

# EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> EN TEPETATES (MATERIALES VOLCÁNICOS ENDURECIDOS) HABILITADOS PARA LA AGRICULTURA EN TLAXCALA, MÉXICO

Aurelio Báez<sup>1</sup>, Jorge D. Etchevers<sup>1</sup>, Claudia Hidalgo<sup>1</sup> y Christian Prat<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo 56230, Montecillo, Estado de México.

<sup>2</sup>IRD, BP 34093 Montpellier, Cedex 05, Francia

<jetchev@colpos.mx> <ludalgo@colpos.mx>

*Emission of CO<sub>2</sub> in Tepetates (volcanics indured materials) Habilitated for the Agriculture in Tlaxcala, Mexico*

## Abstract

The terrestrial substrates act as regulators of the global C cycle in the Earth and serve as storage systems. The soil C is considered a natural sink for atmospheric CO<sub>2</sub> and can help to mitigate the anthropogenic additions of this gas to the atmosphere. Soil C is approximately twice the C in the aboveground biomass plus the atmosphere. Agricultural soils and agricultural practices are important contributor of CO<sub>2</sub> to the atmosphere. In the Mexican Transversal Belt there exist a particular type of formation called tepetates (hardened horizons derived from volcanic tuff) that are conditioned for cropping. They are low in C, N and P in their natural condition and cannot hold vegetation because these situation as well as because inadequate physical conditions, but can be ameliorated by breaking down the hardened layer and appropriate agronomic practices (addition of organic matter, fertilizer, rotation). The ameliorated tepetate constitutes a potential storage for atmospheric C but also a potential emitter of CO<sub>2</sub>. The objective of the present work was to quantify the CO<sub>2</sub> emission rate (TEC) of tepetates managed under different system and its relationship to the soil volumetric moisture (HV). The lower TEC were found in the management systems that accumulate low carbon in the ground. The TEC was higher in the tepetates that had been cropped for longer periods and had received periodically organic matter additions than those recently conditioned and without organic matter addition. The higher TEC were related to higher soil moisture reached during the rainy season and vice versa ( $r$  ranges from 0.77 to 0.90).

Palabras claves: Suelos volcánicos, rehabilitación, horizontes endurecidos

## Introducción.

Los sustratos terrestres, particularmente el suelo, son parte fundamental de los ecosistemas y agroecosistemas. Éstos son uno de los principales reguladores del ciclo global del carbono en el planeta (Rosenzweig y Hillel, 2000), porque ahí se mineralizan constantemente residuos de plantas, animales y todo tipo de materiales orgánicos. El flujo de gases de invernadero en los sustratos terrestres a la atmósfera, principalmente CO<sub>2</sub>, es un proceso dinámico que influye determinantemente en las

condiciones climáticas del orbe. Se ha estimado que la reserva de C en los suelos del mundo, es más del doble que la que se encuentra en la atmósfera y en la vegetación, juntas (Swift, 2001). El suelo y los sustratos habilitados para la agricultura pueden contribuir a disminuir el impacto del cambio climático global ocasionado por las emisiones de CO<sub>2</sub> que provocan las actividades humanas. Sin embargo, las prácticas de manejo agrícola a las que se someten los suelos, desde que el hombre practica la agricultura (arado), han ocasionado un aumento en el flujo de este gas de invernadero a la atmósfera y una consecuente disminución de la reserva de carbono del mismo, porque la remoción del suelo favorece la mineralización y oxidación de la materia orgánica (MO). En las laderas y los piedemontes, los suelos además de la pérdida de MO son susceptibles al deterioro por la erosión hídrica. En México, en el Eje Neovolcánico Transversal (ENT), esa ha ocasionado el afloramiento de bastas áreas de *tepetate*. Los *tepetates* son capas de tobas volcánicas endurecidas por procesos geológicos o pedológicos (Miehlich, 1992; Etchevers *et al.*, 2004), que se ubican principalmente en el ENT, en el piedemonte, entre 1800 y 3400 m de altitud (Quantin *et al.*, 1993). En el ENT cubren más de 30 000 km<sup>2</sup> (Zebrowski, 1992), una zona densamente poblada. Al roturar los *tepetates* y acondicionarlos se pueden convertir en tierras de cultivo, sin embargo, sólo contienen trazas de C, N y P por lo que presentan limitantes físicas, químicas y biológicas para el establecimiento de plantas (Etchevers *et al.*, 1992). El acondicionamiento de los *tepetates* los convierte en un almacén potencial para el C, pero la tasa de acumulación es muy baja (Báez *et al.*, 2002). Las prácticas agronómicas influyen de manera determinante en el secuestro de carbono. El propósito de esta evaluación es estudiar la tasa de emisión de CO<sub>2</sub> (TEC) en *tepetates* habilitados para la producción agrícola, manejados con varios sistemas alternativos, y contrastarla con algunos ecosistemas naturales.

### Materiales y métodos.

El experimento se realizó en la vertiente oriental del ENT, en la comunidad de Santiago de Tlalpan, Tlaxcala, (19° 20' de LN y 98° 20' de LO, con 2600 m de altitud). La zona de estudio presenta un clima templado subhúmedo: C(w1) (w). La temperatura media anual es de 14 °C, con una máxima de 19 °C y una mínima de -2 °C. La precipitación media anual es de 543 mm, concentrada principalmente en verano, pero con una distribución de las lluvias muy irregular. Se midió la TEC en: (a) un lecho de *tepetate* expuesto (T); (b) en seis parcelas de *tepetates* pero habilitados hace 16 años y con tres manejos: convencional (como lo hacen los campesinos) (Co), convencional mejorado (con fertilización mineral) (CM) y orgánico (fertilización sólo con composta) (Or) y (c) en dos parcelas de *tepetates* habilitados para la producción agrícola con dos manejos (RCo y ROr). El historial de manejo de estas parcelas se presenta en el Cuadro 1. También se evaluó un pastizal natural (Pr) adyacente a las parcelas experimentales y un matorral con vegetación natural (M).

Trat.	Área m <sup>2</sup>	dosis de fertilización			Años cultivo	Cultivos			
		2002	2003	2004		2002	2003	2004	2005
CM	1450	60-100-34	23-60-00	90-40-00	16	H+V	A+V	M+F	T
Co	1200	23-00-00	23-00-00	80-00-00	16	H	A	M+F	T
CM	1300	60-100-34	23-60-00	90-40-00	16	II+V	A+V	M+F	T
Or	1400	composta	15t/ha (EF)	1.87 t/ha (ES)	16	H+V+BV	A+V	M+F	T
Co	1240	23-00-00	23-00-00	81-00-00	16	H	A	M+F	T
Or	230	composta	15t/ha (EF)	2.96 t/ha (ES)	16	H+V+BV	A+V	M+F	T
RCo	230	23-46-00	-	81-00-00	4	H	A	M+F	T
ROr	330	23-46-00	15t/ha (EF)	2.62 t/ha (ES)	4	H+V+BV	A+V	M+F	T

Av: avena, BV: barrera viva, C: convencional, CM: convencional mejorado, EF: estiércol fresco, F: frijol, H: haba, O: orgánico V: veza, T: trigo.

*Cuadro 1.- Parcelas exp. de tepetate cultivado en el ejido de Santiago de Tlalpan, Tlaxcala*

Para medir la TEC se utilizó un equipo IRGA PP-System (EGM-4) con una cámara especialmente diseñada para suelo. Durante casi 2 años se hicieron mediciones de la TEC. Al mismo tiempo se midió la humedad volumétrica (HV) de 0 a 10 cm en los puntos donde se medía ésta. Se midió la concentración de C de los sustratos evaluados de 0 a 10 cm en muestras compuestas por 20 submuestras, mediante un método de combustión seca (Shimadzu, modelo TOC-5050A). También se registró la precipitación diaria.

### Resultados y discusión.

En la Figura 1 se presentan los resultados mensuales de la TEC de los sustratos evaluados durante los dos últimos años de cultivo. La TEC muestra que T, que solamente contiene trazas de C orgánico (Figura 2), tuvo la TEC más baja. Los tratamientos RCo y ROr con 4 años de haber sido acondicionadas para el cultivo, mostraron una TEC mayor que el caso anterior. Esta variable aumenta con los años de cultivo y en los sistemas agrícolas orgánicos, donde se adicionó C exterior al sistema. De este modo Or, que es donde se incorporó composta, muestra la mayor TEC de los tepetates cultivados.

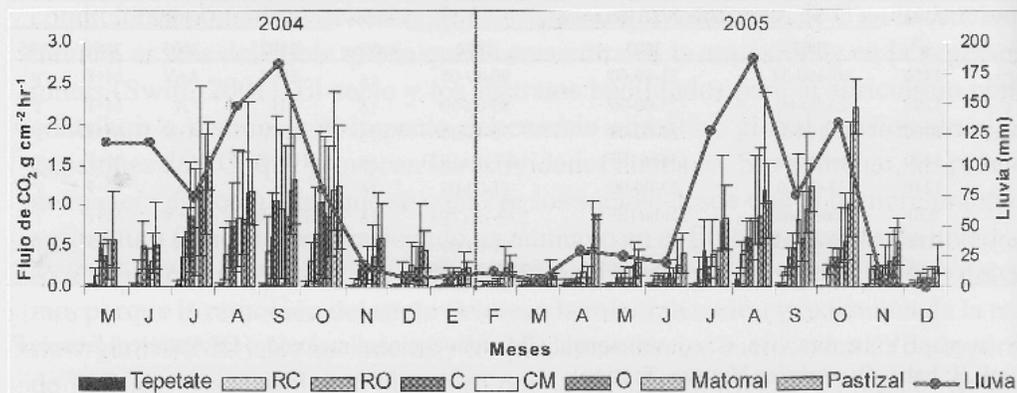


Figura 1.- Tasa de emisión de CO<sub>2</sub> global en tepetates acondicionados para la producción agrícola en Tlalpan, Tlaxcala

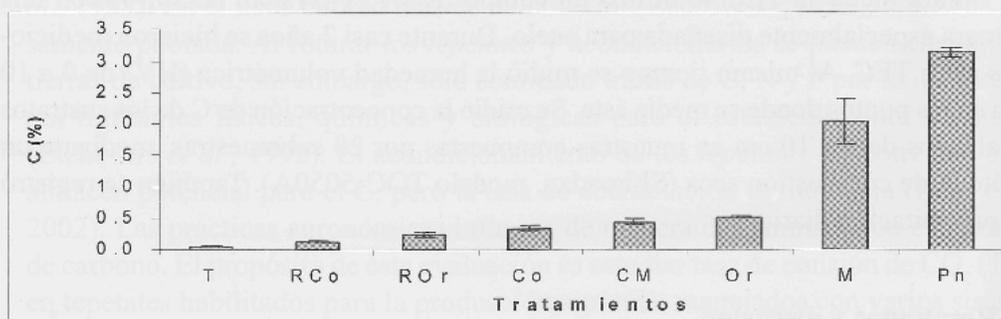


Figura 2.- Concentración de C en los sustratos evaluados en Tlalpan, Tlaxcala

Los ecosistemas naturales M y Pn, cuyo suelo tiene una concentración de C mayor de 3%, tuvieron la mayor TEC. La tendencia general muestra que ésta es proporcional a la concentración de C del suelo. La TEC en los sistemas naturales, durante los meses más húmedos, fue de hasta 50 % mayor que en los tepetates cultivados, sin embargo se debe considerar que la tasa de producción de biomasa es mayor en los sistemas naturales, ya que cuentan con vegetación durante todo el año y ésta se incorpora constantemente, en tanto que en los sistemas de producción agrícola se siembra en hileras y se combaten habitualmente las malezas. Estos resultados explican porqué la acumulación de C es muy baja en los tepetates que carecen de vegetación. La oxidación de este elemento es constante y para lograr un incremento importante se requiere de un largo plazo. El retiro de los residuos de cosecha sin duda limita la acumulación de C en los sustratos, con este tipo de manejo. Pero lograr que la tasa de acumulación de C en el suelo sea mayor que la tasa de pérdida del mismo, requiere de una estrategia mejor que la de incorporar residuos orgánicos.

De manera general, se observa que el flujo de  $\text{CO}_2$  aumenta o disminuye de acuerdo al patrón de distribución de las lluvias. Esto indica que la humedad en el suelo es un factor que influye directamente en esta variable. La TEC se relacionó positivamente con la HV de los tratamientos estudiados ( $R^2$  de 0.6 a 0.8) (Figura 3). Esto se explica porque la humedad favorece la actividad microbiana al interior del suelo, ésta a su vez actúa en la degradación de la materia orgánica del mismo, favoreciendo así el flujo de  $\text{CO}_2$ . Cuando los sustratos se encuentran saturados de humedad durante la época de lluvias la TEC alcanza su máximo nivel. Después, con la desecación de los sustratos, ésta disminuye proporcionalmente conforme decrece la humedad en ellos. Pero si ocurre lo contrario, es decir, los sustratos se humedecen después de un periodo de sequía largo, la TEC aumenta. El fenómeno es aparentemente similar a la histéresis que exhiben las ganancias y pérdidas de humedad del suelo. Esto puede explicarse porque después de un período de humedad se favorece la producción de biomasa, quedando expuesta más materia orgánica que se puede degradar al humedecerse el suelo después de un período de sequía largo.

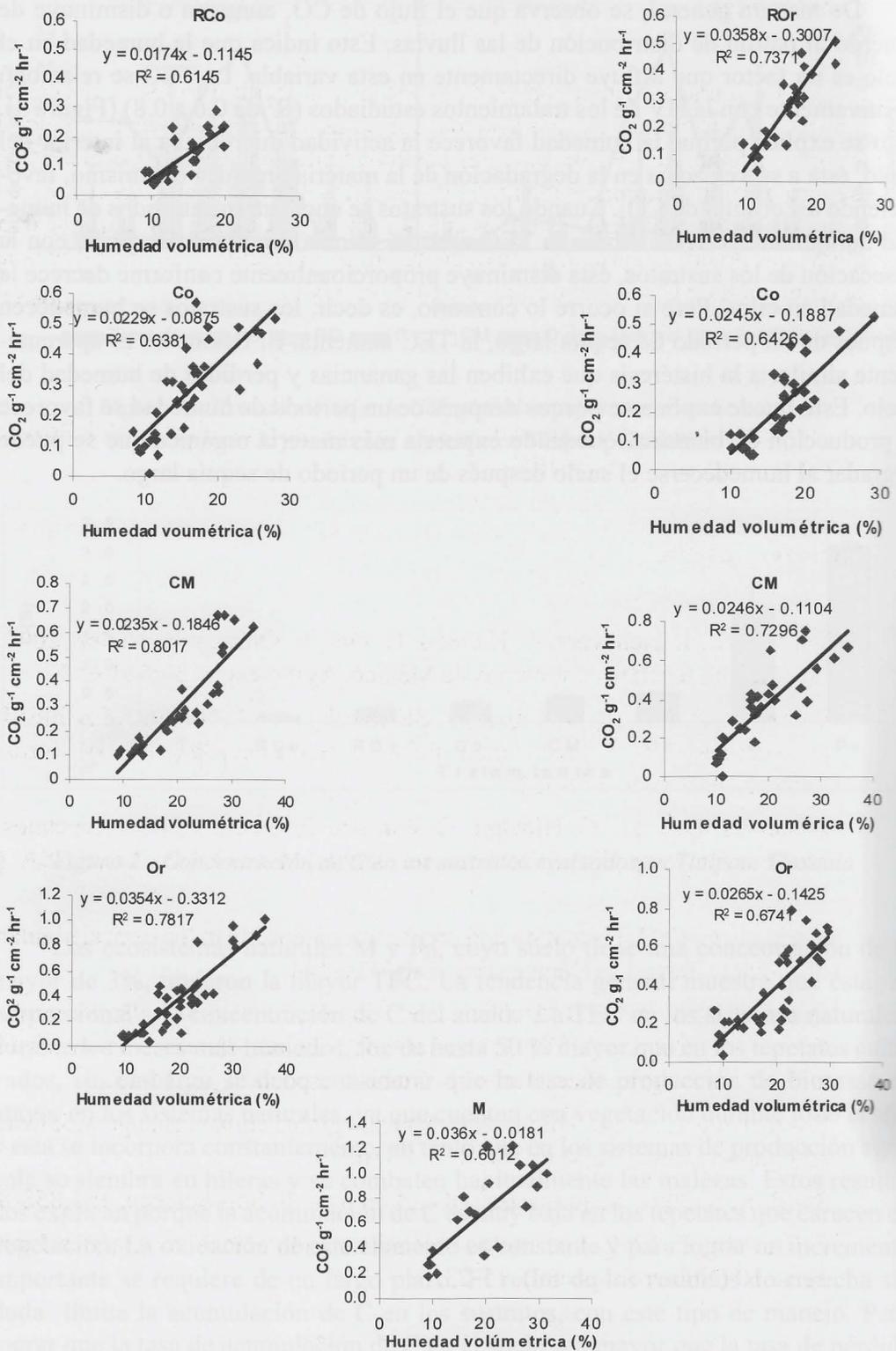


Figura 3.- Relación entre la emisión de CO<sub>2</sub> y la humedad volumétrica de los sustratos evaluados en Tlalpan, Tlaxcala

## **Conclusiones.**

La TEC aumenta paulatinamente con los años de cultivo en los tepetates habilitados para la agricultura y en los sistemas agrícolas orgánicos, donde se adicionó C exterior al sistema. La TEC se relaciona positivamente con la HV ( $R^2$  de 0.6 a 0.8) y aumenta a medida que aumenta la lluvia y viceversa. A mayor concentración de C en el sustrato, mayor es la TEC. Este C es potencialmente oxidable, por lo que se deben implementar prácticas agrícolas que disminuyan su oxidación, buscando que la tasa de acumulación de C sea mayor que la tasa de emisión.

## **Agradecimiento.**

Los autores agradecen a la Unión Europea la financiación del Proyecto *REVOLSO* (Programa *INCO-DEV*).

## **Literatura citada.**

- Báez, P. A., J. Etchevers, C. Hidalgo, C. Prat, V. Ordaz y R. Núñez. 2002. C orgánico en tepetates cultivados de México. *Agrociencia*. 36:643-653.
- Etchevers, B. J. D., R. M. López, C. Zebrowsky y D. Peña. 1992. Fertilidad de los tepetates de la vertiente occidental de la sierra nevada (México). *Terra* 10 (Número especial). 379-384.
- Etchevers, B. J. D., C. Hidalgo, C. Prat and P. Quantin. 2004. Tepetates of Mexico. *Encyclopedia of Soil Science*. Dekker, M. (ed.). New York, USA. pp. 1-4.
- Miehlich, G. 1992. Formation and properties of tepetate in the central highlands of Mexico. *Terra* 10 (Número especial). 136-144.
- Quantin, P., A. Arias, J. Etchevers, R. Ferrera, K. Olechko, H. Navarro, G. Werner y C. Zebrowski, 1993. Tepetates de México: Caracterización y habilitación para la agricultura. *Terra* 11 (Número especial). pp: 11-13.
- Rosenzweig, C. and D. Hillel. 2000. Soil and global climate change: Challenges and opportunities. *Soil Science*. 165:47-56.
- Swift, R. S. 2001. Sequestration of carbon by soil. *Soil Science*. 166:858-871
- Zebrowski, C. 1992. Los suelos volcánicos endurecidos en América Latina. *Terra* 10 (Número especial). 15-23.

# MEDIOAMBIENTE EN IBEROAMÉRICA

Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI

*Juan F. Gallardo Lancho*  
(Editor y coordinador)



**Sociedad Iberoamericana  
de Física y Química Ambiental**



Tomo II

**SOCIEDAD IBEROAMERICANA  
DE FÍSICA Y QUÍMICA AMBIENTAL  
(SIFYQA)**

**MEDIOAMBIENTE EN IBEROAMERICA**  
**Visión desde la Física y la Química en los albores  
del Siglo XXI**

**Juan F. GALLARDO LANCHIO**

Editor principal y coordinación.

**Coeditores y revisores:**

<b>M. Cristina AMÉZQUITA</b>	<b>Ricardo AMILS</b>
<b>Paulo ARTAXO</b>	<b>Ferrán BALLESTER</b>
<b>José BARRETO</b>	<b>Miguel Angel BLESA</b>
<b>Juan CEGARRA</b>	<b>Pedro CINTAS</b>
<b>Marta Elvira CONTI</b>	<b>José Antonio EGIDO</b>
<b>Jorge D. ETCHEVERS</b>	<b>José Luis FERNÁNDEZ-TURIEL</b>
<b>Griselda GALINDO</b>	<b>Juan Fernando GALLARDO</b>
<b>Felipe GARCÍA-OLIVA</b>	<b>Maite GARCÍA-VALLÉS</b>
<b>M. Isabel GONZÁLEZ</b>	<b>Jerónimo LORENTE</b>
<b>Manuel MADEIRA</b>	<b>René MIRANDA-RUVALCABA</b>
<b>Gerardo MORENO</b>	<b>Laura Bertha REYES-SÁNCHEZ</b>
<b>Federico J. VELÁZQUEZ</b>	<b>M. Teresa VASCONCELOS</b>
<b>Emma ZAPATA MARTELO</b>	<b>Rosendo VÍLCHEZ</b>

**Diputación de Badajoz**

Badajoz (España)

2006