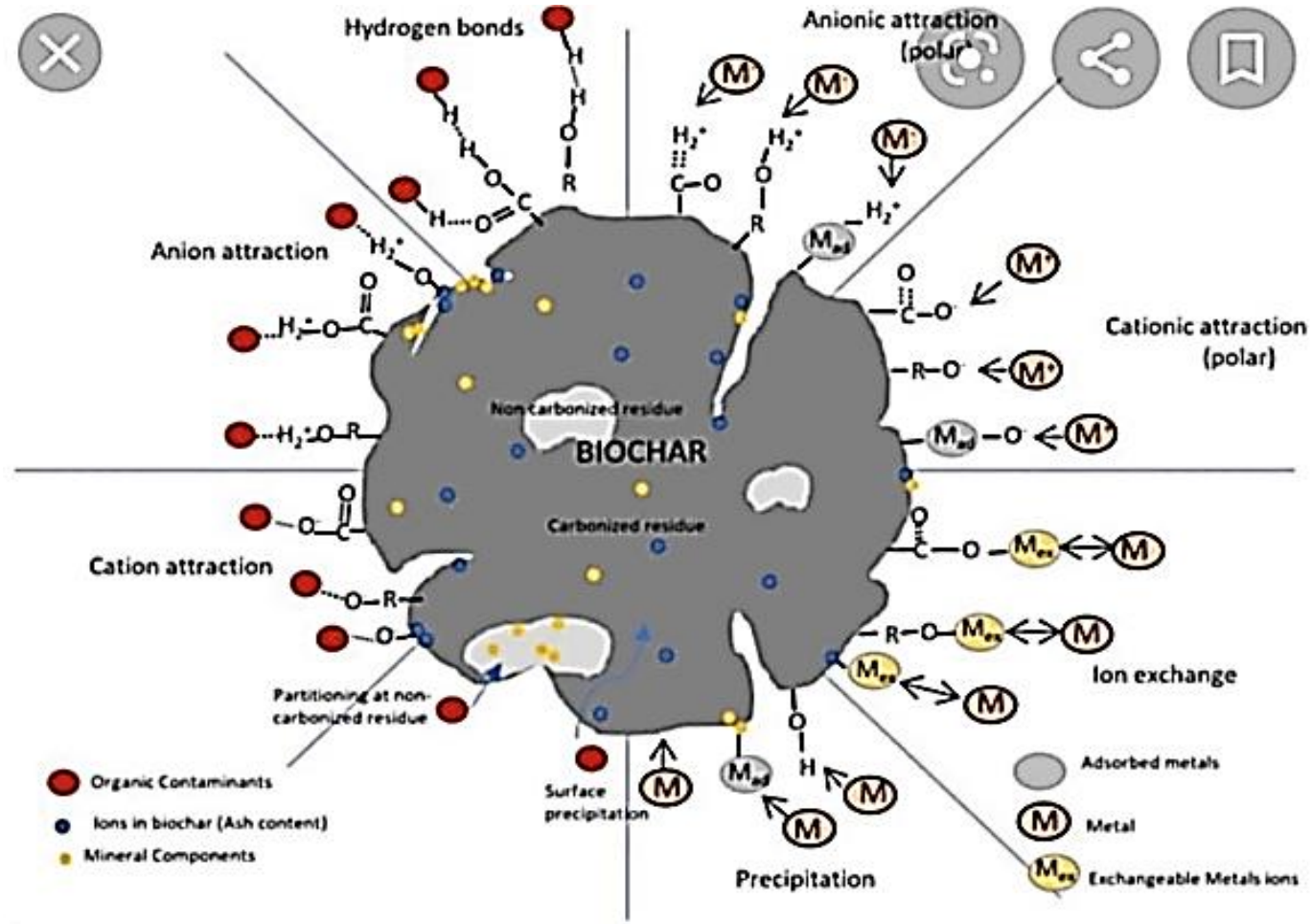




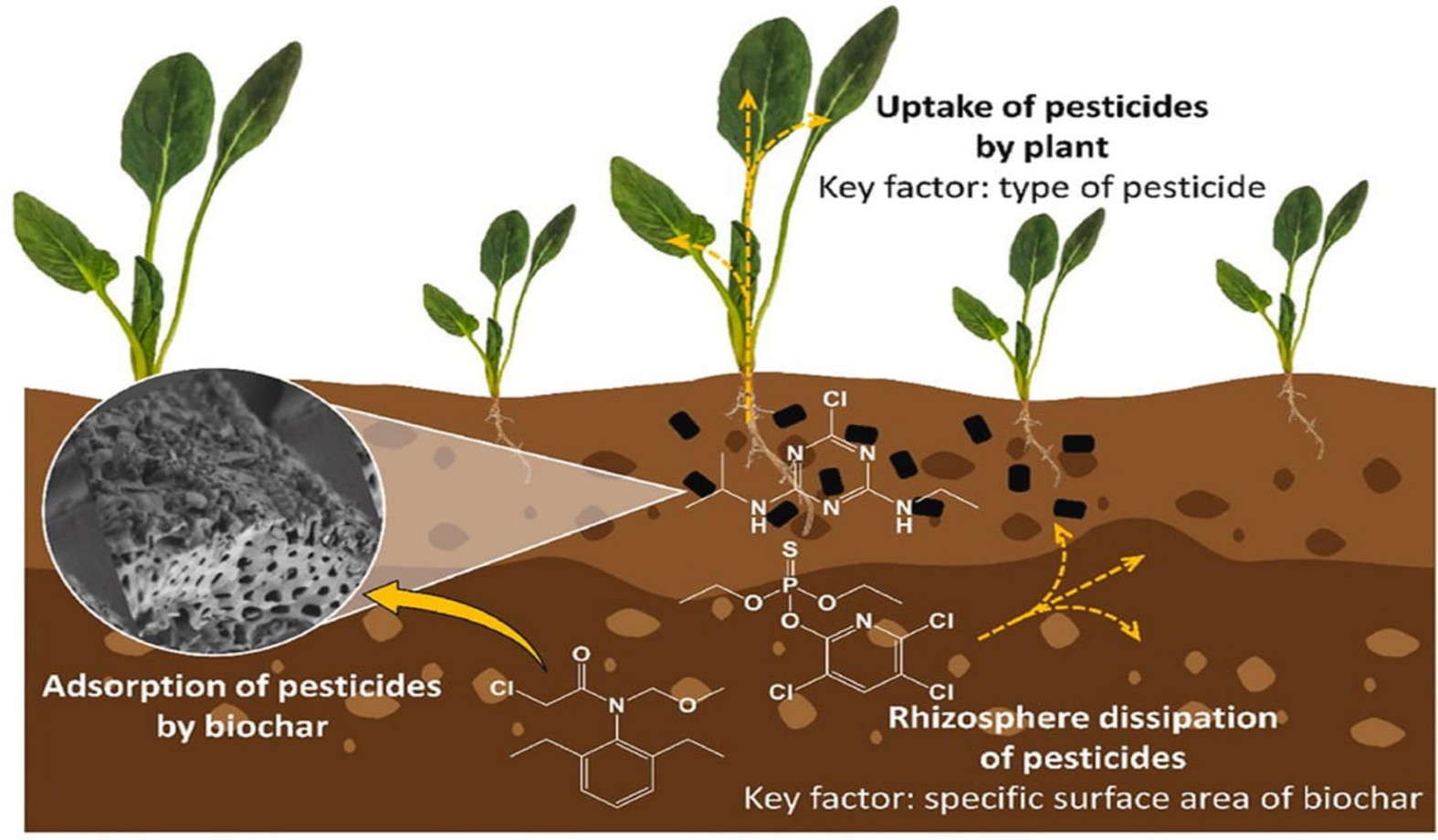
“Crisis de los precios del fertilizante químico”



“Aumento de la CIC del suelo”



“Bioremediación con metales pesados”



La supresión del tizón de la pimienta por *Phytophthora* mediante enmienda de biocarbón se asocia con mejores propiedades bacterianas del suelo

Guangfei Wang, Roshini Govinden, Hafizah Yousuf Chenia, Yan Ma, Dejie Guo, Gaidi Ren

Biología y fertilidad de suelos 55 (8), 813-824, 2019

La enmienda de biocarbón controló eficazmente el tizón de la pimienta por *Phytophthora* y suprimió la abundancia de patógenos, y el biocarbón aplicado justo antes del trasplante (BC0) produjo efectos mayores que los aplicados 20 días antes del trasplante (BC20). Los tratamientos con biocarbón estimularon la proliferación de bacterias totales, *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp. Y *Sphingomonas* spp. El efecto proliferativo del tratamiento BC20 se debilitó gradualmente en comparación con el del tratamiento BC0 con un tiempo de siembra prolongado. Además, la enmienda de biocarbón promovió fuertemente el

“Fuerte estimulación de raíces PGPR”



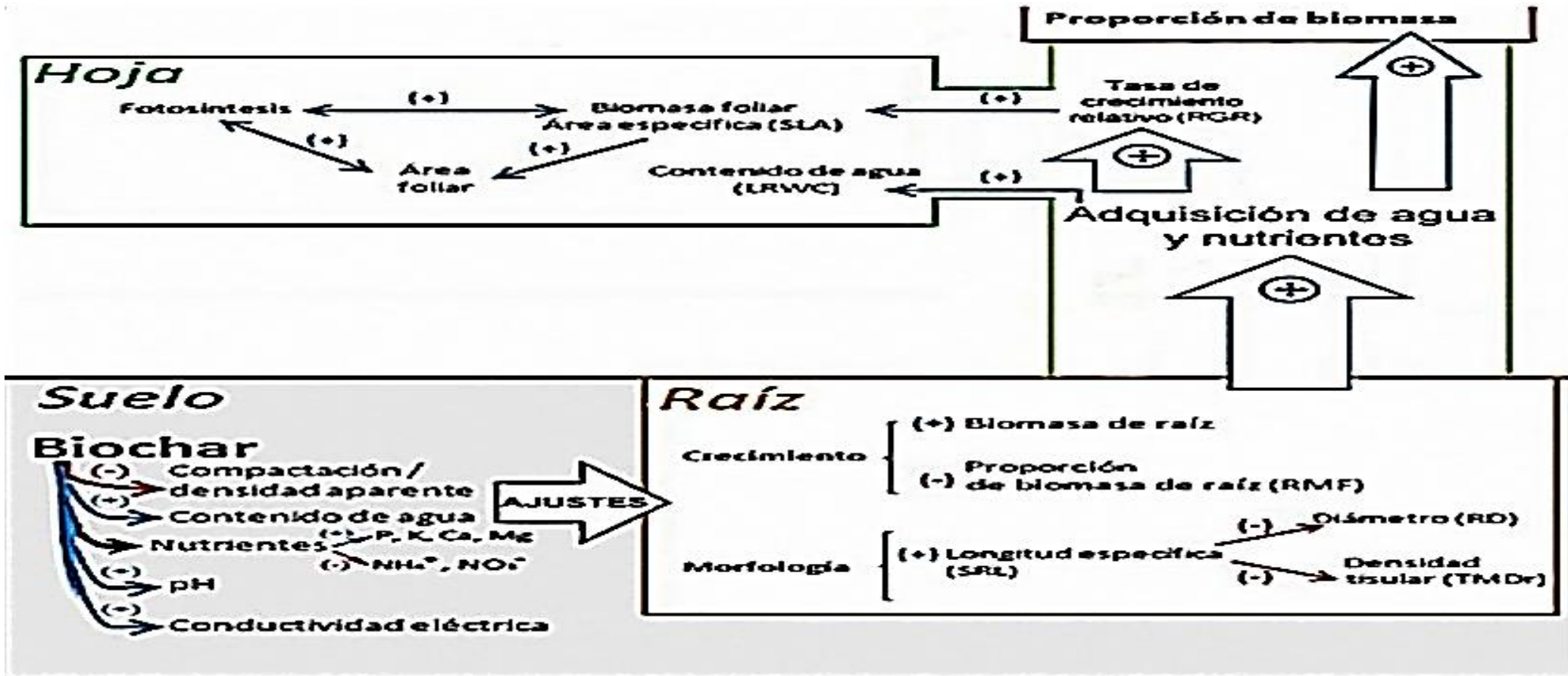
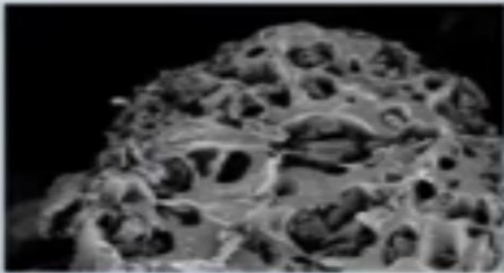


Figura 1. Resumen de los principales resultados de esta tesis doctoral sobre los efectos de la adición de biochar al suelo en relación a los cambios en las características del suelo y los mecanismos de respuesta de las plantas.

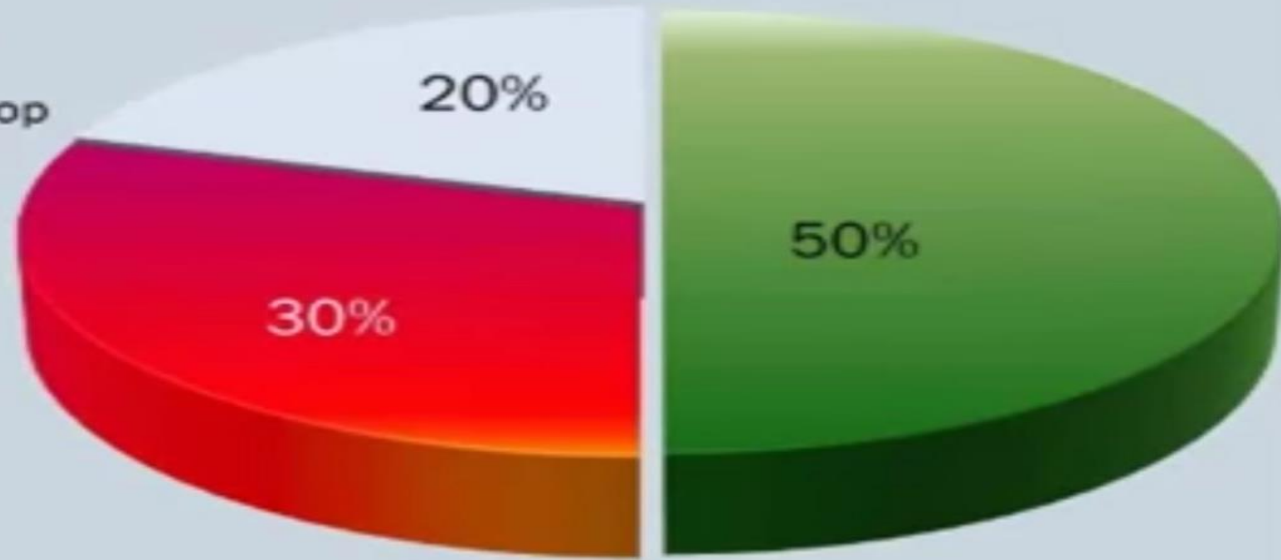
Effect of Biochar Additions on Crop Growth/Yield

Summary of the existing studies and the corresponding effect on crop yield and/or growth from 1800's to current



Biochar Amendment Effect

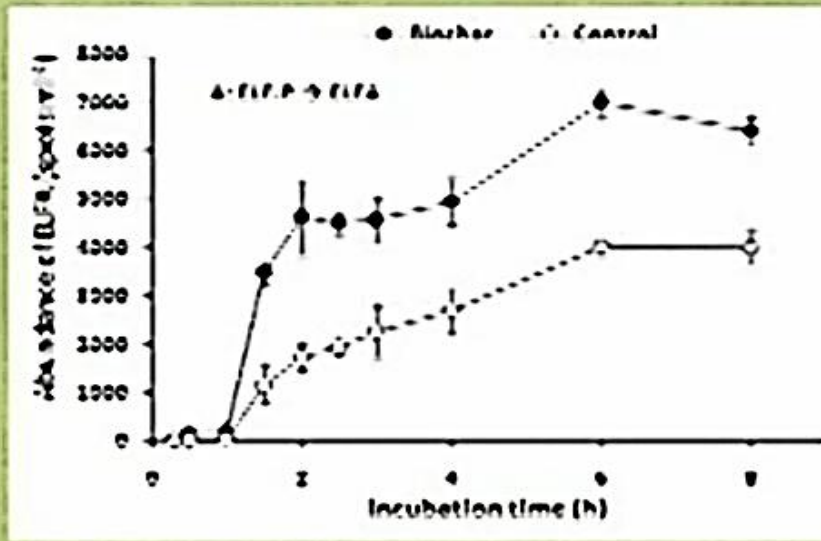
Positive Effects Negative Effects No Effect



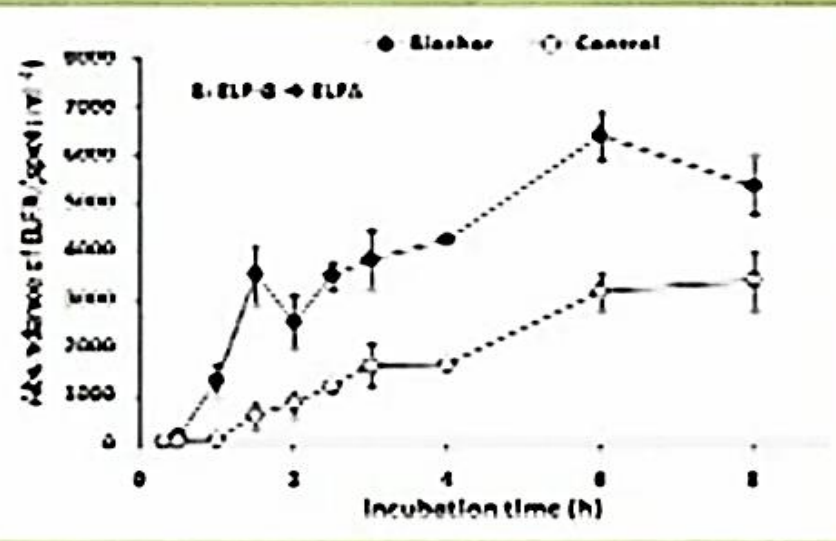
For additional details see Spokas et al. (2012)

Enzyme linked fluorescence

Phosphatase activity



β-D-glucuronidase activity



“Aditivos microbiológicos”



UIPT, 2016



“Inoculación de micorrizas”



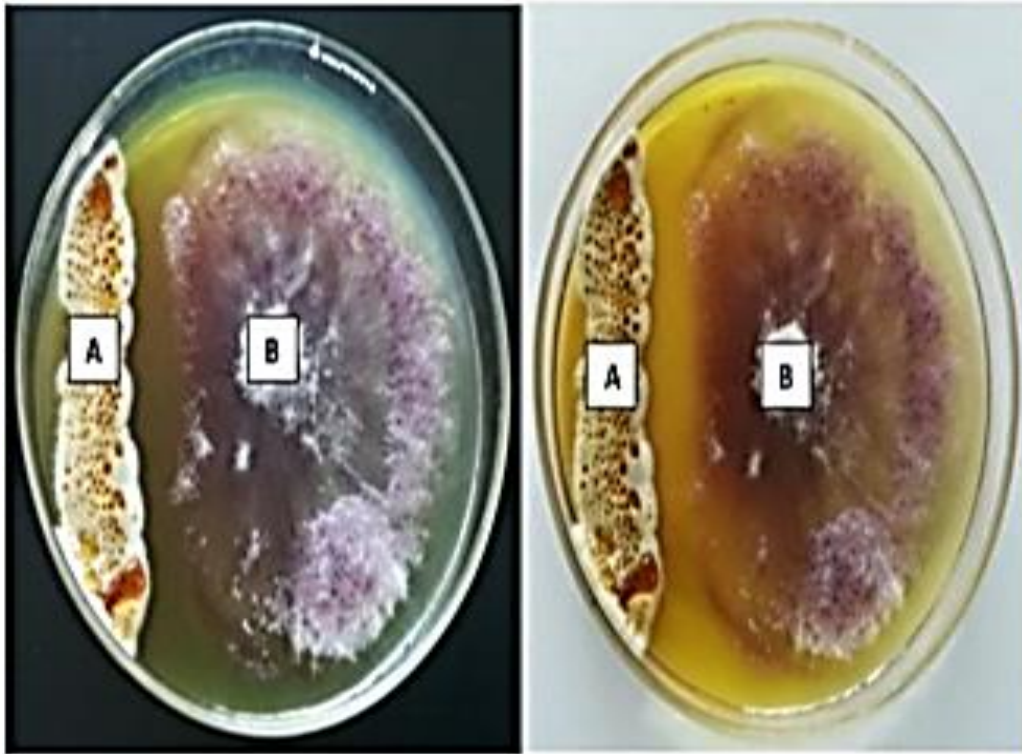


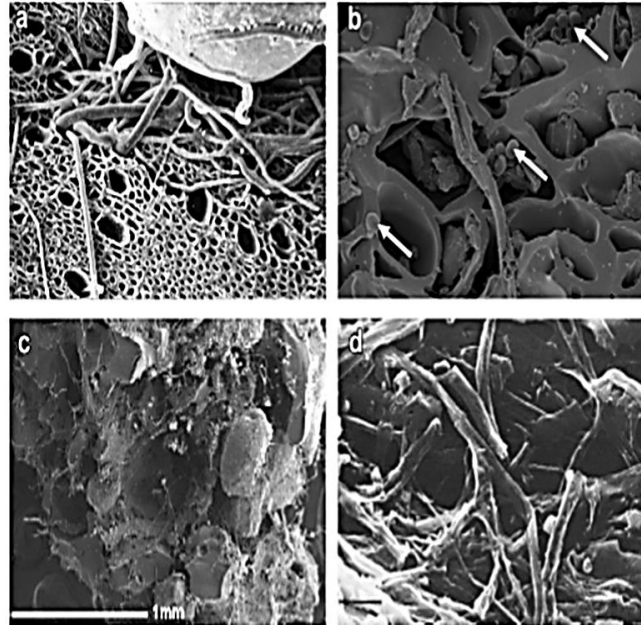
Figura 11. Prueba de antagonismo en fondo negro (para apreciar el crecimiento micelial y la zona de inhibición) y blanco (para apreciar la pigmentación del medio).

Actinomiceteto con actividad antifúngica vs *Fusarium oxysporum*.





Efectos biológicos del biocarbón sobre los suelos



Visual observation of spatial association and colonization of biochar by microorganisms. (a) fresh biochar showing fungal hyphae (Lehmann and Joseph, 2009; with permission); (b) fresh corn biochar showing microorganisms in pores (arrows) (Jin, 2010; with permission). (c) 100-year-old char from a forest fire isolated from a frigid entic Haplorthod (Hockaday et al., 2007; with permission); (d) 350-year-old char from a forest fire in a Boreal forest soil (Zackrisson et al., 1996; with permission). (Lehmann et al, 2011)



“Blends de microorganismos”



“Granulación de la biomasa”



“ Siguiendo paso tecnológico”

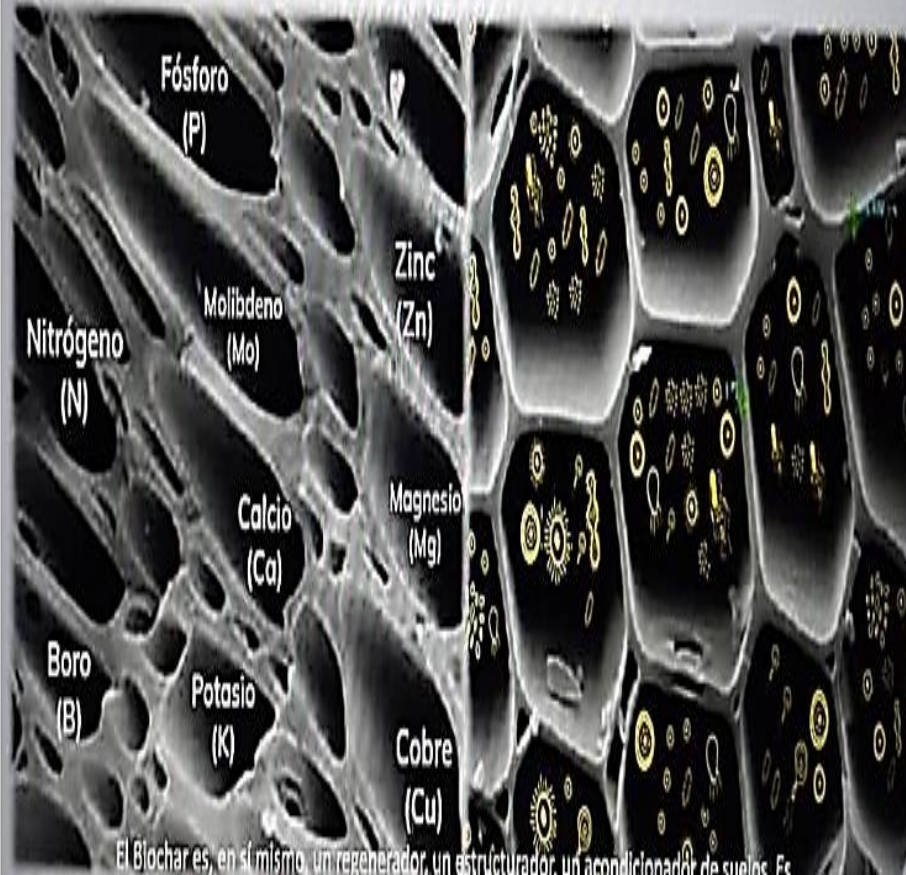


COMPOST + BIOCHAR

THE BEST WAY TO RESTORE THE SOIL



REPRESENTACIÓN DE PAPEL DE LA POROSIDAD DEL BIOCHAR



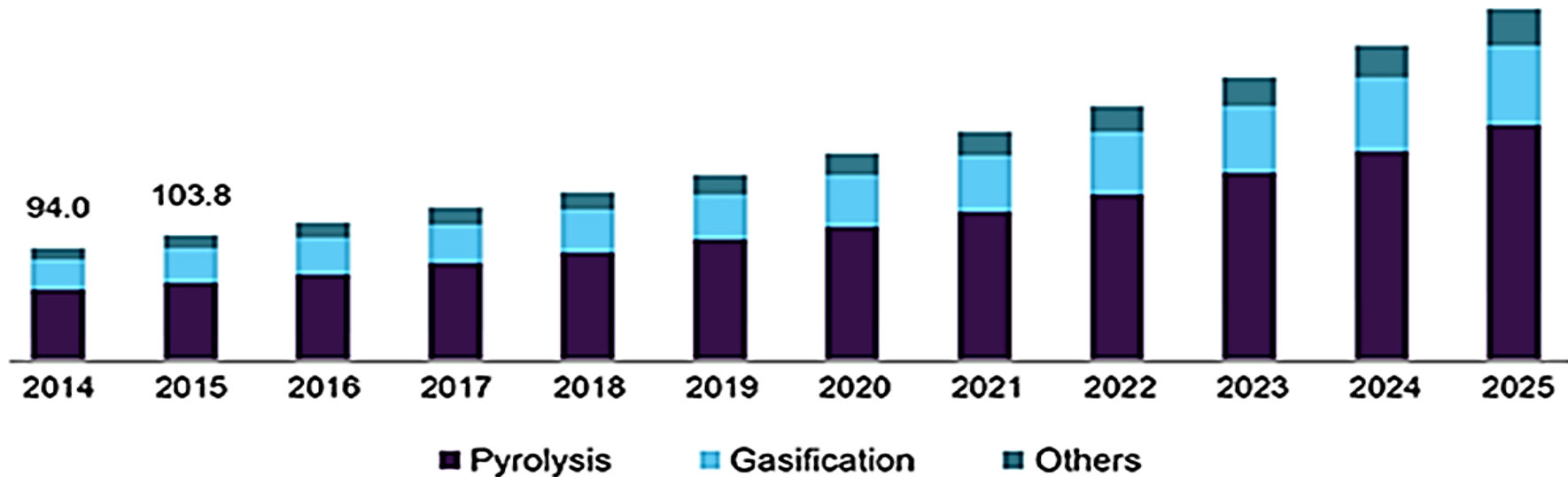
BIOCHAR PRODUCED AT A NORTHERN CALIFORNIA BIOMASS POWERPLANT IS A VALUABLE INPUT FOR CREATING COMPOST.

AGRICULTURAL USES FOR BIOCHAR
Biochar can be used as a soil amendment to build healthy soil in a variety of applications

LEARN MORE AT
USBI www.biochar-us.org

“Incremento en la demanda”

U.S. biochar market demand, by technology, 2014 - 2025 (Kilotons)



Source: www.grandviewresearch.com

“Proceso de regeneración”



“RESPUESTA BIOLÓGICA DE LOS BIOLES”



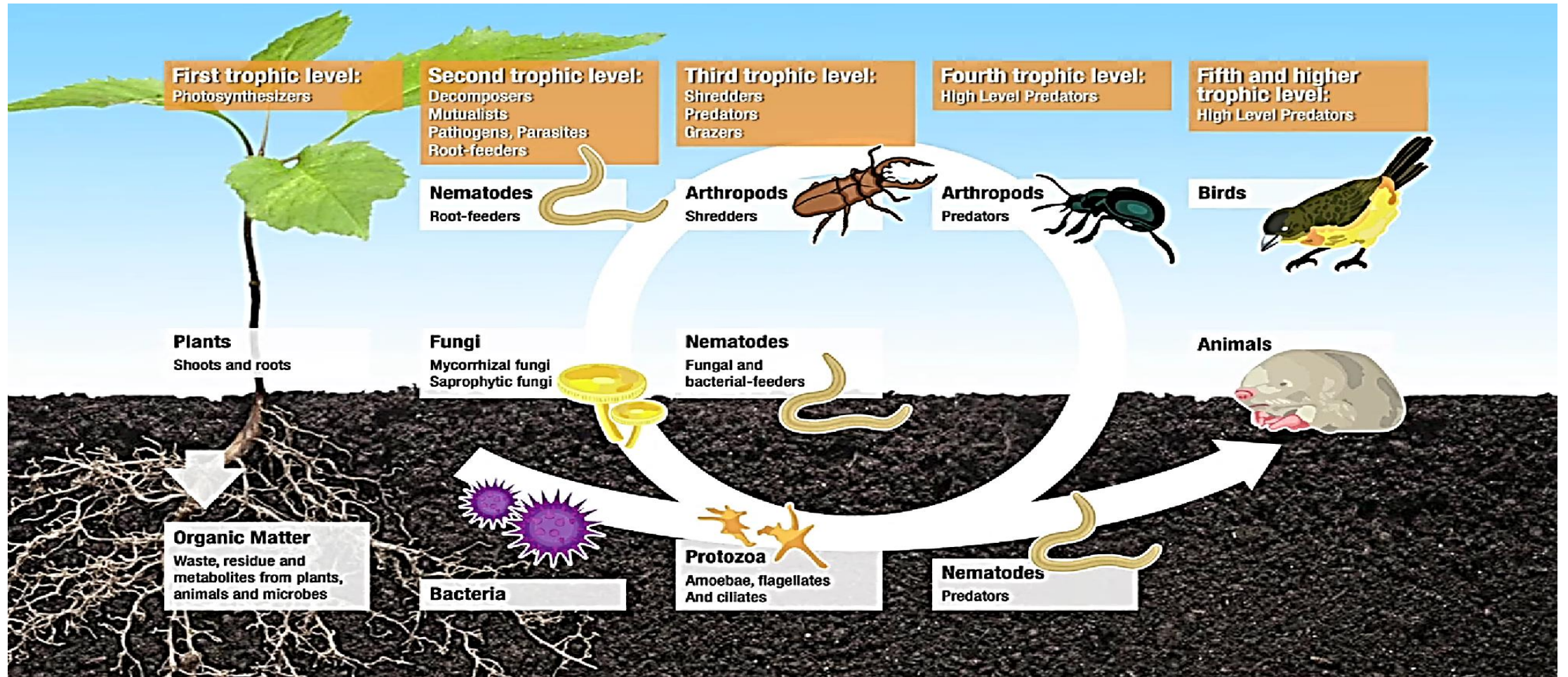
Table 2: Changes in soil water-holding capacity with increased soil organic carbon

Change in OC level	Change in OC (kg/m ²)	Extra water (litres/m ²)	Extra water (litres/ha)	CO ₂ sequestered (t/ha)
1%	3.6 kg	14.4	144,000	132
2%	7.2 kg	28.8	288,000	264
3%	10.8 kg	43.2	432,000	396
4%	14.4 kg	57.6	576,000	528

Note: Based on a soil depth of 30 cm and a soil bulk density of 1.2 g/cm³

OC – Organic carbon

Source: Jones (2006)



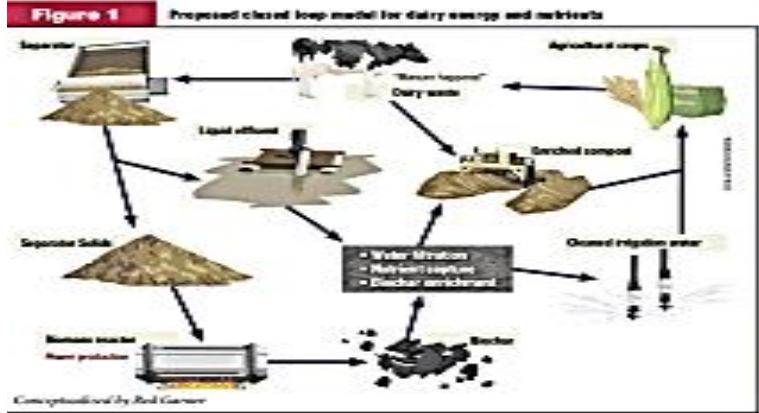
“Resumen de beneficios” Suelo supresor



“Oportunidades de nuevos ingresos”



“ Reducción del metano ”



Nueva oportunidad Energía



**SOLICITUD DE AUMENTO
EN COMBUSTIBLES**

	Precio vigente	Precio solicitado
SÚPER	+¢58 ¢765	¢823
REGULAR	+¢57 ¢748	¢805
DIESEL	+¢54 ¢671	¢725

AR INFORMA

Fuente: Recope



Reingeniería

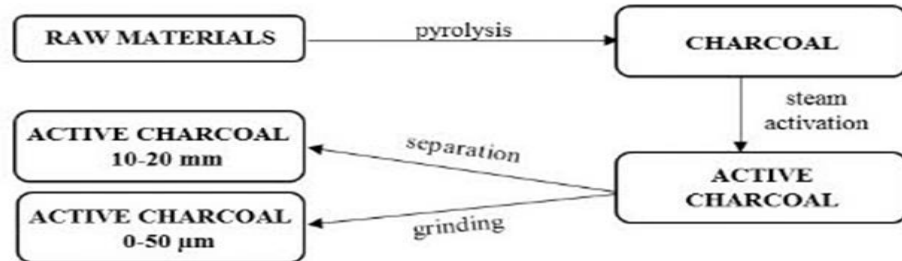


Oportunidad de negocio

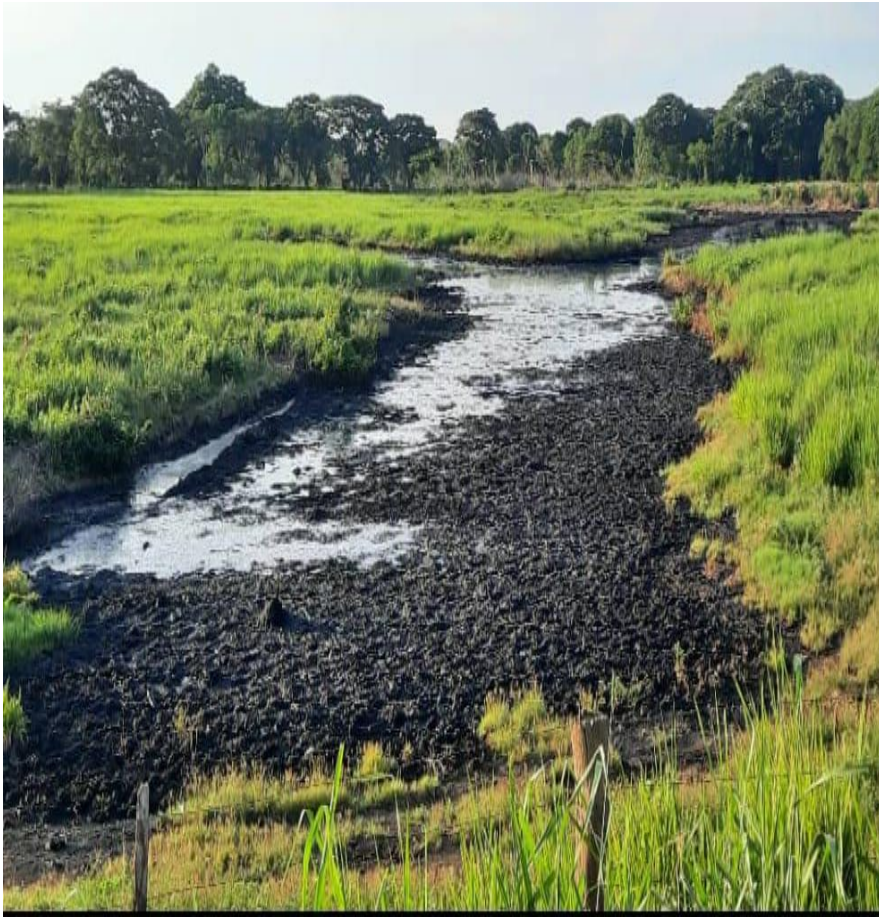


Carbón activado del cuesco

Se puede producir carbón activado del cuesco, con una serie de equipos capaces de obtener una excelente calidad. La tonelada ronda los 3,000-4000 USD en el mercado Internacional



“Nicho petrolero”



Normas de calidad

Biocarbón

Parámetros de calidad del biocarbón:

- ✓ pH (6-13)
- ✓ CE (1-5 dS m⁻¹)
- ✓ Cenizas (≈5%)
- ✓ Análisis elemental (C ≈ 80-90%)
- ✓ Densidad aparente (0,30-0,45 g cm⁻³)
- ✓ Superficie específica (10-400 m² g⁻¹)
- ✓ Capacidad de intercambio catiónica (CIC: 0-50 cmol kg⁻¹)
 - ✓ Capacidad de retención de agua
 - ✓ Estabilidad del C (>T^o >estabilidad)



Gracias Alvaro Carmona Solano

consorcioprovidencia@gmail.com

WhatsApp

(506) 8832-3363



**: Consorcio providencia en
Facebook**







CALIFICA A NUESTRO CONFERENCISTA



Ing. Álvaro Carmona