



Nota [Short note]

INFLUENCIA DEL SISTEMA SILVOPASTORIL “CERCAS VIVAS” DE *Gliricidia sepium* EN LA RESPIRACIÓN DEL SUELO EN TACOTALPA, TABASCO, MÉXICO

[INFLUENCE OF SILVOPASTORAL SYSTEM “LIVE FENCES” OF *Gliricidia sepium* ON SOIL RESPIRATION IN TACOTALPA, TABASCO, MEXICO]

**G. Villanueva-López^{1*}, F. Casanova-Lugo², L. Ramírez-Avilés³
and P. Martínez-Zurimendi¹**

¹El Colegio de la Frontera Sur. Carretera a Reforma km 15.5 s/n Ra. Guineo 2^a sección CP. 86280. Villahermosa, Tabasco, México.

²Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Carretera Chetumal-Escárcega km 21.5, C.P. 77965, Ejido Juan Sarabia, Quintana Roo, México.

Email: gvillanueva@ecosur.mx; gvillanueva_69@hotmail.com

³Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.

Carretera Mérida Xmatkuil km 15.5 Apto. 116 Itzimná. Mérida, Yucatán, México

*Corresponding author

SUMMARY

The aim of this study was to quantify rates of soil respiration on livestock systems with live fences (LF) formed by *Gliricidia sepium* trees and on livestock systems in signal grass monoculture (MP) (*Brachiaria decumbens*); examine the variation of flows in the rainy and dry seasons, and fluctuations during the day, as well as soil temperature and relative humidity. Soil respiration was measured twice a month, four times a day between the hours of 00:00 to 06:00 h, 6:00 to 12:00 h, 12:00 to 18:00 h, and 18:00 to 24:00 h, in both seasons. Soil temperature and the relative humidity were simultaneously measured. The results show that the rate of soil respiration is similar between these systems, LF issued 0.97 and MP 1.01 mol CO₂ m² h⁻¹. In contrast, there was influence of the time of year and time of collection of the samples. In both systems the soil flows were higher in the rainy season (1.1 mol CO₂ m² h⁻¹ on average) and slightly lower in the dry season (0.90 mol CO₂ m² h⁻¹ on average) and were higher during the night (00:00 to 06:00 hours), during the early morning hours (6:00 to 12:00 hours). Soil temperature was higher in the MP, and the relative humidity in LF. It is concluded that the main factor that caused the variation in soil respiration rates was the presence of *G. sepium* trees in LF, which led to lower temperatures and more stable humidity, which resulted in lower soil CO₂ fluxes.

Keywords: Soil CO₂ fluxes; emission of greenhouse gases; *Brachiaria decumbens*; silvopastoral system; humid tropic.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue cuantificar las tasas de respiración del suelo en sistemas ganaderos con cercas vivas (CV) conformadas por árboles de *G. sepium* y en sistemas ganaderos en monocultivo de pasto señal (MP) (*Brachiaria decumbens*); examinar la variación de los flujos en la época de lluvia y de seca, y las fluctuaciones durante el día, así como de la temperatura del suelo y la humedad relativa. La respiración del suelo fue medida dos veces al mes, cuatro veces al día en los horarios de 00:00 a 06:00 h; 06:00 a 12:00 h; 12:00 a 18:00 h; y de 18:00 a 24:00 h, en ambas épocas. Simultáneamente, se midió la temperatura del suelo y la humedad relativa. Los resultados muestran que la tasa de respiración del suelo es similar entre sistemas, las CV emitieron 0.97 y el MP 1.01 μmol de CO₂ m² h⁻¹. En contraste, existió influencia de la época del año y del momento de la toma de las muestras. En ambos sistemas los flujos del suelo fueron superiores en la época de lluvia (1.1 μmol de CO₂ m² h⁻¹ en promedio) y ligeramente menores en la época de seca (0.90 μmol de CO₂ m² h⁻¹ en promedio); y fueron más altas durante la noche (00:00 a 06:00 horas), que durante las primeras horas del día (06:00 a 12:00 horas). La temperatura del

suelo fue superior en el MP, y la humedad relativa en las CV. Se concluye que el factor principal que causó la variación en las tasas de respiración del suelo fue la presencia de los árboles de *G. sepium* en las cercas vivas, que propiciaron temperaturas más bajas y humedad ambiental más estables, que impactaron en menores flujos de CO₂ de suelo.

INTRODUCCIÓN

La respiración del suelo es un componente importante del balance del C terrestre, y es considerado el segundo factor más significativo en el flujo de dióxido de carbono (CO₂) entre los ecosistemas de la tierra y la atmósfera, observándose la mayor intensidad en el horizonte superficial (Wu *et al.* 2006), por lo que el aumento de las emisiones de CO₂ debido a los cambios de uso del suelo tiene el potencial de aumentar los niveles atmosféricos e incrementar el calentamiento global (Tang *et al.* 2006). Según Yuste *et al.* (2007) las tasas de respiración del suelo dependen principalmente de la temperatura, humedad, usos y manejo del suelo. Los sistemas agroforestales tropicales, entre los cuales se encuentran los silvopastoriles (SSP) han sido reconocidos como potenciales para capturar y almacenar grandes cantidades de carbono (C) en la biomasa y en el suelo, comparado con el monocultivo de plantas y pasturas, además de funcionar como sumideros de CO₂ (Nair *et al.* 2010; Djomo *et al.* 2011). También se ha documentado que los SSP podrían convertirse en una alternativa tecnológica para reducir significativamente la deforestación de los bosques en las regiones tropicales y la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Mutuo *et al.* 2005). Cabe destacar que la región sureste de México, particularmente el estado de Tabasco, originalmente fue cubierta con bosque nativo, principalmente *Cedrela odorata*, *Swietenia microphylla*, *Cordia alliodora*, *Tabebuia rosea*, *Blepharidium mexicanum*, *Dialium guinense*, entre otras especies, pero a partir de los años 60's los bosques de la región Sierra entre ellos los del municipio de Tacotalpa fueron deforestados para dar paso a los pastizales en monocultivo para el pastoreo de ganado, y paulatinamente el establecimiento de cercas vivas con *Gliricidia sepium*. Actualmente, las cercas vivas constituyen la forma persistente de vegetación a lo largo de los paisajes ganaderos, ocupan grandes áreas y podrían cubrir áreas aún mayores. Sin embargo, a pesar de la importancia que estas tienen en términos de cobertura arbórea y el aumento constante de las emisiones de CO₂ atmosférico, las emisiones de CO₂ del suelo para cuantificar las pérdidas de C resultante de la conversión de áreas de bosque a pasturas han sido

Palabras clave: Flujos de CO₂ del suelo; emisión de gases de efecto invernadero; *Brachiaria decumbens*; cercas vivas; sistema silvopastoril; trópico húmedo.

escasamente estudiadas. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue cuantificar las tasas de respiración del suelo en dos sistemas ganaderos 1) con cercas vivas (CV) conformadas por árboles de *G. sepium* y 2) en monocultivo de pasto señal (MP) (*Brachiaria decumbens*); examinar la variación de los flujos en la época de lluvia y de seca, y las fluctuaciones durante el día, así como de la temperatura del suelo y la humedad relativa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Sierra del municipio de Tacotalpa, Tabasco, México, la cual se localiza en el sur del estado, en las coordenadas 17° 15' y 17° 45' N y los 90° 38' y 93° 46' O. El clima de la región está clasificado dentro de los cálidos húmedos Af (m) w³(i) g, con altas temperaturas y precipitaciones todo el año. La temperatura media anual es de 25 °C, siendo la máxima media mensual en junio de 43 a 45°C y la mínima media en diciembre de 18 a 21°C. El régimen de precipitaciones se caracteriza por un promedio de caída de agua de 3000 a 4000 mm por año, siendo un promedio máximo mensual de 569.7 mm en el mes de septiembre y un mínimo mensual de 167.4 mm en el mes de abril (INEGI, 2009).

Para el estudio se seleccionaron dos sistemas de producción ganaderos llamado en lo sucesivo tratamientos: (1) es un sistema ganadero que incluye CV conformadas por árboles de *G. sepium* de más de 12 años de edad, con una densidad de 90 árboles en 100 m y, una altura promedio total de 4.6 m, asociados con pasto señal (*B. decumbens*) de aproximadamente 15 años de edad. Las CV estuvieron conformadas en más del 95% por árboles de *G. sepium*; (2) un sistema ganadero de MP (sin cercas vivas), conformado por pasto señal (*B. decumbens*), con una edad aproximadamente de 27 años. En ambos sistemas de estudio, la topografía de los terrenos es plana, y están a una altitud de 50 msnm. La principal actividad es la cría intensiva de bovinos de la raza *Bos indicus* L. o Cebú, para la producción de carne, basados en un manejo rotacional diario y una carga animal que va de 1 a 5 UA/ha. Los suelos se caracterizan por ser rojos, arcillosos, profundos (1.5 a 2.0 m) y de pH ácido, con una textura franco arcillosa. Se clasifican como

leptosoles, rendzinas, vertisoles y fluvisoles (Palma *et al.* 2007). Se seleccionaron tres ranchos por cada tratamiento, en cada tratamiento se seleccionó de manera aleatoria nueve parcelas de muestreo (repeticiones). Las parcelas estuvieron orientadas de este a oeste y cada parcela midió 30 x 20 m. Todas las parcelas fueron cercadas con alambre de púas para evitar daños por el ganado.

La respiración del suelo fue medida *in situ* con una cámara cerrada dinámica EGM-4 (PP Systems, Hitchin, UK). Las mediciones se hicieron dos veces al mes en la estación de seca que comprendió los meses de abril a junio y en la estación lluviosa de julio a septiembre de 2012. En cada fecha de muestreo se realizaron mediciones 4 veces al día: 00:00 a 06:00 horas, de 06:00 a 12:00, de 12:00 a 18:00 y de 18:00 a 24:00 horas. Previo a las mediciones en cada punto de muestreo se retiró la capa de mantillo y se midió la respiración del suelo, la temperatura del mismo (°C) a 5 cm de profundidad y la humedad relativa (ambiental) a una altura de 1 m de la superficie del suelo con un data logger HOBO cada 30 segundos. Los datos fueron sometidos a un ANOVA donde se analizó el efecto del sistema, la época del año, y la interacción entre ambos factores sobre la emisión de CO₂ del suelo, la temperatura del suelo y

la humedad relativa. Adicionalmente, se analizó la influencia del horario de muestreo, en cada uno de los sistemas, y durante cada época del año. Finalmente, se utilizó una prueba de Tukey al 95% para declarar las diferencias estadísticas significativas. Los análisis fueron elaborados con el software Statistic versión 7.0 para Windows (StatSoft, Inc. 2007).

RESULTADOS

Las emisiones de CO₂ del suelo no mostraron diferencias significativas ($F= 2.55$, $P= 0.11$) entre los dos sistemas ganaderos, las CV emitieron 0.97 y el MP 1.01 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ (Fig. 1a). Sin embargo, la temperatura del suelo fue diferente ($F= 7.089$, $P= 0.008$), éstas fueron superiores en el sistema MP (Fig. 1b). Igualmente, la humedad relativa fue diferente ($F= 87.068$, $P= 0.001$) pero esta fue más alta en el sistema ganadero con CV (Fig. 1c). Lo anterior supone que entre sistemas éstas variables no influyeron en la respiración del suelo, fue tal vez la presencia de los árboles de *G. sepium* que, debido a la cantidad de hojarasca de los árboles que entra al sistema y el mantillo acumulado sobre la superficie del suelo coadyuvo a conservar la humedad por más tiempo al interior del sistema con CV.

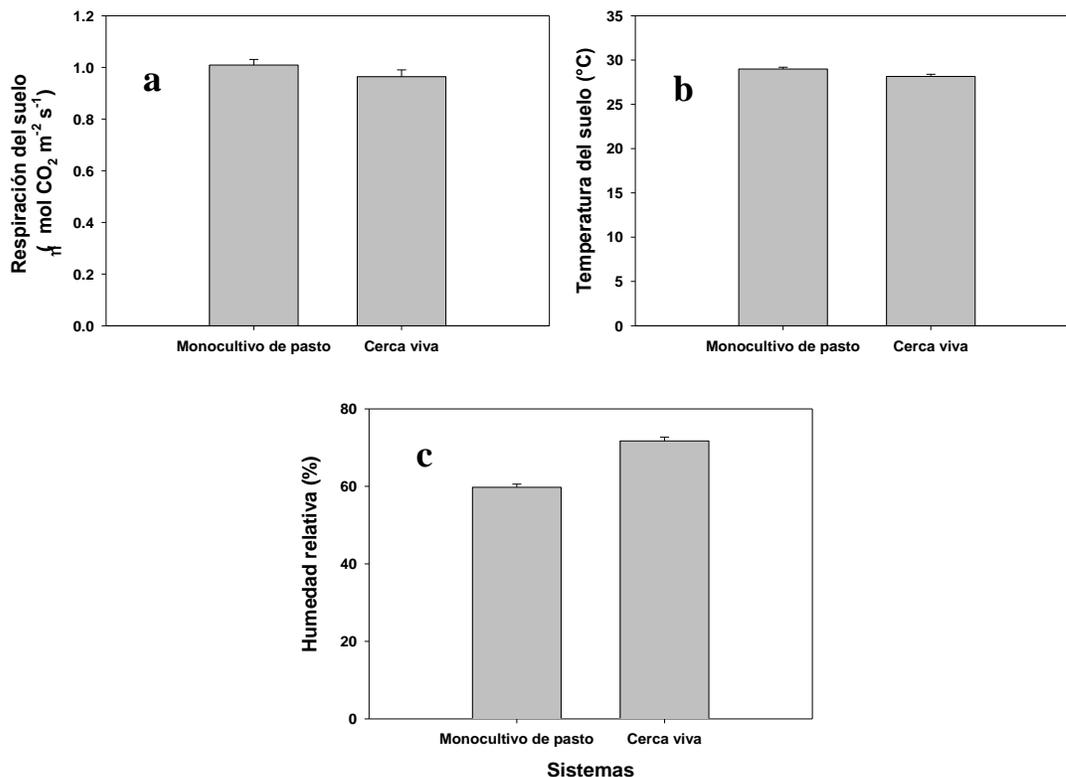


Figura 1. Variación de las emisiones de CO₂ (a), temperatura del suelo (b) y humedad relativa (c) en sistemas ganaderos con CV y MP.

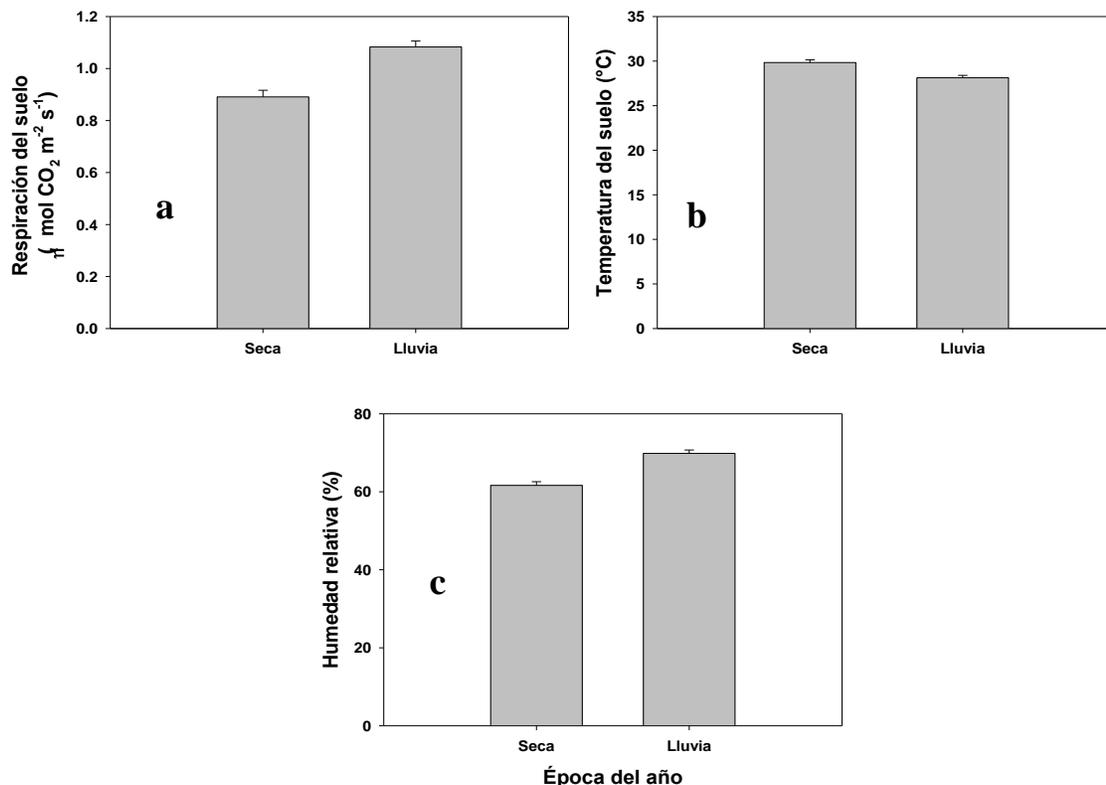


Figura 2. Variación estacional de los flujos de CO₂ (a), temperatura del suelo (b) y humedad relativa en sistemas ganaderos con CV y MP.

En relación a la estacionalidad las emisiones de CO₂ del suelo entre la estación de seca y de lluvia fueron diferentes ($F= 18.976, P= <0.001$), fueron superiores en la estación de lluvia ($1.1 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$) e inferiores en la época de seca ($0.90 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$) (Fig. 2a). La temperatura del suelo también fue diferente ($F= 7.089, P= 0.008$), fueron más altas en la época de seca ($29.19 \text{ }^\circ\text{C}$) en el sistema CV e inferiores en el MP en la época de lluvia ($27.95 \text{ }^\circ\text{C}$) (Fig. 2b). Igualmente, la humedad relativa fue diferente ($F= 87.068, P= 0.001$), fueron más altas en la época de lluvia (69.86%) en las CV e inferiores en la época de seca (61.62%) en el MP (Fig. 2c). Suponemos que las emisiones de CO₂ del suelo fueron mayores en la estación de lluvias, debido a que en este periodo la humedad relativa fue más alta, y la temperatura y la humedad edáfica más baja. Asimismo, porque en la época de lluvia existe una mayor entrada de hojarasca a través de la defoliación,

que durante el periodo de secas, cuando los árboles de *G. sepium* se encuentran desprovistos de sus hojas (en floración); al mayor crecimiento de las raíces finas y al incremento en la actividad de la respiración microbiana, resultado de la transformación de compuestos orgánicos a C por la actividad microbiana (Lou *et al.* 2003; Kutsch *et al.* 2010).

En relación con la interacción entre los dos sistemas y las época de seca y lluvia si hubo diferencias significativas ($F= 17.795, P <0.001$). En ambos sistemas los flujos de CO₂ del suelo fueron más altos en la época de lluvia, pero superiores en los sistemas ganaderos con CV. Asimismo, la humedad relativa también mostro diferencias ($F= 15.353, P <0.001$), con un comportamiento similar a los flujos del suelo. Mientras que la temperatura del suelo no mostro diferencias ($F= 15.841, P <0.001$).

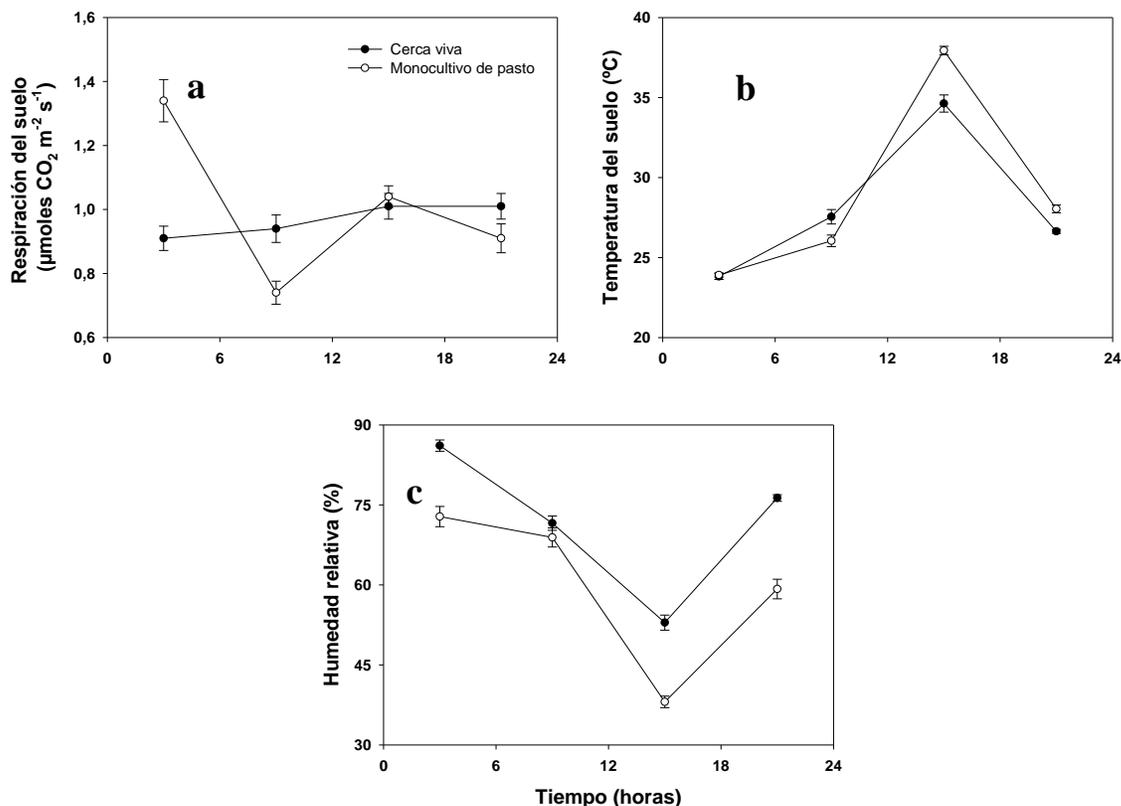


Figura 3. Variación diaria de las emisiones de CO₂ (a), temperatura del suelo (b) y humedad relativa en sistemas ganaderos con CV y MP.

Por otra parte, las fluctuaciones diarias en las emisiones de CO₂ del suelo en los cuatro horarios establecidos, mostraron diferencias significativas ($F=806.716$, $P<0.001$) de 00:00 a 06:00 horas y de 06:00 a 12:00 entre los dos sistemas ganaderos (Fig. 3a). En el sistema ganadero con CV el promedio de las emisiones de CO₂ del suelo durante el día fue de $0.94 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, inferior a las del MP ($1.01 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). En este sistema las emisiones del suelo fueron de $0.91 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en las horas nocturnas (00:00 a 06:00 horas), incrementa gradualmente conforme pasan las horas del día ($0.97 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de 06:00 a 12:00 horas), hasta alcanzar $1.01 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ al caer la noche (18:00 hasta las 24:00 horas). Mientras que el MP mostró un comportamiento diferente, en las horas nocturnas las emisiones del suelo fueron de $1.34 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ descendiendo significativamente de 00:06 a 12:00 horas y repite el mismo patrón en el resto de los horarios (Fig. 3a). Zhang *et al.* (2009) también encontraron que los flujos del suelo fueron más altos en horas nocturnas debido a que las condiciones de humedad en el suelo son mayores que durante el día, lo que favorece a la actividad microbiana que influyen en los flujos de CO₂ del suelo (Lou *et al.*

2003). En tanto que las fluctuaciones diarias de temperatura y humedad relativa, en los dos sistemas se observó que la temperatura fue diferente en todos los horarios exceptuando de 00:00 a 06:00 horas donde fueron más bajas y mayores de 12:00 a 18:00 horas. En los cuatro horarios las temperaturas fueron mayores en el MP exceptuando de 06:00 a 12:00 horas (Fig. 3b). Por su parte, la humedad relativa en los dos sistemas fue diferente en todos los horarios con excepción de 06:00 a 12:00 horas. Ésta fue superior de 00:00 a 06:00 horas e inferior de 12:00 a 18:00. En todos los horarios las CV mostraron los valores más altos de humedad y fueron mayores de 00:00 a 06:00 horas seguido de 18:00 a 24:00 (Fig. 3c).

CONCLUSIONES

Las tasas de respiración del suelo en sistemas ganaderos con CV conformados por árboles de *G. sepium* y en monocultivo de pasto presentaron un comportamiento similar, aun cuando fueron afectados por la temperatura del suelo y la humedad ambiental. Los mayores flujos de CO₂ del suelo ocurrieron en la estación lluviosa y en las horas nocturnas asociado

principalmente a bajas temperaturas y mayor humedad ambiental, y las menores en el periodo de secas y durante las primeras horas del día. Inferimos que fue la presencia de los árboles de *G. sepium* en el sistema ganadero con CV que favoreció un microambiente más estable dentro del sistema, causando que la temperatura del suelo fuera inferior y menos variable, y mayor la humedad ambiental, respecto al MP que presentaron temperaturas más altas y sensibles a cambios durante el día, y en consecuencia los flujos de CO₂ del suelo fueran más variables entre sistemas, estaciones y las horas del día.

REFERENCIAS

- Djomo, AN., Knohl, A., Gravenhorst, G. 2011. Estimations of total ecosystem carbon pools distribution and carbon biomass current annual increment of a moist tropical forest. *Forest Ecology and Management* 261:1448–1459.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) 2009. Censo Agropecuario 2007, VII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, México.
- Kutsch, WL., Persson, T., Schrumf, M., Moyano, FE., Mund, M., Andersson, S., Schulze, ED. 2010. Heterotrophic soil respiration and soil carbon dynamics in the deciduous Hainich forest obtained by three approaches. *Biogeochemistry* 100:167–183
- Lou, YS., Li, ZP., Zhang, TL. 2003. Carbon dioxide flux in a subtropical agricultural soil of china. *Water Air Soil Pollut* 149:281–293
- Nair, PKR., Nair, VD., Kumar, BM., Showalter, JM. 2010. Carbon sequestration in agroforestry systems. *Adv Agron* 108: 237–307.
- Palma, LDJ., Cisneros, DJ. Moreno, CE. 2007. Plan de Uso Sustentable de los Suelos de Tabasco. 3a. Ed. ISPROTAB-Fundación Produce Tabasco. Colegio de Posgraduados. Villahermosa, Tabasco, México. 196 p.
- Tang, XL., Zhou, GY., Liu, SG., Zhang, DQ., Liu, SZ., Li, J. 2006. Dependence of soil respiration on soil temperature and soil moisture in successional forests in Southern China. *J Integr Plant Biol* 48(6):654–663.
- Vargas, R., Detto, M., Baldocchi, DD., Allen, MF. 2010. Multiscale analysis of temporal variability of soil CO₂ production as influenced by weather and vegetation, *Glob. Change Biol.*, 16, 1589–1605.
- Xu, XK., Inubushi, K., Sakamoto, K. 2006. Effect of vegetations and temperature on microbial biomass carbon and metabolic quotients of temperate volcanic forest soils. *Geoderma* 136:310–319.
- Yuste, JC., Baldocchi, DD., Gershenson, A., Goldstein, A., Misson, L., Wong, S. 2007. Microbial soil respiration and its dependency on carbon inputs, soil temperature and moisture. *Glob Change Biol* 13:2018–2035.
- Zhang, L., Chen, Y., Li, W., Zhao, R. 2009. Abiotic regulators of soil respiration in desert ecosystems. *Environ Geol.* 57:1855–1864.