

ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE EL USO DEL COQUE DE PETRÓLEO COMO UN AGROCARBONO

María A. Rincón, María F. Rincón, Francia Robles, Eleinne Severino, Mary Labady, Eunice Marcano, y Jorge Laine

*Centro de Química, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas,
Apt.20632, Caracas, Venezuela, email: jlaine@ivic.gob.ve*

RESUMEN

Esta comunicación destaca la posibilidad de usar agrocarbónos preparados a partir hidrocarburos fósiles. Se describen experimentos preliminares sobre el crecimiento de la planta girasol usando coque de petróleo venezolano como agrocarbóno en un suelo artificial con una composición similar a la de carbono orgánico encontrado en la antigua *terra-preta* amazónica. Los resultados indicaron que el agrocarbóno no cambió el crecimiento de la planta al compararse con el mismo suelo sin agrocarbóno añadido. Por el contrario, usando un carbón activado altamente micro poroso en lugar del coque desmejoró el crecimiento de la planta, sugiriendo una afinidad del área superficial porosa por los nutrientes de la planta. Se discute posible continuación de esta investigación sobre la preparación de *terra-preta-nova* usando coque de petróleo.

Palabras clave: agrocarbóno, coque de petróleo, *terra-preta*, girasol.

INTRODUCCIÓN

Se ha propuesto una opción para reducir el efecto invernadero, consistente en la aplicación al suelo de agrocarbóno (del inglés: agrichar ó biochar) (Lehmann et al., 2006), un sólido poroso estable obtenido por pirolisis de biomasa. Contrariamente a la técnica agrícola de “cortar y quemar”, tal aplicación está asociada con “cortar y carbonizar” (del inglés: “slash-and-char”), probablemente también desarrollada por nativos del Amazonas hace mas de mil años (Mann, 2002), originando lo que hoy se conoce como *terra-preta* (tierra negra en Portugués): tierras muy fértiles localizadas en parcelas de varias hectáreas, caracterizadas por un alto contenido de carbono orgánico (Glaser et al., 2001).

Un efecto de la aplicación del agrocarbóno es que oscurece el suelo. Por lo tanto, debido a que la reflexión infrarroja disminuye al oscurecer el suelo, la transferencia de calor entre el suelo y la atmósfera debe ser afectada favoreciendo procesos exotérmicos, probablemente favoreciendo condensación de agua sobre el suelo oscurecido. Por lo tanto, uno puede especular que si el tono amarillento de una zona árida se convierte en un tono más oscuro, por ejemplo cubriendo o mezclando el suelo con agrocarbóno, esa zona podría experimentar, luego de cierto periodo de tiempo, aumento de la frecuencia de lluvias debido a la disminución del albedo, mejorando así la vida vegetal. Las tierras áridas del planeta representan casi un tercio del total de tierras no congeladas, que podrían convertirse en sumideros del carbono atmosférico si aumenta la fotosíntesis producto de la reversión de la desertificación (aforestación) asistida inicialmente por la aplicación de agrocarbóno (Ogawa, 1998) conjuntamente con irrigación originada por desalinización del agua usando energía renovable (Al-Karaghoulí et al., 2009).

El agrocARBONO puede mejorar la fertilidad del suelo probablemente debido a que su porosidad sirve de almacén de nutrientes y de hábitat para microorganismos beneficiosos como bacterias rhizobium y hongos micorrizas (Ogawa, 1998; Pietikainen et al., 2000; Yamato et al., 2006), protegiendo a estos del pastoreo de protozoarios. De hecho, un parámetro directamente relacionado con la vida dentro del suelo: la concentración de ATP, ha sido reportado que aumenta luego de cierto tiempo al mezclar el suelo con agrocARBONO (Yoshizawa et al., 2008). Basándose en trabajos sobre propiedades superficiales de carbones activados (Laine et al., 1988; Laine & Yunes, 1992); una hipótesis acerca del agrocARBONO actuando como un fertilizante supone la formación de láminas de grafeno substituidos con grupos NPK químicamente intercambiables (Figura 1).

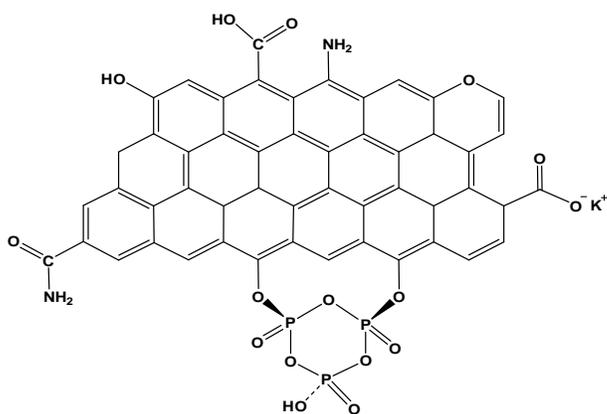


Figura 1: Modelo molecular del agrocARBONO (Laine, 2009).

El principal problema para preparar artificialmente una *terra-preta* aplicando agrocARBONO, referida como *terra-preta-nova*, es la enorme cantidad de biomasa requerida para obtener alta concentración de carbono en el suelo: aproximadamente 2 % en las *terra-preta* conocidas (Marris, 2006). Serían necesarias cerca de 500 ton de biomasa celulósica (e.g., madera) por cada hectárea. Como otra alternativa, se ha propuesto usar coque subproducto del procesamiento de hidrocarburos fósiles para preparar el agrocARBONO (Laine, 2009); tomando en cuenta que las características del coque pueden ser similares a las de los productos de la pirolisis de biomasa. Por ejemplo, altas áreas superficiales (c.a., 3.000 m²/g) se han obtenido en carbones activados producidos por coque de petróleo (Derbyshire et al., 2000).

Dentro de todo este contexto, esta comunicación presenta resultados preliminares sobre el posible uso de coque de petróleo pesado venezolano como agrocARBONO para preparar suelos fértiles que se asemejen a la *terra-preta*. Se ha escogido el desarrollo del crecimiento de la planta de girasol como una medida de la fertilidad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Semillas de girasol tipo Pacino, una variedad de poca estatura (30 cm máximo), fueron adquiridas en Migros (Suiza). El coque de petróleo usado fue un “flexicoke”, en forma de fino polvo, subproducto del proceso de refinación de petróleo pesado de la refinería localizada en la península de Paraguaná, Venezuela. El carbón activado empleado provino de Carbomafra (Brasil), granulado tipo GC 14x40, probablemente preparado a partir de biomasa dura (e.g., cáscara de coco).

Area superficial BET se obtuvo con un aparato Micromeritics ASAP 2000; la concentración de elementos orgánicos con un aparato Fisons CHNS Elemental Analyzer 1108; y la concentración de los inorgánicos por ICP-OES con un espectrómetro Perkin-Elmer Optima 3000, usando procedimientos similares a los descritos previamente (Marcano et al., 2010).

El suelo artificial se preparó usando una arena lavada tipo “Tapipa” (normalmente empleada por constructores locales para preparar concreto Portland), mezclando 60 kg de esa arena con 9 kg de tierra abonada. La tierra resultante se dividió en tres partes iguales. El carbón activado y el coque (500 g en cada caso) fueron agregados para preparar respectivamente las tierras A y B (aprox 20 kg con 2 % C cada una), mientras que C se refiere a la tierra sin agroc carbono agregado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características de los dos agroc carbonos: coque de petróleo y carbón activado, se muestran en los cuadros 1 y 2. La textura de polvo fino del coque convirtió a la tierra inicial a un tono más oscuro, similar al mostrado en un reporte anterior para la *terra-preta* (Lehmann, 2007); a diferencia del carbón activado que no cambió significativamente el tono de la tierra debido a la textura granular de ese carbón activado. Se debe resaltar que el petróleo pesado venezolano se caracteriza por tener altos contenidos de Ni y V, como se revela en el Cuadro 1; sin embargo esto parece no producir efecto tóxico en el crecimiento del girasol como sugieren los resultados mostrados a continuación.

Cuadro 1. Principales elementos orgánicos (excepto O) e inorgánicos en el coque de petróleo.

Elemento	peso %
C	70.7
S	1.2
N	0.8
H	0.4
V	0.95
Ni	0.18
Ca	0.12
Na	0.10

Otros inorganicos < 0.1 wt %

Nueve envases de 2 kg cada uno fueron preparados para las tierras A, B y C, sembrando 2 semillas de girasol en cada uno. La siembra se realizó en Enero (comienzo de la estación seca), regándolos por igual diariamente. Luego de 15 semanas, las plantas se sacaron del suelo, retirando en lo posible las partículas de tierra de las raíces, y dejándolas secar al sol por un mes antes de realizar las mediciones mostradas en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Características texturales de los agrocarbóns empleados.

	Carbón activado	Coque de petróleo
Tamaño de partícula: Standard US sieve No. (y promedio aprox. en mm)	14 – 40 (1 mm)	< 100 (< 0.1 mm)
Área superficial B.E.T. (m ² /g)	1060	< 50

Cuadro 3. Efecto del tipo de agrocarbón en el crecimiento del girasol.

Parámetro de crecimiento	Suelo con carbon activado “A”	Suelo con coque de petróleo “B”	Suelo sin agrocarbón añadido “C”
Número de plantas	16	17	18
Peso total (g)	35	51	52
Promedio del diámetro del tallo (mm)	3.6	4.2	4.2
Promedio de altura (cm)	21	22	23

Las flores de girasol comenzaron a aparecer luego de 10 semanas de sembradas las semillas, observándose en A un tono verde-amarillo en las hojas, diferente del tono verde-oscuro de B y C. Esto probablemente se debe a un menor contenido de Mg (i.e., clorofila) en las plantas de A. Además, la similitud de los resultados en B y C indica que el coque añadido no tiene un efecto notable; probablemente debido a que, además de que el coque no fue tóxico, la tierra preparada era lo suficientemente fértil para el crecimiento de la planta.

Los valores de peso y diámetro del tallo indican claramente que el crecimiento desmejoró en el suelo A; probablemente como consecuencia del poder adsorbente de la alta área superficial del carbón activado que robó los nutrientes de la tierra abonada. Consecuentemente, el coque que se asume es un sólido con baja micro porosidad por tener baja área superficial (Cuadro 2), no ocasionó desmejoras notables en el crecimiento. Por lo tanto, con fines de preparación de la *terra-preta-nova*, estos resultados sugieren la necesidad de incorporar nutrientes (y posiblemente inoculaciones de bacterias y hongos beneficiosos) dentro de la porosidad del agrocarbón si éste posee alta área superficial.

Tomando en cuenta investigaciones previas (Laine et al., 1988; Laine & Calafat, 1991; Laine & Yunes, 1992), se recomienda pre-tratar el coque con compuestos de fósforo y potasio (e.g., H₃PO₄ and KNO₃) con el fin de obtener la estructura molecular mostrada en la Fig. 1, calentando a altas temperaturas (e.g. 500 - 800 °C) en atmósfera de CO₂ o vapor de agua, para generar una estructura porosa bimodal: micro + macro (Laine & Yunes, 1992), para la inoculación de bacterias y hongos respectivamente.

Debido a la demostrada estabilidad de los agrocárbonos (Cheng et al., 2008) es de suponer un período de adaptación para la formación de la *terra-preta-nova*. Como un ejemplo sobre esa necesidad, está reportado que el rendimiento de la producción de maíz no mejoró al agregar agrocárbono (20 ton/ha), pero luego aumentó 140 % en la cuarta cosecha (Major et al., 2010).

Desde el punto de vista global, el carácter anti-económico que representa el uso del coque de petróleo como un agrocárbono podría ser solventado si se incluye dentro del mercado de los créditos del carbono, ya que, como indicado en la introducción, sería una forma de captura de carbono atmosférico al promover la reversión de la desertificación.

CONCLUSION

El coque subproducto del petróleo pesado puede ser recomendable como un agrocárbono en la preparación de la *terra-preta-nova*, si se emplean pretratamientos e inoculaciones adecuadas, y/o tiempos de adaptación suficientes.

BIBLIOGRAFÍA

AL-KARAGHOULI, A; RENNEA, D; KAZMERSKI, L.L; 2009. Solar and wind opportunities for water desalination in the Arab regions, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13: 2397-2407.

CHENG, C-H; LEHMANN, J; THIES, J.E; BURTON, S.D; 2008. Stability of black carbon in soils across a climatic gradient. *Journal of Geophysical Research*, 113(G2): 1-13.

DERBYSHIRE, F; JAGTOYEN, M; ANDREWS, R; RAO, A; MARTIN-GRILLON, I; GRULKE, E.A; 2000. Carbon materials in environmental applications. In: Radovick L.R., Editor, *Chemistry and Physics of Carbon*, N.Y.: Marcel Dekker, vol 27: 1-66.

GLASER, B; HAUMAIER, L; GUGGENBERGER, G; ZECH, W; 2001. The terra preta phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics, *Naturwissenschaften*, 88: 37-41.

LAINE, J; CALAFAT, A; LABADY, M; 1988. Study of activated carbons obtained by chemical activation. *Rev. Soc. Venez. Catálisis*, 2: 48-59.

LAINE, J; CALAFAT, A; 1991. Factors affecting the preparation of activated carbons from coconut shell catalyzed by potassium. *Carbon*, 29: 949-953.

LAINE, J; YUNES, S; 1992. Effect of the preparation method on the pore size distribution of activated carbon from coconut shell. *Carbon*, 30: 601-604.

LAINE, J; 2009. Sowing fossil hydrocarbons to promote bioenergy, *Energeia*, 20(2):1-3.

LEHMANN, J; GAUNT, J; RONDON, M; 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems—a review. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 11: 403-427.

- LEHMANN, J; 2007. A handful of carbon. *Nature*, 447:143-144.
- MAJOR, J; RONDON, M, MOLINA, D; RIHA, S.J; LEHMANN, J; 2010. *Plant Soil*, 333:117-128.
- MANN, C.C; 2002. The real dirt on rainforest fertility, *Science*, 297: 920-923.
- MARCANO, E; GOMEZ, C; BENZO, Z; LAINE, J; 2010. Estudio preliminar sobre la determinación de elementos trazas en cervezas venezolanas por ICP-OAS, *Quim. Nova*, 33: 653-655.
- MARRIS, E; 2006. Putting the carbon back: Black is the new green, *Nature*, 442: 624–626.
- OGAWA, M; 1998. Utilization of symbiotic microorganisms and charcoal for desert greening. *Green Age*, 14: 5 -11.
- PIETIKAINEN, J; KIIKKILA, O; FRITZE, H; 2000. Charcoal as a habitat for microbes and its effect on the microbial community of the underlying humus. *Oikos*, 89: 231–242.
- YAMATO, M; OKIMORI, Y; WIBOWO, I; ANSHORI, S; OGAWA, M; 2006. Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. *Soil science & plant nutrition*, 52: 489–495.
- YOSHIZAWA, S; TANAKA, S; OMORI, T; 2008. Improvement of soil quality beneath red pines forest by sowing biomass charcoal powder, Proc. of Inter. Conf. on Carbon (Carbon 2008), Nagano, Japan, July 13-18, 2008, P0433 (4 pages). www.geocities.jp/yasizato/yoshizawa.htm.