

Ikkonen, Elena;Ángeles-Cervantes, Efraín;García-Calderón, Norma E.
Producción de CO₂ en Andosoles afectados por incendios forestales en el Parque
Nacional El Chico, Hidalgo
TERRA Latinoamericana, Vol. 22, Núm. 4, octubre-diciembre, 2004, pp. 425-431
Universidad Autónoma Chapingo
México

Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57311096005>

TERRA
Latinoamericana

TERRA Latinoamericana
ISSN (Versión impresa): 0187-5779
terra@correo.chapingo.mx
Universidad Autónoma Chapingo
México

PRODUCCIÓN DE CO₂ EN ANDOSOLES AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN EL PARQUE NACIONAL EL CHICO, HIDALGO

CO₂ Production in Andosols Affected by Forest Fires in the National Park El Chico, Hidalgo

Elena Ikkonen¹, Efraín Ángeles-Cervantes² y Norma E. García-Calderón^{3‡}

RESUMEN

En el Parque Nacional “El Chico” se evaluó la dinámica de producción de CO₂ en suelos de bosques de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schlecht. et Cham. después de incendios superficiales leves y moderados, y se interpretó la dinámica de producción de CO₂ como un índice de la actividad biológica. Se ha comprobado que el efecto del incendio de copa moderado sobre la respiración del suelo es insignificante, ya que los valores de los flujos de CO₂ del suelo tres años después del incendio son iguales a los de los sitios afectados con incendios 35 años antes o no afectados con incendios. La respiración del suelo en sitios afectados con incendios superficiales en 1998 fue 1.8 veces menor que los afectados con incendios moderados: el flujo de CO₂ correspondió a valores de 0.036 y de 0.065 mg de CO₂ g⁻¹ de suelo seco día⁻¹, respectivamente.

Palabras clave: *Abies religiosa*, *Actividad biológica*, *respiración del suelo*.

SUMMARY

Soil respiration in soils of *Abies religiosa* (H.B.K.) Schlecht. et Cham. forests was evaluated in the National Park El Chico after forest fires of low and moderate intensities; the dynamics of CO₂ production was measured in these sites as an index of biological activity. It was shown that the effect of moderate forest fires on soil respiration is low, as the values of CO₂ fluxes from soil three years after the fire were similar to those of the sites affected by forest fires 35 years ago or not affected at all. Soil

respiration at sites affected by surface fires in 1998 was 1.8 times lower than at sites affected by moderate forest fire: CO₂ fluxes corresponded to values of 0.036 and 0.065 mg CO₂ g⁻¹ dry soil d⁻¹, respectively.

Index words: *Abies religiosa*, *Biological activity*, *soil respiration*.

INTRODUCCIÓN

La emisión de los gases de invernadero es un problema crucial en el medio ambiente, la combustión de combustibles fósiles y la deforestación producen emisiones de 6.6×10^{15} g de C año⁻¹ (Hagedorn *et al.*, 2001). La producción de bióxido de carbono por el suelo es un indicador indirecto de la actividad microbológica del suelo, ya que mide la tasa de respiración de los microorganismos (Wüthrich *et al.*, 2002).

Los incendios en los bosques generan la liberación de grandes cantidades de carbono en forma de bióxido de carbono. Se han estimado las pérdidas de CO₂ globales a partir de los ecosistemas terrestres debidas a los incendios, pero en general las mediciones ignoran la pérdida de C de los suelos. Los incendios también tienen un efecto indirecto sobre la emisión de los gases de invernadero a la atmósfera, porque los incendios forestales afectan la cantidad y calidad de la materia orgánica del suelo (Haslam *et al.*, 2001), así como su actividad biológica, que aumenta el consumo de energía por unidad de biomasa (Wüthrich *et al.*, 2002). Por eso, los incendios pueden reducir o aumentar el CO₂ del suelo en periodos de tiempo prolongados.

A escala internacional, los bosques del género *Abies* se han considerado como ecosistemas frágiles, sensibles a la contaminación y al cambio climático (Stocks y Kasischke, 2000). En México, estos bosques están constituidos principalmente por *Abies religiosa* (H.B.K.) Schlecht. et Cham. y han reducido su extensión por factores como tala, plagas, enfermedades, contaminación ambiental y malas prácticas de manejo forestal. Además, presentan escasa o nula regeneración y las reforestaciones en las

¹ Instituto de Biología, Centro de Investigación de Karelia, Academia Rusa de Ciencias. Petrozavodsk, Rusia.

² Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

³ Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

‡ Autor responsable (negc@hp.fciencias.unam.mx)

que se ha utilizado esta especie, han tenido poco éxito. En el Parque Nacional "El Chico", se observó la regeneración de *Abies religiosa* después de incendios con diferente intensidad. Como la dinámica de producción de CO₂ es un índice de la actividad biológica en el suelo, se le midió como un parámetro de su recuperación en los sitios afectados por incendios. También se evaluó el efecto de la humedad del suelo sobre la intensidad del flujo de CO₂. Además, se presenta un experimento metodológico sobre el efecto de la masa de la muestra en la intensidad del flujo del gas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Parque Nacional "El Chico" se ubica en el Estado de Hidalgo, aproximadamente a 24 km al noroeste de la ciudad de Pachuca, en el extremo occidental de la Sierra de Pachuca, perteneciente a la Sierra Madre Oriental. El parque se ubica entre 20° 10' 10" y 20° 13' 25" N y entre 98° 41' 50" y 98° 46' 02" O; el sitio a 20° 11' 20" N y 98° 43' 12" O. Este parque posee una topografía de pendientes abruptas y escarpadas cuyas elevaciones fluctúan entre 2500 y 3100 msnm.

Las formaciones geológicas de la región derivan de rocas ígneas, principalmente del tipo andesita.

El clima del Parque corresponde a un clima templado húmedo, con precipitación del mes más seco menor que 40 mm, presenta un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10% del total anual, con 2 máximos de lluvias separados por estaciones secas: una de mayor duración, en invierno, y otra de corta duración en medio de la estación lluviosa de verano. Las primeras lluvias aparecen, en general, en mayo y se extienden hasta octubre.

El principal tipo de vegetación es el bosque de *Abies religiosa* y, en menor extensión, la asociación *Abies* – *Quercus* y Bosques de *Quercus*. Las especies de encinos más frecuentes son *Quercus laurina*, *Q. rugosa* y *Q. texcocana*.

El bosque de *A. religiosa* presenta un estrato herbáceo y arbustivo escaso entre los que destacan *Senecio angustifolius* D. C., *Juniperus monticola* f. *compacta* Martínez, *Stevia jorullensis* H.B.K., *Acaena elongata* L., *Alchemilla procumbens* Rose *Potentilla ehrenbergiana* Schlecht., *Sibthorpia repens* (Mutis ex L.F.) O. Kuntze, *Salvia elegans* Vahl. y una abundante cubierta de musgo de *Thuidium delicatulum* (Hedw.) B.S.G.

Durante los meses de mayo y junio de 1998, se presentaron incendios forestales en varias zonas del Parque. En agosto de 1998, después de recorrer varias de ellas, se localizó una zona ubicada aproximadamente en el km 13 de la carretera Pachuca-Mineral El Chico, que representaba los diferentes tipos de incendios y, de acuerdo con Shvidenko y Nilsson (2000), se clasificaron como incendio superficial, incendio de copa moderado e incendio de copa severo.

Los sitios de este estudio fueron afectados por incendios de copa moderada. En este tipo de incendio se afectaron estratos herbáceo, arbustivo y varios individuos del estrato arbóreo, sin embargo, permanecieron vivos varios individuos adultos, en general los más grandes de 40 a 50 m de altura, con aproximadamente 30 árboles vivos ha⁻¹. La huella de los incendios alcanza una altura en el fuste hasta 8 m. En la actualidad, los estratos arbustivo y herbáceo son muy abundantes y alcanzan desarrollos hasta de 3 m de alto. Las especies que destacan en estos estratos son: *Abies religiosa* (H.B.K.) Schlecht. & Cham., *Eupatorium glabratum* H.B.K., *Buddleia cordata* H.B.K., *Symphoricarpos microphyllus* H.B.K., *Senecio angulifolius* D.C., *Verbena elegans* H.B.K., *Gnaphalium* sp., *Alchemilla procumbens* Rose. y *Ribes affine* H.B.K. y ocupan un área de aproximadamente dos hectáreas. El suelo es un Andosol húmico, con una profundidad máxima de 130 cm.

La temperatura del suelo, medida con un termómetro para semisólidos, varía de 7 a 10 °C en invierno, hasta 20 °C durante el verano, y la temperatura es de aproximadamente 15 a 20 °C durante la época de lluvias.

La humedad disponible del suelo, estimada con un humidímetro Kelwey, en los primeros 10 cm, varía de 5 a 10% en marzo-abril hasta 60% en septiembre.

La temperatura ambiental superficial, medida con un termohidrómetro TEL-TRU mod. PT50R, a 5 cm sobre la superficie del suelo, varía de 3 °C, en invierno, hasta 30 °C de mayo-agosto; el promedio en los meses de verano es de 20 °C.

La humedad ambiental, medida a 5 cm sobre la superficie del suelo, varía desde 15% en marzo-abril, hasta 100% en septiembre.

Las muestras de suelo para la evaluación de los flujos de CO₂ se tomaron en cuatro sitios forestales del Parque Nacional El Chico, el 29 de noviembre de 2002.

Primer sitio: bosque afectado por un incendio superficial (leve) en 1998; situado en una barranca, donde la regeneración es escasa.

Segundo sitio: bosque afectado por un incendio de copa moderado en 1998; situado en una montaña, donde la regeneración es muy abundante.

Tercer sitio: bosque afectado hace 35 años por un incendio de copa moderado, con regeneración muy abundante.

Cuarto sitio: bosque no afectado por incendios.

El muestreo y la transportación de las muestras se efectuaron de la siguiente manera. De la superficie del suelo se limpió con cuidado el mantillo. Después, se obtuvo un monolito del suelo de un área de 15 × 20 cm y de 10 cm de profundidad, cortándolo de la capa superficial del suelo. Éste se cubrió con una película de polivinilcloruro para prevenir el contacto con el oxígeno de la atmósfera y para disminuir el proceso de mineralización de la materia orgánica del suelo. Los monolitos se transportaron al laboratorio y se mantuvieron hasta el inicio del experimento en un congelador.

Al tercer día después del muestreo, cada uno de los monolitos se separó en 7 a 8 muestras, obteniendo un total de 30 muestras del suelo (repeticiones biológicas). La masa de las muestras de suelo absolutamente seco varió entre 80 y 150 g. Todas las raíces y piedras del tamaño visible se eliminaron del suelo con cuidado. Cada muestra se colocó en un cilindro de polivinilcloruro, ajustando al suelo en el fondo y las paredes del cilindro. Sólo la superficie de la muestra tuvo contacto directo con la atmósfera.

Cuatro muestras de cada monolito se humedecieron con agua destilada en varias cantidades para evaluar el efecto de la humedad del suelo sobre la intensidad de la productividad de bióxido de carbono. Para prevenir la desecación excesiva de las muestras, durante todo el experimento se cubrieron con papel húmedo, que no impedía el intercambio de gases entre el suelo y el aire.

El momento de separación de los monolitos se consideró como el inicio del experimento. La muestra se incubó a 25 °C. Las primeras evaluaciones de los flujos del CO₂ se hicieron el día posterior a la separación de los monolitos. Se consideró que, durante este tiempo, el equilibrio de las fases se estabilizaba en el suelo, y todo el gas producido por el volumen de la muestra difundía libremente al aire. Los flujos del CO₂ se analizaron durante ocho días con una frecuencia de una vez cada dos días en

tres repeticiones. La mitad de las muestras se analizó cada día.

La intensidad del flujo del CO₂ se evaluó con el analizador de gases infrarrojo (DX6000, ©RMT Ltd., Rusia) conectado a una Laptop Toshiba 2215 XCDS. La muestra del suelo se colocó en una cámara de metal cubierta herméticamente con una copa, con un ventilador agregado y conectada con el analizador por un sistema de tubos. El volumen del aire en el sistema "cámara – tubos de conexión – analizador" se mantuvo estrictamente constante. El ventilador en el sistema de investigación es necesario para igualar y estabilizar la concentración de bióxido de carbono en todo el volumen del sistema y para acelerar el contacto del gas producido con el equipo de evaluación del analizador.

La intensidad del flujo del gas se evaluó por la velocidad del aumento de concentración del CO₂ en el espacio cerrado de volumen conocido. Para recalcular la concentración del bióxido de carbono de los valores en porcentaje del volumen con respecto a los valores de la masa, se utilizó la ecuación de Mendeleev-Klaiperon (Smagin, 2000).

Después de colocar la muestra en la cámara para evaluar el intercambio de CO₂ y de cerrar herméticamente el sistema, fue necesario esperar durante un minuto para que se produjera el equilibrio en el contenido de CO₂ en todo el volumen del aire del sistema. Luego se registró el cambio de la concentración del gas durante 3 min con una frecuencia de una evaluación por segundo.

Después de terminar con el ciclo de evaluación, las muestras de suelo se secaron a la temperatura de 105 °C para evaluar el peso en seco absoluto y su contenido de humedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración inicial del CO₂ en el sistema de evaluación varió de 350 a 450 mg kg⁻¹. Estos valores dependen directamente de las concentraciones de bióxido de carbono en el laboratorio donde se realizó el experimento. El análisis de correlación no mostró efecto de variación de las concentraciones del CO₂ en este diapasón con respecto a la producción de bióxido de carbono de la muestra. El relativamente corto período de tiempo de exposición de la muestra en la cámara es suficiente para el registro de la velocidad de producción del gas. Sin embargo, el aumento de la cantidad del CO₂ no es tan grande como para afectar la dinámica del flujo del gas en el suelo.

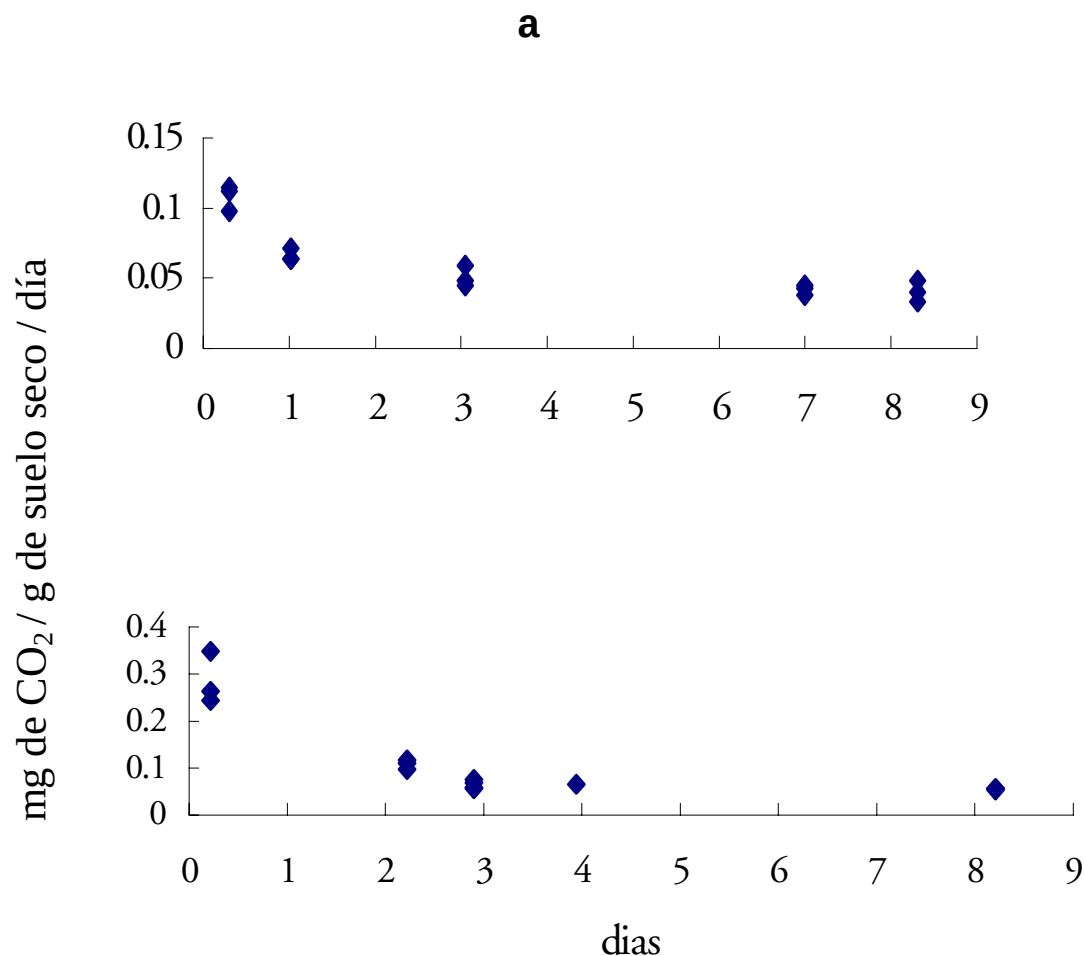


Figura 1. Dinámica de producción de CO₂ en muestras tomadas al azar; a corresponde a una de las muestras del Sitio 2 y b a una de las muestras del Sitio 3.

La producción de bióxido de carbono en los suelos estudiados no fue permanente durante todo el experimento. Para obtener el tiempo necesario para la estabilización de los flujos del CO₂ de los suelos se valoró la dinámica de la emisión del gas de las muestras al azar de varios sitios. Algunos de los resultados sobre la dinámica de los flujos están delineados en la Figura 1. Todas las muestras tienen valores de flujo más elevados al inicio del experimento y éstos se estabilizan en los días 3 y 4. Algunos autores (Powlson, 1980; Magnusson, 1993; Pannikov *et al.*, 1997) también notaron el aumento en la intensidad de descomposición de la materia orgánica del suelo en el periodo inicial después de la toma y perturbación de la muestra. En general, este hecho se explica por el aumento de la aireación del suelo después de desordenar su estructura, exposición de las zonas anaerobias y la agitación del sustrato y

las comunidades de microorganismos. Larionova *et al.* (2001) notaron que el efecto del desorden de la estructura del suelo es resultado del muestreo continuo durante dos a tres días. Por lo tanto, se considera que el proceso de producción del gas es permanente. Los resultados del presente estudio son similares a los de Larionova *et al.* (2001).

La intensidad del flujo de CO₂ del suelo, después de humedecerlo hasta 90%, es baja en los dos primeros días (Figura 2). Con posterioridad, el flujo se estabiliza en un valor más alto que al principio. Los valores bajos de los flujos al inicio del experimento se explican por la disolución del CO₂ en el agua del suelo y por su difusión lenta en los poros ocupados con agua.

En las Figuras 1 y 2, se advierte un leve aumento de los flujos después de tres a cuatro días del experimento, en el período de estabilidad relativa.

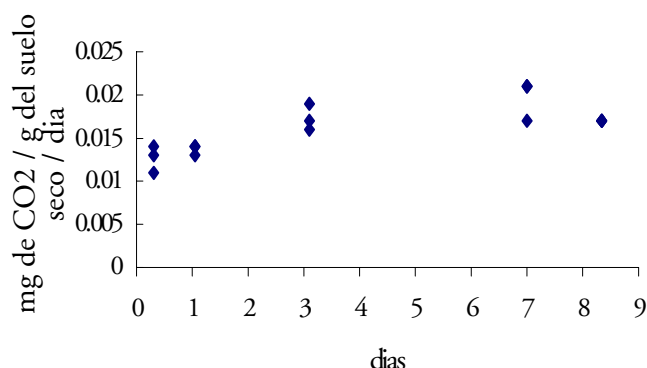


Figura 2. Dinámica de producción de CO₂ de una muestra del Sitio 1 con 90% de humedad.

Esta disminución en la intensidad de producción del CO₂ puede deberse al término del consumo de los componentes frágiles de la materia orgánica del suelo. También, aunque se tengan las medidas necesarias para proteger las muestras de la desecación, el suelo pierde un poco de humedad. Entonces, por las razones anotadas, sólo los resultados del último día del experimento se utilizaron para los cálculos.

Los valores promedio de la producción de bióxido de carbono de las repeticiones biológicas y analíticas para los cuatro sitios se presentan en el Cuadro 1.

La intensidad de los procesos bióticos y abióticos, responsables de la producción de bióxido de carbono en los horizontes superficiales del suelo, es similar en los Sitios 2, 3 y 4. Para el Sitio 1, la intensidad de la producción de CO₂ es 1.8 veces menor que en los suelos de los otros sitios e igual a 0.036 mg de CO₂ g⁻¹ de suelo seco día⁻¹; se considera que la respiración del suelo corresponde con la regeneración de los árboles después del incendio leve.

De las investigaciones de Larionova *et al.* (2001), se observa que la intensidad de producción del CO₂ en las capas superficiales de los suelos grises (Phaeozems gréyicos) de los bosques templados de

Rusia Mediaeuropea es en promedio 0.06 a 0.07 mg de CO₂ g⁻¹ de suelo seco día⁻¹. En los suelos orgánicos (Histosoles) de las zonas templadas, la producción del gas es más alta, 0.10 a 0.70 mg de CO₂ g⁻¹ de suelo seco día⁻¹, y la producción potencial puede ser hasta 5.0 mg de CO₂ g⁻¹ de suelo seco día⁻¹ (Prozorova, 1988; Hogg, 1993; Moore y Dalva, 1993, 1997). En México, la producción de CO₂ en suelos regados con aguas residuales presenta variaciones entre 0.09 y 0.19 mg de CO₂ g⁻¹ de suelo seco día⁻¹ (Galicia *et al.*, 2000), mientras que en suelos subtropicales (García-Calderón *et al.*, 2001) los valores son entre 2.0 y 6.3 mg de CO₂ g de suelo seco día⁻¹. Adams *et al.* (2002) reportaron producción de 0.07 a 0.16 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ en horizontes hísticos y mólicos y de 0.05 a 0.08 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ en Regosoles dísticos y aluviales con praderas contaminadas por petróleo del sureste del país; en general, los valores obtenidos para los sitios estudiados en el Parque Natural El Chico corresponden con los obtenidos en ecosistemas de zonas templadas y subtropicales.

La dependencia de la intensidad de producción de bióxido de carbono con la humedad del suelo se caracteriza por una función potencial, con un coeficiente de correlación de 0.43 en el rango de 40 a 100% de humedad (Figura 3). Los valores más altos de los flujos del gas se observan cuando la humedad del suelo varía entre 75 y 85%. Por lo tanto, el aumento de humedad mayor que estos valores puede resultar en la disminución de la velocidad de producción del CO₂. La diferencia en valores para la misma humedad puede ser explicada con la diferencia en la porosidad de las muestras del suelo, porque éstas tienen densidad aparente variable (0.7 a 0.9 g cm⁻²).

Las diferencias de la masa en seco de las muestras de suelo resultaron en la variación de los valores de producción del CO₂ (Figura 4). La dependencia tiene el carácter lineal en el aumento de los flujos de gas, con la consecuente disminución de la masa de la muestra; el coeficiente de correlación es 0.45.

Cuadro 1. Intensidad de la producción de CO₂ (mg de CO₂ g⁻¹ de suelo seco día⁻¹) en la capa superficial de los Andosoles.

	Sitio 1 (incendio en 1998, regeneración escasa)	Sitio 2 (incendio en 1998, regeneración muy abundante)	Sitio 3 (incendio de 30-40 años, regeneración abundante)	Sitio 4 (sin incendio)
Promedio	0.036±0.004	0.064±0.012	0.064±0.008	0.065±0.004
Max.	0.050	0.126	0.104	0.082
Min.	0.017	0.033	0.037	0.042
N	21	20	20	24

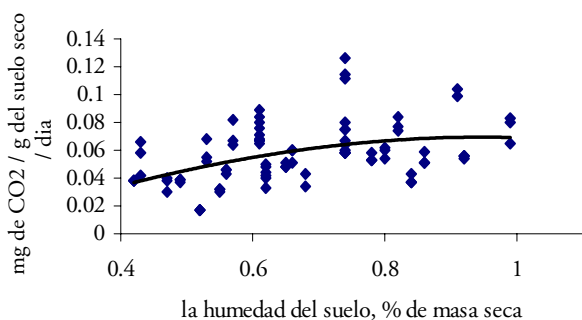


Figura 3. Producción de CO₂ de las muestras con diferentes humedades.

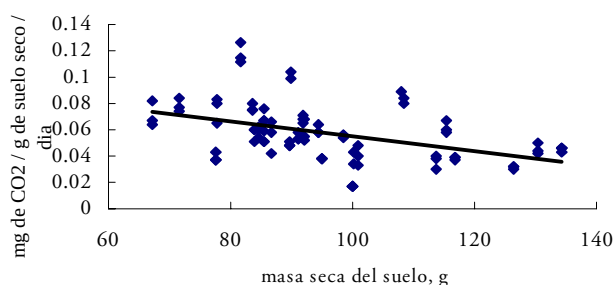


Figura 4. Producción de CO₂ de las muestras con diferente masa.

La tendencia del aumento en la intensidad de producción de CO₂ en las muestras más pequeñas resulta de la penetración del oxígeno con mayor facilidad hacia el interior de todas las superficies de los agregados del suelo. Si las muestras de diferente masa tienen volúmenes iguales, la diferencia en la intensidad de producción del CO₂ puede ser el resultado de la variación en la porosidad del suelo. Por tal motivo, los datos de la respiración del suelo en un experimento de laboratorio deben compararse con cuidado, y se debe tener en cuenta que la intensidad del flujo depende de la masa de la muestra del suelo.

CONCLUSIONES

- En la capa superficial de los Andosoles húmicos en el Parque Nacional El Chico, la intensidad de flujo de bióxido de carbono es de 0.065 ± 0.004 mg de CO₂ g⁻¹ de suelo seco día⁻¹ a 25 °C de temperatura.
- El efecto del incendio de copa moderado sobre la respiración del suelo no es grande, ya que los valores de los flujos de CO₂ del suelo tres años después del incendio con alta regeneración son iguales a los de los

sitios afectados con incendios 35 años antes o no afectados con incendios.

- En el sitio con incendio superficial leve, la regeneración escasa corresponde con la actividad biológica baja y con la menor respiración del suelo (0.036 mg de CO₂ g⁻¹ de suelo seco día⁻¹).

- La intensidad máxima del flujo se obtuvo entre 75 a 85% de humedad del suelo.

LITERATURA CITADA

- Adams-Schroeder, R.H., V.I. Domínguez-Rodríguez y L. Vinalay-Carrillo. 2002. Evaluation of microbial respiration and ecotoxicity in contaminated soils representative of the petroleum-producing region of Southeastern México. *Terra* 20: 253-265.
- Galicia-Palacios, M.S., G. Almendros, N. García-Calderón. 2000. Mineralización del carbono en suelos cultivados del DDR 063 Mezquital, Edo. de Hidalgo. pp. 383-389. *In*: Quintero Lizaola, R., T. Reyna, L. Corlay-Chee, A. Ibáñez y N. García-Calderón. La Edafología y sus perspectivas al Siglo XXI. Tomo I. Colegio de Postgraduados-Universidad Nacional Autónoma de México-Universidad Autónoma Chapingo. México, D.F.
- García-Calderón, N., E. Romero, S. Galicia, A. Ibáñez, B. Platero, R. Ramos y G. Almendros. 2001. Behavior of the soil biogeochemical cycles on control sites of coffee growing agroecosystems from Pluma Hidalgo, Oaxaca (Mexico). pp. 343-344. *In*: Weber, J., E. Jamroz, J. Drozd y A. Karczewska (eds.). Biogeochemical processes and cycling of elements in the environment. Polish Society of Humic Substances. Wroclaw, Poland.
- Hagedorn, F., S. Maurer, P. Egli, P. Blaser, J. B. Bucher y R. Siegwolf. 2001. Carbon sequestration in forest soils: Effects of soil type, atmospheric CO₂ enrichment, and N deposition. *European J. Soil Sci.* 52: 619-628.
- Haslam, S.F.I., D.W. Hopkins y J.A. Chudek. 2001. Carbon dynamics in upland soils after serious fires. pp. 337-342. *In*: Rees, R.M., B.C. Ball, C.D. Campbell y C.A. Watson. Sustainable management of soil organic matter. CAB-International. Wallingford, UK.
- Hogg, E.H. 1993. Decay potential of hummock and hollow Sphagnum peats at different depths in a Swedish raised bog. *Oikos* 66: 269-278.
- Larionova, A.A., L.N. Rosanova, T.S. Demkina, I.V. Yevdokimov y S.A. Blagodatsky. 2001. Annual Emission of CO₂ from Gray Forest Soils. *Euras. Soil Sci.* 34: 61-68.
- Magnusson, T. 1993. Carbon dioxide and methane formation in forest mineral and peat soils during aerobic and anaerobic incubation. *Soil Biol. Biochem.* 25: 877-883.
- Moore, T.R. y M. Dalva 1993. The influence of temperature and water table position on methane and carbon dioxide emissions from laboratory columns of peatland soils. *J. Soil Sci.* 44: 651-669.
- Moore, T.R. y M. Dalva 1997. Methane and carbon dioxide exchange potentials of peat soils in aerobic and anaerobic laboratory incubations. *Soil. Biol. Biochem.* 29: 1157-1164.
- Pannikov, N.S., D.V. Nizovtseva, A.M. Semenov y M.V. Sizova. 1997. The dynamics of respiration activity of microorganisms in an oligotrophic mire and a coincided upland soil. *Microbiologia* 66: 160-164. (En Ruso)

- Powlson, D.S. 1980. The effect of grinding on microbial and non-microbial organic matter in soil. *J. Soil Sci.* 31: 77-85.
- Prozorova, M.I. 1988. The effect of humidity and temperature on the velocity of peat mineralization. *Ekologia* 2: 3-7. (En Ruso).
- Shvidenko, A.Z. y S. Nilsson. 2000. Extent, distribution, and ecological role of fire in Russian forest. pp. 132-150. *In*: Kasischke, E. y B. Stocks (eds.). Fire, climate change and carbon cycling in the Boreal forest. *Ecological Studies* 138. Springer Verlag. New York.
- Smagin, A.V. 2000. Gaseous phase of soil. Moscow State University. Publ. House. (En Ruso). Moscow, Rusia.
- Stocks, B.J. y E. Kasischke. 2000. Information requirements and fire management and policy issues. pp. 7-18. *In*: Kasischke, E. y B. Stocks (eds.). Fire, climate change and carbon cycling in the Boreal forest. *Ecological Studies* 138. Springer Verlag. New York.
- Wüthrich, C., D. Schaub, M. Webe, P. Marxer y M. Conedera. 2002. Soil respiration and soil microbial biomass after fire in a sweet chestnut forest in southern Switzerland. *Catena* 48: 201-215.