



## A4-552 ¿Es una sabana nativa un sumidero de carbono? ¿Y cuáles son los cambios que se generan al convertirse en un pastizal?

N. Nikonova<sup>A\*</sup>, J. San José<sup>A</sup>, R. Montes<sup>B</sup>, C. Buendía<sup>A</sup>, C. Méndez<sup>A</sup>, M. Moreno<sup>A</sup>, A. Felicien<sup>A</sup>

<sup>A</sup>Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, AP 20632, Caracas 1020-A, Venezuela

<sup>B</sup>Universidad Simón Bolívar, AP 89000, Caracas 1080-A, Venezuela

\*[nnikonov@ivic.gob.ve](mailto:nnikonov@ivic.gob.ve), [montes.ra@gmail.com](mailto:montes.ra@gmail.com), [cbuendia@ivic.gob.ve](mailto:cbuendia@ivic.gob.ve), [cmendez@ivic.gob.ve](mailto:cmendez@ivic.gob.ve), [mmoreno@ivic.gob.ve](mailto:mmoreno@ivic.gob.ve), [afelicie@ivic.gob.ve](mailto:afelicie@ivic.gob.ve)

### Resumen

Como parte de los cambios de uso del suelo en las tierras bajas del Orinoco, las sabanas han sido reemplazadas por *Brachiaria*. La pregunta que sigue sin respuesta es: ¿cómo la sustitución de la vegetación nativa afecta el intercambio de CO<sub>2</sub> en las escalas estacionales y anuales? Para evaluar los intercambios de carbono, hemos determinado los flujos de CO<sub>2</sub> por el método Eddy, y los flujos de CO<sub>2</sub> del suelo. La dinámica fuente/sumidero del carbono en los dos casos difiere notablemente. Mediciones anuales de la producción neta del ecosistema indican que *Brachiaria* constituyó un sumidero de carbono de 216 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>. Por el contrario, la sabana presentó un estado equilibrado de carbono (36 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>). La respiración estacional del ecosistema estuvo linealmente relacionada con la producción estacional primaria bruta en una proporción de 53%. La captación de carbono fue limitada por el contenido volumétrico de agua en el suelo como se reflejó en la eficiencia del uso del agua.

**Palabras clave:** llanos del Orinoco; pastura africana; covarianza Eddy; sabana nativa.

### Abstract

After land use changes in the Orinoco lowlands, savannas have been replaced by *Brachiaria* pasture. Question that remain unanswered include: how do the replacement of the native vegetation affect the exchange of CO<sub>2</sub> on the seasonal and annual course. To address the inquires, we determined the CO<sub>2</sub> fluxes by eddy covariance and soil CO<sub>2</sub> efflux system. The carbon source/sink dynamics over the two canopies differed markedly. Annual measurements of the Net Ecosystem Production indicated that the *Brachiaria* field was a carbon sink of 216 g C m<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup>. However, this carbon accumulation by the ecosystem is trading for water losses. By contrast, the savanna stand presented a balanced carbon status (36 g C m<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup>). Seasonal ecosystem respiration was linearly related to seasonal gross primary production and the proportion of 53 percent. Carbon uptake was limited for the volumetric soil water content as reflected by the water use efficiency.

**Keywords :** Orinoco lowlands; african pasture; Eddy covariance; native savanna.

### Introducción

Recientemente, el impacto socio-económico de las tecnologías de altos insumos ha fomentado la cultura del forraje y la extensión de cultivos en las sabanas neotropicales, para superar de esta manera las limitaciones impuestas por la baja producción de materia orgánica, contenido de proteínas y minerales. Así, *Brachiaria* representa actualmente el género de gramínea más cultivado en el neotrópico por su alto rendimiento forrajero.

Si bien es conocida la capacidad de secuestrar carbono por las gramíneas africanas como *Brachiaria*, los procesos que controlan los flujos de CO<sub>2</sub> bajo las condiciones ambientales neotropicales aún son poco conocidos. Se hace entonces necesario predecir cómo *Brachiaria* responde a los cambios ambientales y como la forma de manejo de la tierra podría afectar a esos procesos.

El objetivo general de este trabajo fue comprobar los cambios que experimenta una sabana nativa al convertirse en un pastizal en relación del intercambio de CO<sub>2</sub>.

## **Metodología**

Este estudio se llevó a cabo en las planicies del Orinoco, específicamente en la Estación Experimental de la Universidad de Oriente (9 ° 45 'N, 63 ° 27' W) en el estado Monagas, Venezuela. El mosaico de vegetación está constituido por un pastizal de *Brachiaria decumbens* (L) Staff, el cual había sido cultivado y pastoreado durante nueve años y una sabana herbácea con una cobertura leñosa < al 3% sobre una extensión de 20 ha por tratamiento, sin repeticiones (como suele establecer el método de covarianza de torbellino), se estimó el flujo de masa y energía.

### *Mediciones micrometeorológicas*

Mediciones micrometeorológicas simultáneas de flujos CO<sub>2</sub> y de vapor de agua se realizaron en las dos parcelas, mediante la técnica de covarianza de torbellinos (Aubinet et al. 2000, Aubinet et al. 2002) durante las temporadas de sequía y húmeda. Los componentes del balance de carbono fueron calculados de acuerdo a Ruimy et al. (1995).

### *Flujo de CO<sub>2</sub> del suelo*

En ambas parcelas, las emisiones horarias de CO<sub>2</sub> del suelo fueron medidas mediante un analizador infrarrojo de gases (LI-6200) usando al azar una cámara de respiración del suelo (LI-6000-09). Simultáneamente, se colectaron datos de la temperatura del suelo. Así mismo, en cada parcela la respiración edáfica heterotrófica fue medida como señala Hanson et al. (1993). Se midieron las emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo a una temperatura constante (10°C) en función del contenido de agua en el suelo.

### *Almacenamiento de carbono y el área foliar en el stand*

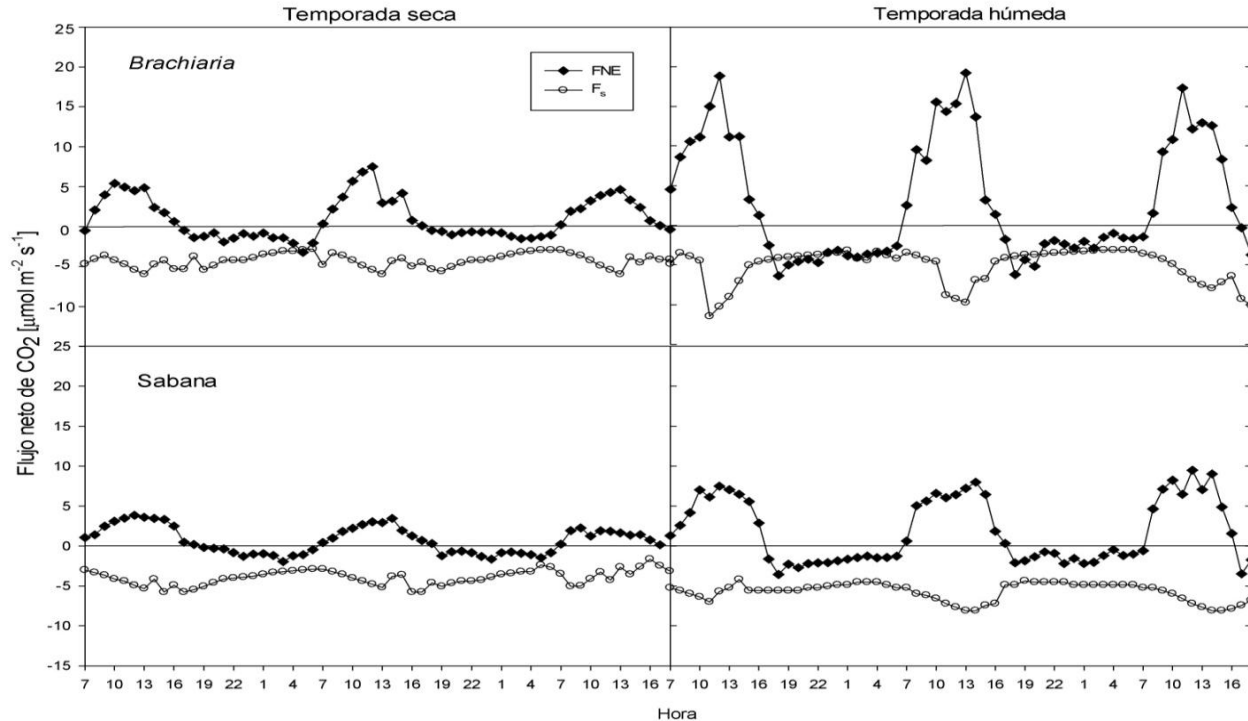
En cada parcela, el contenido de carbono aéreo y subterráneo fue determinado. La densidad de carbono en la masa seca de la vegetación fue calculada como la proporción de carbono en la vegetación (43%) reportado por Hedges et al. (1986). La fitomasa aérea y subterránea fue determinada por el método de la cosecha. El índice de área foliar fue determinado mensualmente mediante un analizador de dosel (Li-corrLAI-2000).

## **Resultados y discusión**

### *El flujo neto del ecosistema*

Se analizaron las variables ambientales para explicar las diferencias en el flujo neto del ecosistema (FNE) durante diástipos de las estaciones seca y húmeda (Figura 1). Los resultados mostraron que durante la estación seca, NEF en la noche fue menor en el campo de *Brachiaria* en comparación con la sabana herbácea. Durante la estación húmeda, el flujo nocturno de salida de (NEF) sobre la *Brachiaria* y la sabana herbácea varió desde -0,3 a -6,3  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y -0,4

a  $-3,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente. Para ambos stands, la NEF nocturno máximo fue de 33 y 38% del flujo neto máximo diurno de los ecosistemas, respectivamente.



**FIGURA 1.** Díastípicos del flujo neto del ecosistema en la estación seca y húmeda (FNE) y el flujo de  $\text{CO}_2$  del suelo ( $F_s$ ) en el campo de *Brachiaria* y una sabana de los llanos del Orinoco. Los datos corresponden a las mediciones realizadas durante la estación seca del 12 al 14 de marzo y durante la temporada de lluvias es del 10 al 12 de octubre.

La relación entre las emisiones horarias de  $\text{CO}_2$  del suelo ( $F_s$ ) y la temperatura del suelo mostraron diferentes sensibilidades a la temperatura para ambos parcelas y las estaciones. Sin embargo, la emisión de  $\text{CO}_2$  del suelo fue el principal componente de la respiración del ecosistema, ya que el efecto estacional del contenido volumétrico de agua en el suelo ( $\theta$ ) y la estructura del dosel fueron más significativos que el efecto de la temperatura. Además, de los factores antes mencionados, las diferencias diarias entre las parcelas en  $F_s$  pueden estar relacionadas con las variaciones en la incorporación de residuos vegetales y en el contenido de carbono en el suelo (Tabla 1).

**TABLA 1.** Contenido de carbono en la vegetación y en el suelo, producción primaria neta e índice de área foliar en un pastizal de *Brachiaria* y una sabana herbácea en los llanos del Orinoco.

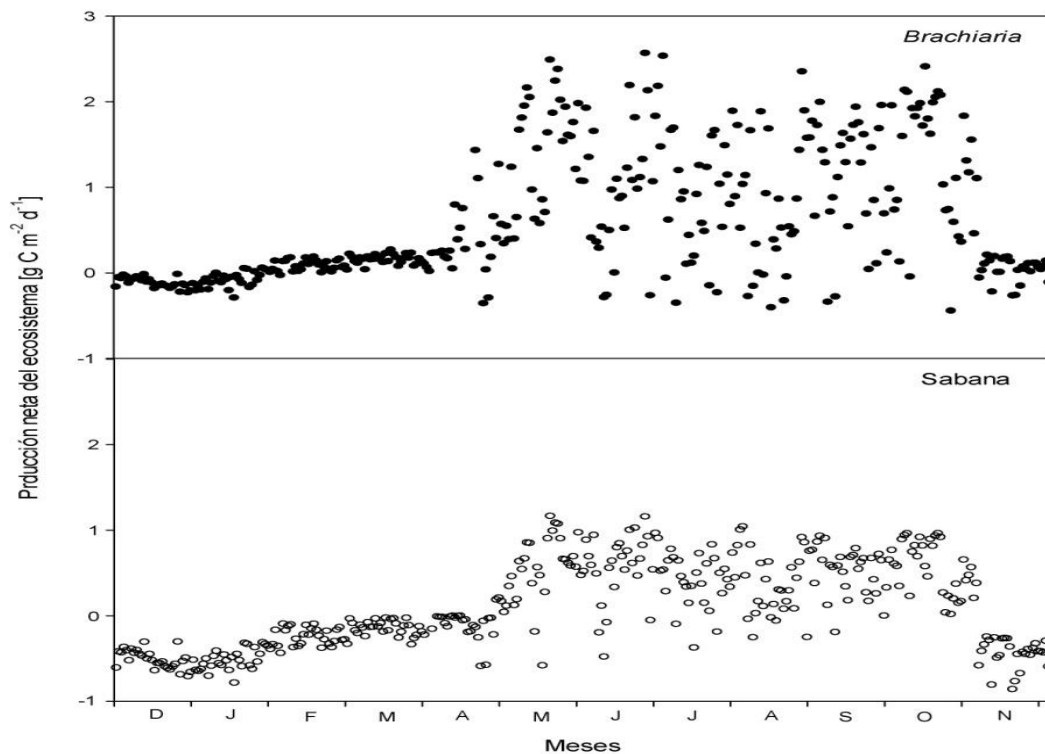
|   | <i>Brachiaria</i> | Sabana      |
|---|-------------------|-------------|
| <b>1. Contenido de carbón en la vegetación (g C m<sup>-2</sup>)</b>                       |                   |             |
| <b>Superficial</b>  |                   |             |
| <b>Asimilatorio</b>   |                   |             |
| Temporada seca  | 84 ± 23           | 46 ± 6      |
| Temporada húmeda  | 132 ± 36          | 69 ± 22     |
| <b>No asimilatorio</b>  |                   |             |
| Temporada seca  | 106 ± 52          | 106 ± 28    |
| Temporada húmeda  | 209 ± 74          | 71 ± 27     |
| <b>Subterránea</b>  |                   |             |
| Temporada seca (0.0-0.5 m prof.)  | 197 ± 30          | 76 ± 24     |
| Temporada húmeda (0.0-0.5 m prof.)  | 309 ± 65          | 162 ± 26    |
| <b>Total</b>  |                   |             |
| Temporada seca  | 387 ± 64          | 228 ± 62    |
| Temporada húmeda  | 650 ± 85          | 302 ± 73    |
| <b>2. Contenido de carbono en el suelo (g C m<sup>-2</sup>) (0.0 – 0.3 m profundidad)</b> | 3616 ± 382        | 2589 ± 252  |
| <b>3. Carbono total en el sistema (g C m<sup>-2</sup>)</b>                                | 4266 ± 592        | 2946 ± 382  |
| <b>4. Producción neta ecosistema (g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>)</b>                | 216               | 36          |
| <b>5. Índice de área foliar (m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>)</b>                            |                   |             |
| Temporada seca  | 1.55 ± 0.14       | 0.93 ± 0.08 |
| Temporada húmeda  | 2.44 ± 0.23       | 2.14 ± 0.20 |

*Producción neta del ecosistema y la producción primaria bruta:*

La integración en el tiempo del intercambio horario neto del ecosistema nos genera la producción neta diaria del ecosistema (PNE, Figura 2), la cual nos suministra información referente a los efectos en el uso de la tierra sobre la longitud del período fotosintéticamente activo y la respiración.

Durante la estación seca, las dos parcelas mostraron una producción estacional neta promedio de 0,09y -0,29g Cm<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>, respectivamente. Durante la estación húmeda, ambas parcelas se comportaron como un sumidero de CO<sub>2</sub> hasta que el contenido de agua disponible en el suelo comienza a disminuir. La producción neta anual (PNE) del pastizal de *Brachiaria* fue de 216g Cm<sup>-2</sup>año<sup>-1</sup>, mientras que en la sabana nativa el valor (36 g C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>) fue cercano al equilibrio.

La acumulación de carbono está manejado por el ajuste de la tasa de población, la frecuencia de incendios y la extracción de recursos. Sin embargo, en realidad las sabanas del Orinoco constituyen un sistema no equilibrado, ya que siempre está recuperándose del impacto ganadero y la perturbación por los incendios, evidenciando la importancia del manejo agroecológico.



**FIGURA 2.** La producción diarianeta del ecosistema (PNE) en *Brachiaria* y en la sabana de los llanos del Orinoco.

### Conclusiones

En base a los resultados, podríamos concluir que el reemplazo de las sabanas nativas por los pastizales de *Brachiaria* puede transformar el sistema en un sumidero de carbono de  $216 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ . Este pasto combina una mayor absorción de carbono con una mayor evapotranspiración anual. Por lo tanto, este trabajo identifica los posibles problemas y las necesidades de manejo asociadas con el secuestro de carbono, ya que está afectando a otros procesos ambientales.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado como parte de la SabanaBio-productividad del proyecto (UNESCO /MAB) del IVIC.

### Referencias bibliográficas

Aubinet MA, A Grelle, A Ibrom, U Rannik, J Moncrieff, T Foken, A Kowalski, P Martin, P Berbigier, C Bernhofer, R Clement, J Elbers, A Granier, T Grünwald, K Morgenstern, K Pilegaard, C Rebmann, W Snijders, R Valentini, T Vesala. (2000) Estimates of the annual net carbon and water exchange of forests: the EUROFLUX methodology. – *Advances in Ecological Research*, **30**: 113-175.



- Aubinet, MA, B Heineschard, B Longdoz (2002) Estimation of the carbon sequestration by a heterogeneous forest: night flux corrections, heterogeneity of the site and inter-annual variability. – *Global Change Biology*, **8**:1053-1071.
- Hanson PJ, SD Wullschlegler, SA Bohlman, DE Todd (1993) Seasonal and topographic patterns of forest floor CO<sub>2</sub> efflux from an upland oak forest. – *Tree Physiology*, **13**: 1-15.
- Hedges JI, WA Clark, PD Quay, JE Richey AH Devol, UD Santos (1986) Compositions and fluxes of particulate organic material in the Amazon River. – *Limnology and Oceanography*, **31**: 717-738.
- Ruimy, A., PG Jarvis, DD Baldocchi, B Saugier (1995) CO<sub>2</sub> fluxes over plant canopies and solar radiation: a review. – *Advances in Ecological Research*, **26**: 1-68.
- San José JJ, R Bracho, R Montes, N Nikonova (2003) Comparative energy exchange from cowpeas [*Vigna unguiculata* (L.) Walp. cv. TC-9-6 and M-28-6-6] with differences in canopy architecture and growth durations at the Orinoco llanos. – *Agricultural and Forest Meteorology*, **116**: 197-219.