

# EFECTO DE LOS DISTINTOS MANEJOS DEL RASTROJO DE ARROZ (*Oryza sativa L*) EN LAS EMISIONES DE METANO

Susana N. Maciel<sup>1</sup>; Ma. Cristina Sanabria<sup>1</sup>;  
Ditmar B. Kurtz<sup>2</sup>; Héctor D. Ligier<sup>2</sup>; Luciana G. Herber<sup>3</sup>; Alejandro F. Kraemer<sup>3</sup>;  
Alfredo R. Marín<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Grupo Recursos Naturales. Laboratorio de suelos y aguas. Estación Experimental Agropecuaria. Corrientes. INTA. [smaciel@corrientes.inta.gov.ar](mailto:smaciel@corrientes.inta.gov.ar); [susamac\\_9@hotmail.com](mailto:susamac_9@hotmail.com)

<sup>2</sup> Grupo Recursos Naturales. Estación Experimental Agropecuaria. Corrientes .INTA. Argentina.

<sup>3</sup> Grupo Proyecto Arroz. Estación Experimental Agropecuaria Corrientes. INTA. Argentina.

## Introducción

La variación de las concentraciones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), importantes gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, y las variaciones de la radiación solar, alteran el equilibrio energético del sistema climático.

El  $\text{CH}_4$  contribuye al 13% del total de GEI, siendo su potencial de calentamiento 23 a 25 veces mayor que el  $\text{CO}_2$ , con un tiempo de permanencia en la atmósfera de unos 12 años (IPCC, 1996).

Este gas es generado como producto final del metabolismo celular que llevan a cabo bacterias anaerobias estrictas presentes en zonas pantanosas, suelos anegados, tracto intestinal de rumiantes y desechos orgánicos de los mismos. Otra importante fuente son las fermentaciones que se dan en los vertederos, fugas de gas natural, responsables del 15% del  $\text{CH}_4$  que se emite a la atmósfera, y fugas de las explotaciones mineras.

Su concentración atmosférica se ha incrementado en un 151% desde el año 1750 (IPCC, 1996).

La emisión global de  $\text{CH}_4$ , está asociada a las actividades antropogénicas, entre las cuales el cultivo de arroz, es una de las principales fuentes emisoras (IPCC, 1996). Este cultivo, tanto en Argentina como en la mayoría de los países del mundo, es producido bajo suelos anegados (IPCC, 1996).

El  $\text{CH}_4$  es liberado a la atmósfera por difusión desde la interfase suelo-agua y a través del aerénquima (raíces y tallo) de la planta (Neue *et al.*, 1990).

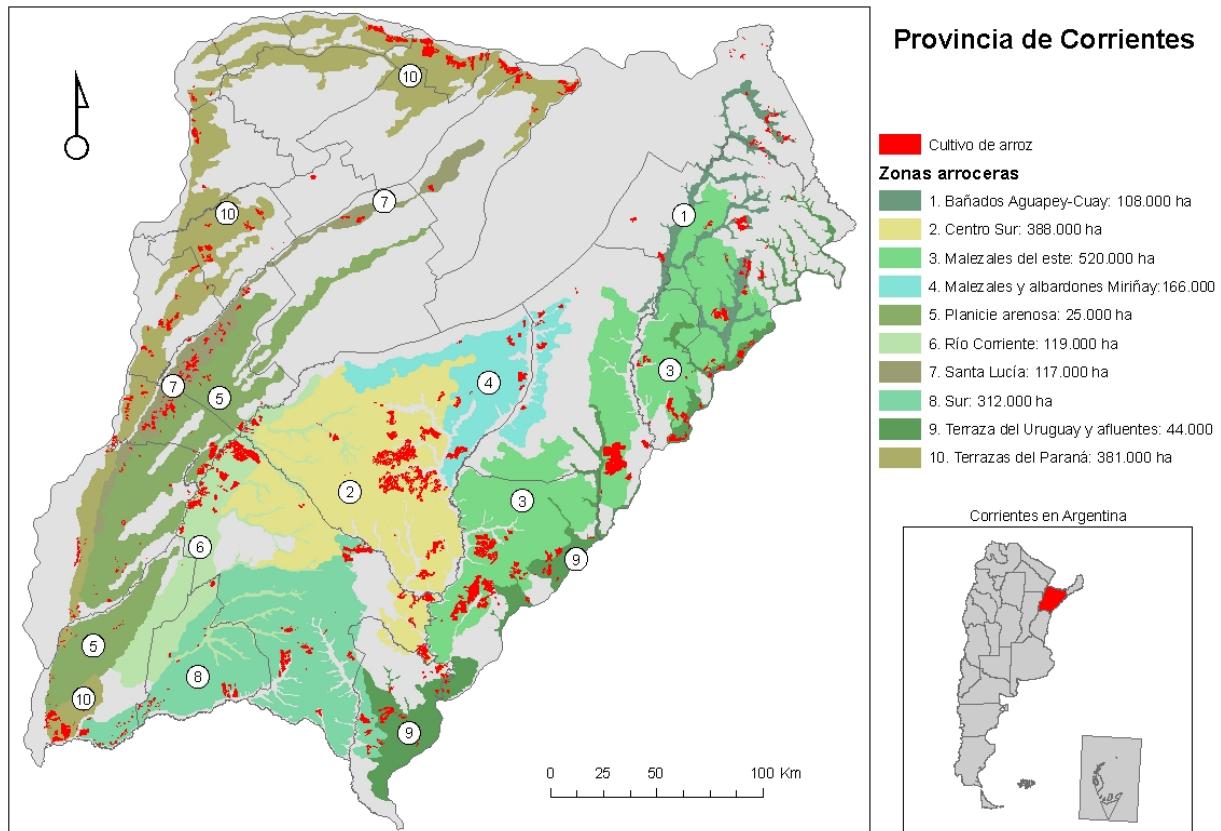
Los humedales son ecosistemas en los que los procesos biológicos y geoquímicos, así como las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes se controlan según el grado de saturación del agua y según el clima y la disponibilidad de nutrientes (IPCC, 2006). En general, los humedales constituyen una fuente natural de  $\text{CH}_4$ , con emisiones que se estiman en 55-150 Tg  $\text{CH}_4$  año<sup>-1</sup> (Watson *et al.*, 2000).

La zona de producción arrocera de la Argentina está concentrada en las provincias de Formosa, Chaco, Corrientes, Entre Ríos y Santa Fe, donde Corrientes es una de las mayores productoras de arroz con 79.596 hectáreas y un total de área sembrada del 34,7% (ACPA y Bolsa de Cereales de Entre Ríos, 2009/10). En el presente trabajo se evaluaron los flujos de  $\text{CH}_4$  originados por las distintas prácticas de implantación y manejo del rastrojo en el cultivo de arroz, tomando como referencia un humedal semi-natural anegable estacionalmente.

## Materiales y Métodos

La provincia de Corrientes se encuentra ubicada a 27° 29' latitud Sur y 58° 49' longitud Oeste en la región mesopotámica de la República Argentina, con una superficie total de 88.886 Km<sup>2</sup>. (**Figura 1**). El arroz es cultivado bajo un manto superficial de agua de unos 5 a 10 cm, en forma permanente, durante un período aproximado de 100 días. El sistema suelo-agua se estabiliza, luego de ser inundado, y en estricta ausencia de oxígeno libre, con potenciales redox menores a -150 mv y en un rango de pH que va de 6 a 8, comienza la generación de gas  $\text{CH}_4$  por acción de las bacterias metanogénicas (Wang, 1986).

En este estudio se trabajó sobre un suelo Argiudol ácuico, franco fino, mixto, correspondiente a la serie Treviño (Escobar et al. 1996). Las mediciones se realizaron sobre 4 parcelas experimentales (35 m x 30 m) con los siguientes tratamientos: labranza convencional con incorporación del rastrojo al suelo, quema del rastrojo, rastrojo dejado en pie (siembra directa), y como testigo un humedal semi-natural anegable estacionalmente (malezal).



**Figura 1:** Zonas arroceras de la Provincia de Corrientes.

#### Descripción de los tratamientos:

- ✓ **Labranza convencional:** Se realizaron 3 remociones del suelo antes de la siembra, la primera a mediados de marzo, la segunda a fines de mayo y otra a fines de septiembre antes de la siembra, para facilitar la incorporación del rastrojo al suelo.
- ✓ **Quema:** Luego de la cosecha se realizó una quema superficial del rastrojo, dejando el lote sin laboreo adicional.
- ✓ **Rastrojo en pie:** luego de la cosecha se dejó el rastrojo de arroz en pie, exponiendo la materia orgánica a la acción natural de los agentes bióticos y abióticos. No se realizaron laboreos adicionales.
- ✓ **Malezal:** fue utilizado como testigo un humedal semi-natural, que se mantuvo anegado durante el período evaluado.

La siembra del arroz se realizó simultáneamente en todos los tratamientos el 22 de septiembre de 2009, utilizando sembradora comercial de 12 surcos separados a 17cm.

La emergencia de plántulas se produjo en fechas diferentes de acuerdo al tipo de manejo (**Tabla 1**); el riego se inició el 16 de noviembre de 2009. Se utilizaron 100kg de semilla por hectárea y la variedad sembrada fue Puitá INTA CL. En todos los casos (salvo el humedal natural) la fertilización consistió en una aplicación simultánea a la siembra de 180kg  $\text{ha}^{-1}$  de un formulado NPK (2,5-18-40) y 150kg  $\text{ha}^{-1}$  de urea en pre-riego.

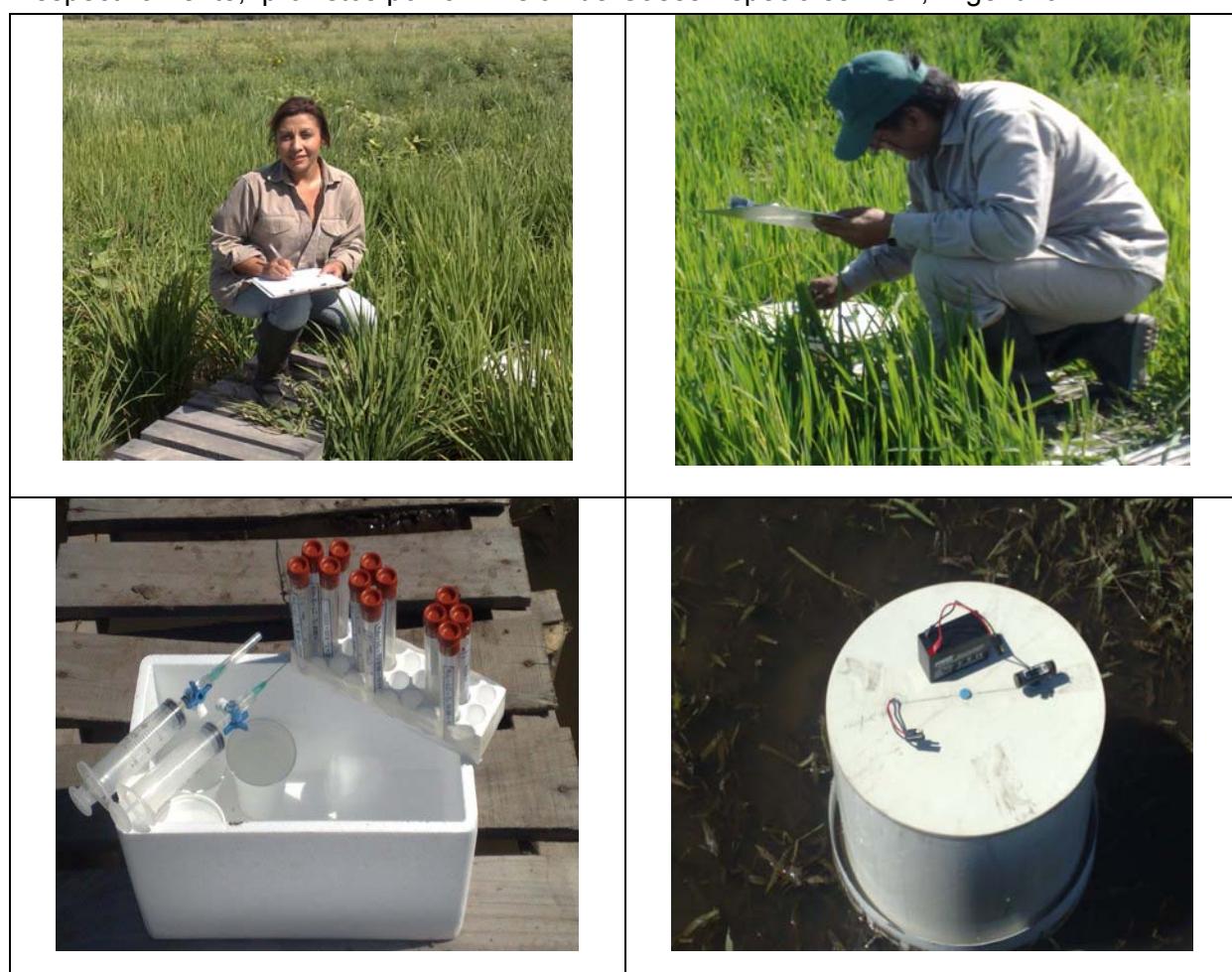
Las prácticas agrícolas usadas mayoritariamente en la Provincia de Corrientes son la siembra directa sobre el rastrojo en pie y labranza con laboreo mínimo.

**Tabla 1:** Fechas de emergencia según tipo de manejo.

Tratamientos	Labranza Convencional	Quema	Rastrojo en pie
Emergencia de plántulas	15/10/2009	12/10/2009	11/10/2009

#### Muestreos de CH<sub>4</sub>

Para la toma de muestras de gas, se recurrió a la técnica de cámara cerrada, según modelo desarrollado localmente en la E. E. A. Corrientes (**Figura 2**). Se tomaron muestras semanalmente durante las 12 semanas en que se extiende el periodo vegetativo del arroz. Se instalaron 3 campanas en cada tratamiento, sobre cada una de ellas se realizaron 3 repeticiones a intervalos de 10 minutos, durante media hora. Las tomas de muestras se iniciaron luego del riego y se realizó el muestreo en forma simultánea. Las muestras fueron tomadas entre las 9:00 y 10:30 hs (De Souza Costal, *et al.* 2008) desde inicio del riego hasta la etapa de maduración del cultivo. Se utilizaron jeringas de 20 ml para la extracción del gas de cada campana, el cual luego fue colectado en vacutainers de 10 ml, previamente llevados al vacío, refrigerado en conservadoras y posteriormente trasladado a la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE. Argentina) para ser analizados por cromatografía gaseosa, utilizando un detector de ionización de llama (FID). Se realizó una curva de calibrado con patrones de CH<sub>4</sub> de 5,3; 10,6 y 15,5 ppm respectivamente, provistos por la División de Gases Especiales AGA, Argentina.



**Figura 2:** modelo de cámara cerrada

## Cálculo de flujo

Para el cálculo del flujo se utilizó la fórmula de Rolston (Rolston, 1986).

$$F = \rho \cdot (\Delta C \Delta t^{-1}) \cdot H \text{ [mg m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}]$$

Donde  $\rho$ : densidad relativa del CH<sub>4</sub> con respecto al aire a 0 °C y 1 atm ;  $\Delta C$  : la variación de concentración del gas en el intervalo de tiempo considerado;  $\Delta t$  : intervalo de tiempo entre una toma y la anterior; H: espacio de cabeza en el interior de la campana.

$$\Delta C \Delta t^{-1} = \text{mg m}^{-3} \text{ h}^{-1}$$

$$H = \text{m}$$

El factor de emisión de CH<sub>4</sub> es el flujo promedio diario expresado en g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> para el ciclo evaluado.

## Discusión de resultados

Se observaron menores valores de emisión de CH<sub>4</sub> (**Tabla 2**), en aquellos tratamientos cuyo manejo consistió en la incorporación de materia orgánica superficial, presente en el rastrojo, a intervalos de 3 meses anteriores a la siembra o bien la liberación de la misma por medio de la quema, a la atmósfera. El mayor valor de emisión correspondió al tratamiento de rastrojo en pie, el cual, al no presentar ningún tipo de laboreo agrícola, deja disponible la materia orgánica a la acción natural de los agentes microbianos para su degradación a nivel de superficie.

El humedal semi-natural emitió un valor promedio diario de CH<sub>4</sub> de 17,46 g m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>, su contribución a las emisiones de CH<sub>4</sub> a la atmósfera serán por tanto mayor a la que pueda tener un sistema arrocero, que tiene un ciclo bajo anegamiento de solo 100 días contrariamente a un ambiente natural como lo es el humedal, que permanece anegado la mayor parte del año, en nuestra región.

**Tabla 2:** Factor de emisión de CH<sub>4</sub> en los distintos tratamientos

Tratamientos	Labranza Convencional	Quema	Rastrojo en Pie	Malezal
Flujo promedio estacional g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup>	12,30	13,99	18,47	17,46

Los tratamientos que fueron sometidos a algún tipo de manejo agrícola, presentaron mayor desvío estándar; por el contrario, el humedal no manifestó un desvío estándar importante dado que el flujo de CH<sub>4</sub> emitido por este tratamiento durante el periodo evaluado se mantuvo más estable en el tiempo (**Tabla 3**).

**Tabla 3:** Parámetros estadísticos

Tratamientos	Labranza Convencional	Quema	Rastrojo en Pie	Malezal
Desvío estándar	8,21	9,30	7,54	4,17
Máximo (g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	27,41	35,57	30,64	25,56
Mínimo (g m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )	0,84	3,60	7,03	11,07

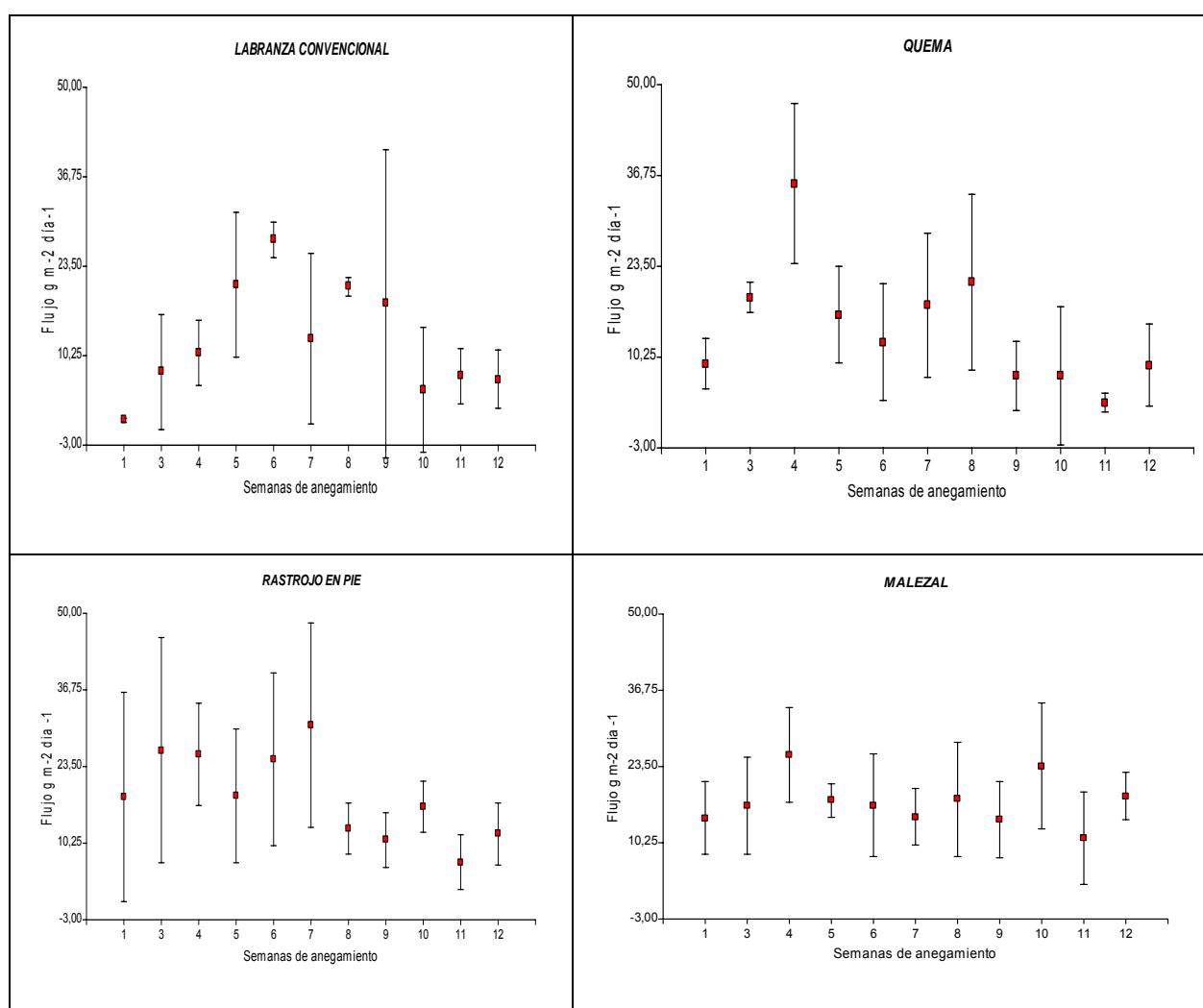
## Máximos de emisión

En todos los tratamientos, excepto en el testigo, se dieron 2 picos de máxima emisión, uno alrededor de la cuarta semana y otro alrededor de la 8va.

Los máximos de emisión presentados por los distintos tratamientos con manejo agrícola, se observaron en aquellos estadios fenológicos que implicaron la exudación de compuestos orgánicos al suelo, como lo son la etapa de diferenciación de primordio floral (DPF) y etapa de floración (Watanabe, et al.1999).

Los valores de máxima emisión encontrados para labranza convencional fueron de  $27,41 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  (6ta semana) y  $20,49 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  (8va semana); para el manejo con quema del rastrojo de  $35,57 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  (4ta semana) y  $21,21 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  (8va semana). El tratamiento donde el rastrojo no experimentó laboreo adicional (rastrojo en pie), los máximos de emisión se manifestaron a finales de DPF e inicio de floración, y sus valores fueron de  $26,30 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  (3ra semana) y  $30,64 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  (7ma semana).

No podemos asociar, hasta el momento, que los valores de máxima emisión presentados por el humedal, se deban a algún parámetro que influya en el flujo de  $\text{CH}_4$ , si podemos afirmar por lo cuantificado, que en el tiempo la variabilidad en la emisión en este tratamiento, es menor a la manifestada por los tratamientos con manejo del rastrojo (**Figura 3**).



**Figura 3:** Variación del flujo de metano en los distintos tratamientos evaluados.

## Conclusiones

Hasta el momento los valores de flujo determinados son inferiores al valor de referencia ( $20 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ) propuesto por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 1996).

La continuidad en el estudio nos permitirá a futuro proponer prácticas que mitiguen o atenúen las emisiones de gas metano al ambiente, sin disminuir la productividad arrocera regional.

## Referencias

- Asociación Correntina de Plantadores de arroz. [http://intranet.cfired.org.ar/panel/archivos/subidas/noticias/23721/archivos/359/relevamiento\\_2009-2010.pdf](http://intranet.cfired.org.ar/panel/archivos/subidas/noticias/23721/archivos/359/relevamiento_2009-2010.pdf).
- De Souza Costal, F; Bayer, Cimelio; De Lima, M.A; Toyoko Shiraishi Frighetto, R; Mussoi Macedo, V.R; Marcolin, E. Variação diária da emissão de metano em solo cultivado com arroz irrigado no Sul do Brasil. Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.7, p.2049-2053. ISSN 0103-8478. 2008
- Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Libro de Trabajo (Volumen 2). Versión Revisada en 1996
- Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. 2006
- Escobar, E.H.; Ligier, H.D; Melgar, R.; Matteio, H y Vallejos O. Mapa de suelos de la provincia de Corrientes 1:500.000. Publicación INTA. 1996.
- Neue, H.-U., P. Becker-Heidmann. and H. W. Scharpenseel. Organic matter dynamics, soil properties and cultural practices in rice lands and their relationship to methane production. Pages 457-466 in A. F. Bouwman, ed. Soils and the Greenhouse Effect. John Wiley & Sons, New York. 1990.
- Rolston, D.E. Gas Flux. In A. Klute (ed), Methods of Soil Analysis, Part 1., Physical and Mineralogical Methods. Pp. 1103-1119. Agronomy Monograph no. 9 (2nd edition), Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI. 1986.
- Wang Zhaoqian. Rice based systems in subtropical China. Pages 195-206 in A. S. 1986.
- Watanabe, A.; Takeda, T. and Kimura, M. Evaluation of origins of  $\text{CH}_4$  carbon emitted from rice paddies. Journal of Geophysical Research. Vol.104. pp. 23623-23630. 1999.
- Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J. and Dokken D.J. (Eds.) Special Report of the IPCC on Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Cambridge University Press, UK. pp 375. 2000.