

El óxido nitroso y su influencia en el calentamiento global, provincia de Manabí, Ecuador

Nitrous oxide and its influence on global warming, province of Manabi, Ecuador

Juan Luque¹

RECIBIDO: 14/01/2015 - APROBADO: 03/02/2015

RESUMEN

La investigación realizada tuvo como objetivo determinar el grado de emisión de óxido nitroso y la variabilidad de emisiones entre dos metodologías, propuestas en un periodo de seis años, permitiendo dar respuesta a la problemática planteada referente a la magnitud de emisiones de N₂O en la provincia de Manabí y a la disyuntiva de las dos metodologías. El estudio se sustentó en las guías y directrices emitidas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, 1996 y 2006, utilizando las hojas de cálculo del IPCC 1996 versión 1.3.2 y el software IPCC 2006 versión 2.10. Los resultados demostraron que las emisiones de N₂O son considerablemente elevadas. De las subcategorías estudiadas los suelos agrícolas representaron las mayores emisiones, alcanzando porcentajes de 98.26% y 87.41%, con un promedio de 4.0330 y 2.8524 Gg. de óxido nitroso, para las metodologías IPCC 1996 & IPCC 2006, respectivamente; dejando los porcentajes restantes para el manejo de estiércol, quema de sabanas y quema de residuos de agrícolas.

Las diferencias entre metodologías fueron muy significativas estadísticamente, lo que permitió comprobar la hipótesis planteada, de mayores emisiones de N₂O con la metodología IPCC 1996.

Palabras clave: Gases de efecto invernadero, suelos agrícolas, óxido nitroso, emisión.

ABSTRACT

This research aimed to determine the degree of emissions of nitrous oxide and the variability of emissions between two methods, proposed for a period of six years. In this way, allowing the response to issues concerning the magnitude of emissions of N₂O in the province of Manabí and the choice of the two methodologies. The study was based on the guidelines and protocols issued by the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996 and 2006, using the worksheets of the IPCC 1996 version 1.3.2 and the IPCC 2006 version 2.10 software. The results showed that N₂O emissions are considerably high. From the studied subcategories, agricultural soils displayed the higher level of emissions, reaching percentages of 98% and 87%, with an average of 4.0330 and 2.9618 Gg of nitrous oxide, for IPCC 1996 & 2006 IPCC methodologies, respectively; leaving the remaining percentages for the handling of manure, savannah burning and burning of agricultural residues. Differences between methodologies were statistically significant, thus making it possible the verification of the higher N₂O emission hypothesis corresponding to the 1996 IPCC methodology.

Keywords: Greenhouse gases, agricultural soils, nitrous oxide, emission.

¹ Alumno del Doctorado - Unidad de Posgrado FIGMMG, UNMSM. E-mail: jc_luque@yahoo.com / jluque@espam.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

Conocer las fuentes emisoras, sus capacidades de producción, mecanismos de emisión y la relación entre estas, a través de investigaciones metodológicas a niveles locales y regionales, resulta muy importante porque permite a una región identificar sus escenarios, entender y pronosticar el comportamiento y evolución de los gases de efecto invernadero (EPA, 1994 & IPCC, 1996).

La provincia de Manabí es y ha sido un ícono en la actividad agrícola y pecuaria dentro del territorio del Ecuador. La riqueza de sus suelos y su extensa red hidrográfica la convierten en un potencial para la actividad agropecuaria. Por estas razones y condiciones, la presente investigación analizó las emisiones del óxido nitroso, uno de los principales gases de efecto invernadero responsables del cambio climático y provenientes en su mayor parte de la agricultura (Mills y Fey, 2004 y IPCC, 2014), con el fin de determinar el grado de emisión y la significancia entre las dos metodologías propuestas por el IPCC 1996 y 2006. La investigación tuvo el objetivo de determinar el grado de emisión de óxido nitroso y la variabilidad entre dos metodologías, en un periodo de seis años.

I.1. Ubicación y accesibilidad

El área de estudio correspondió a la provincia de Manabí, localizada en la zona costera de la República del Ecuador, (Figura N°1). Tiene una extensión de 1'801,203 hectáreas, ubicadas entre los paralelos 0° 23' de latitud norte y 1° 53' de latitud sur y los meridianos 79° 22' y 80° 55" de longitud occidental. Se encuentra limitada al norte con la provincia de Esmeraldas, al sur con la provincia del Guayas, al este con las provincias de Pichincha, Los Ríos y Guayas y al oeste con el océano Pacífico.



Figura N.º 1. Mapa de ubicación de la investigación, provincia de Manabí, Ecuador.

I.2 Situación del problema

El tema del calentamiento global es, sin lugar a dudas, una de las mayores preocupaciones a nivel mundial y local, jugando papeles protagónicos y determinantes en la salud, economía y sustentabilidad de los pueblos y ecosistemas, hasta el punto de haber causado ya grandes variaciones en los ecosistemas (Naciones Unidas, 1992; Bates *et al.*, 2008; MAE, 2012).

El uso y manejo de los suelos agrícolas es el principal emisor de óxido nitroso en el Ecuador y en varios países del mundo, siendo responsables de 15-40% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Syakila *et al.*, 2010; Cáceres, 2011; Bonesmo *et al.*, 2012; Zulfiqar, 2012).

Varios modelos propuestos de escenario de cambio climático en el Ecuador y en la provincia de Manabí estiman que el cambio climático podría causar importantes alteraciones a los ecosistemas, tanto de sus componentes bióticos como físicos, y, por ende, al socioeconómico (Delgado, 2008; Delgado y Suárez, 2009; Rivadeneira, 2014). Delgado (2008) revela que en Ecuador uno de los ecosistemas más vulnerables se localiza en zonas bajas (0-500 m), condiciones similares a la zona de este estudio.

I.3. El óxido nitroso

El óxido nitroso es el principal gas de efecto invernadero producido por la agricultura, se produce naturalmente en los suelos a través de los procesos de nitrificación y desnitrificación. La nitrificación es la oxidación microbiana aeróbica del amoníaco en nitrito y la desnitrificación es la reducción microbiana anaeróbica del nitrito en gas de nitrógeno (N_2). El óxido nitroso es un producto intermedio gaseoso en la secuencia de reacción de la desnitrificación y un producto derivado de la nitrificación que se fuga de las células microbianas del suelo (IPCC, 2007). Existen factores que afectan en forma directa la tasa de emisión de N_2O , entre los que se pueden distinguir las condiciones ambientales del suelo (potencial redox, temperatura, contenido hídrico edáfico y pH), así como la proporción de carbono y nitrógeno en el sustrato sobre los que actúan los microorganismos nitrificadores y desnitrificadores.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Metodología

Se siguieron las subcategorías de la unidad de análisis, entre estas: las emisiones indirectas del estiércol del ganado; las emisiones directas de la quema de sabanas y residuos agrícolas; y las emisiones indirectas de N_2O procedentes del nitrógeno utilizado en agricultura en kilogramos por año y las emisiones directas de la cantidad de fertilizante sintético utilizado en kilogramos por año, según las metodologías del IPCC (1996, 2003, 2006). Los valores correspondientes a cada subcategoría con sus respectivas unidades se muestran en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1. Valores de la subcategorías de fuentes para la estimación de N₂O, del periodo de estudio (2008-2013).

Subcategorías de fuentes	Unidad	Años					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Manejo de estiércol de ganado	U	7784779	5927648	4199162	4436587	4978198	2661808
Quema de sabanas	Ha	464479	461032	438599	426495	477286	443317
Quema de residuos agrícolas	Ha.	63368	69211	68852	98665	82330	96194
Suelos agrícolas	Ha.	337836	338895	341697	340288	310286	314365,4

Fuente: Ecuador en cifras 2015 Elaboración: Autor

Para los cálculos se utilizó el software IPCC 1996 versión 1.3.2 & IPCC 2006 versión 2.10. La metodología permitió una flexibilidad en el cálculo del inventario mediante el uso de los factores de emisión establecidos por defecto. Estos softwares utilizan metodologías de nivel 1 para estimar las emisiones, mediante los siguientes cálculos.

2.1.1. Estimación de las emisiones de N₂O procedentes de los sistemas de manejo de estiércol, IPCC 1996

$$(N_2O - N)_{(mm)} = \sum_{(S)} \left\{ \sum_{(T)} (N_{(T)} \times N_{ex(T)} \times SM_{(T,S)}) \right\} FE_{3(S)} \quad [2.1]$$

En el cual:

Emisiones de (N₂O-N)_(mm) = Emisiones de N₂O-N procedentes del manejo del estiércol en la provincia (kg de N₂O-N/año);

Número de cabezas por especie o categoría de ganado en la provincia;

N_(T) = Número de cabezas por especie o categoría T de ganado en la provincia;

N_{ex(T)} = Excreción anual media por cabeza de cada especie o categoría en la provincia (kg de N/animal/año);

SM_(T,S) = Fracción de la excreción total anual por cada especie o categoría de ganado incluida en el sistema de manejo del estiércol en la provincia;

FE_{3(S)} = Factor de emisión de N₂O para el sistema de manejo del estiércol en la provincia (kg de N₂O-N/kg de N en el sistema de manejo del estiércol);

S = Sistema de manejo del estiércol;

F = Especie o categoría de ganado.

2.1.2. Estimación de las emisiones de gases distintos del dióxido de carbono procedentes de la quema de sabanas, IPCC 1996

$$E_{nc} = T_{cl} \times R_{nc} \times R_e \quad [2.2]$$

En el cual:

E_{nc} = Emisiones correspondientes a cada gas, gigagramos de carbono o nitrógeno (Gg C o Gg N);

T_{cl} = Total de carbono liberado, gigagramos de carbono (Gg C);

R_e = Relación de emisión correspondiente a cada gas,

R_{nc} = Relación de nitrógeno-carbono.

2.1.3. Estimación de las emisiones de gases distintos del dióxido de carbono procedentes de la quema de residuos agrícolas, IPCC 1996

Para estimar las emisiones de gases distintos del CO₂, se multiplicó el nitrógeno liberado por las relaciones de emisión para el N₂O y los NO_x (valor por defecto 0.007 y 0.121 respectivamente), en la que se obtuvo las emisiones de nitrógeno expresadas como óxido nítrico y óxidos de nitrógeno. Finalmente, se multiplicó por la relación de conversión de óxido nítrico (44/28) y los óxidos de nitrógeno (46/14), en la que se obtuvo las emisiones procedentes de residuos agrícolas, en gigagramo (Gg).

2.1.4. Estimación de las emisiones de N₂O procedentes de los suelos agrícolas, 1996

$$N_2O = N_2O_{Directas} + N_2O_{Animales} + N_2O_{Indirectas} \quad [2.3]$$

En el que:

N₂O = Total de emisiones de óxido nítrico procedentes de los suelos agrícolas (Gg);

N₂O_{directas} = Total de emisiones directas de óxido nítrico procedentes de los suelos agrícolas (Gg);

N₂O_{animales} = Total de emisiones de óxido nítrico procedentes del pastoreo de los animales (Gg);

N₂O_{indirectas} = Total de emisiones indirectas de óxido nítrico procedentes de los suelos agrícolas (Gg).

2.1.5. Estimación de las emisiones de N₂O procedentes de los sistemas de manejo de estiércol, IPCC 2006

$$N_{2O_{D(mm)}} = [\sum_s [\sum_T (N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)})] \cdot EF_{3(S)}] \cdot \frac{44}{28} \quad [2.4]$$

En el cual:

$N_{2O_{D(mm)}}$ = Emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol de la provincia, kg N₂O/año;

$N_{(T)}$ = Cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T de la provincia;

$Nex_{(T)}$ = Promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en la provincia, kg N/animal/año;

$MS_{(S,T)}$ = Fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en la provincia, sin dimensión;

$EF_{3(S)}$ = Factor de emisión para emisiones directas de N₂O del sistema de gestión del estiércol S en la provincia, kg N₂O-N/kg N en el sistema de gestión del estiércol S;

S = Sistema de gestión del estiércol;

T = Especie/categoría de ganado;

$\frac{44}{28}$ Conversión de emisiones de (N₂O - N)_{mm} a emisiones de (N₂O)_{mm}.

2.1.6. Estimación de las emisiones de gases distintos del dióxido de carbono procedentes de la quema de sabanas, IPCC 2006

$$L_{fuego} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{ef} \cdot 10^{-3} \quad [2.5]$$

En el cual:

L_{fuego} = Cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por el fuego, ton de N₂O;

A = Superficie quemada, ha;

M_B = Masa de combustible disponible para la combustión, ton/ha (Valor por defecto);

C_f = Factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto = 0.74);

G_{ef} = Factor de emisión, g/kg de materia seca quemada (valor por defecto óxido nitroso = 0.21; óxidos de nitrógeno = 3.9).

2.1.7. Estimación de las emisiones de gases distintos del dióxido de carbono procedentes de la quema de residuos agrícolas, IPCC 2006

$$L_{fuego} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{ef} \cdot 10^{-3} \quad [2.6]$$

En el cual:

L_{fuego} = Cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por el fuego, ton de N₂O;

A = Superficie quemada, ha;

M_B = Masa de combustible disponible para la combustión, ton/ha (Valor por defecto);

C_f = Factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto = 0.8);

G_{ef} = Factor de emisión, g/kg de materia seca quemada (valor por defecto óxido nitroso = 0.07; óxidos de nitrógeno = 2.5).

2.1.8. Estimación de las emisiones de N₂O procedentes de los suelos agrícolas, 2006

$$N_{2O_{directas}} - N = N_{2O} - N_{N_{aportes}} + N_{2O} - N_{OS} + N_{2O} - N_{PRP} \quad [2.7]$$

En el cual:

$N_{2O_{directas}} - N$ = Emisiones directas anuales de N₂O-N producidas a partir de suelos gestionados, kg N₂O-N/año;

$N_{2O} - N_{N_{aportes}}$ = emisiones directas anuales de N₂O-N producidas por aportes de N a suelos gestionados, kg N₂O-N/año;

$N_{2O} - N_{OS}$ = Emisiones directas anuales de N₂O-N de suelos orgánicos gestionados, kg N₂O-N año;

$N_{2O} - N_{PRP}$ = Emisiones directas anuales de N₂O-N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo, kg N₂O-N/año.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según las cifras de valores obtenidas, con las metodologías y tecnologías informáticas aplicadas, podemos establecer que en el periodo de estudio el 98.26% y 87.41% de las emisiones de N₂O de las subcategorías, considerando las metodologías IPCC 1996 & IPCC 2006, son generadas por los suelos agrícolas, con un promedio de 4.0330 y 2.8524 Gg de óxido nitroso, respectivamente; mientras que para el menor porcentaje se presentaron categorías diferentes de acuerdo a cada metodología, para el IPCC 1996 fue la quema de residuos agrícolas con 0.12% y 0.0049 Gg de óxido nitroso; para el IPCC 2006 fue el manejo de estiércol con 0,07 % y 0,002Gg de óxido nitroso. Respecto a la segunda categoría en generar mayores emisiones ambos metodologías coincidieron en la quema de sabanas, aunque con valores de órdenes de magnitud muy diferentes; con el IPCC 1996 la emisión promedio alcanza apenas los 0,0573 Gg. de óxido nitroso, mientras que con el IPCC 2006 se llega a los 0,365Gg de óxido nitroso (Figuras N.º 2 y N.º 3; y Tablas N.º 2 y N.º 3). Los valores alcanzados con los suelos agrícolas, son coincidentes con los resultados demostrados por (Cáceres, 2011), en el inventario nacional, donde reflejo que la emisión de N₂O producida por los suelos agrícolas, represento la mayor fuente de emisión de todas las subcategorías estudiadas.

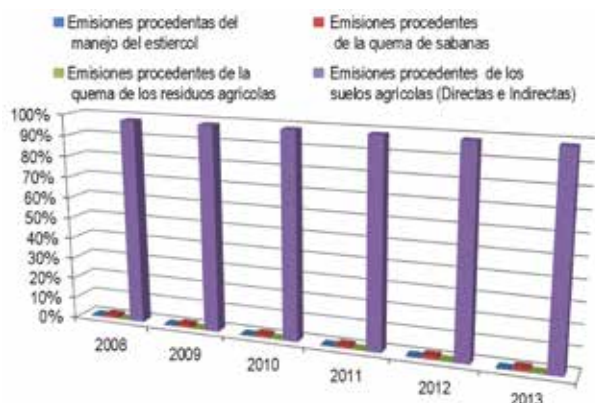


Figura N.º 2. Porcentajes de emisiones de óxido nitrógeno. IPCC 1996.

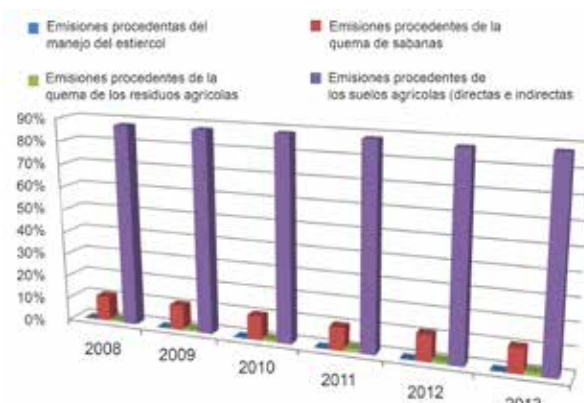


Figura N.º 3. Porcentajes de emisiones de óxido nitrógeno. IPCC 2006.

Tabla N.º 2. Emisiones de óxido nitrógeno (Gg N₂O año⁻¹). IPCC 1996.

Emisiones de las categoría de fuente	Gas de efecto invernadero	Años					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Manejo del estiércol	N ₂ O	0,0155	0,0111	0,0072	0,0077	0,0089	0,0038
Quema de sabanas	N ₂ O	0,0589	0,0585	0,0556	0,0541	0,0605	0,0562
Quema de los residuos agrícolas	N ₂ O	0,0035	0,0039	0,0044	0,0055	0,0052	0,0072
Suelos agrícolas (Directas e Indirectas)	N ₂ O	4,0212	4,1845	4,0340	4,1249	4,0177	3,8162
SUMA		4,0991	4,2580	4,1012	4,1922	4,0924	3,8835

Fuente: IPCC 1996 Elaboración: Autor

Tabla N.º 3. Emisiones de óxido nitrógeno (Gg N₂O año⁻¹) IPCC 2006.

Emisiones de las categoría de fuente	Gas de efecto invernadero	Años					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Manejo del estiércol	N ₂ O	0,0034	0,0031	0,0021	0,0024	0,0027	0,0016
Quema de sabanas	N ₂ O	0,3753	0,3726	0,3544	0,3446	0,3857	0,3582
Quema de los residuos agrícolas	N ₂ O	0,0338	0,0370	0,0369	0,0539	0,0446	0,0516
Suelos agrícolas (Directas e Indirectas)	N ₂ O	2,8484	2,8805	2,8574	2,8951	2,8196	2,8134
SUMA		3,2609	3,2931	3,2508	3,2961	3,2526	3,2248

Fuente: IPCC 2006 Elaboración: Autor

Las emisiones de óxido nitrógeno en el periodo de estudio, con las dos metodologías, muestran una tendencia relativamente lineal, con mínimas diferenciaciones interanuales, debida directamente a las variaciones en el número de ganado de las especies analizadas en relación a los factores de emisión por defectos atribuidos, concordando esto con los criterios atribuidos por el (IPCC, 2006), respecto a la incorporación de métodos para emisiones no CO₂ procedentes de tierras gestionadas y del quemado de biomasa, y sistemas de caracterización de la población de ganado y de la gestión del estiércol, (Figura N.º 4). En esta misma figura se aprecia la discrepancia en el valor de las emisiones entre las dos metodologías, Las razones

radican en el número de entradas directas de N a los suelos agrícolas, consideradas en la metodología IPCC 1996, en los actuales momento se ha removido la fijación biológica de nitrógeno como fuente directa de N₂O dada la falta de prueba de emisiones significativas causadas por el proceso de fijación simbiótica, (IPCC, 2006); de su parte (Rochette y Janzen, 2005), estiman una doble contabilidad entre el N aportado por la fijación biológica y el aportado por los residuos de cultivo y sugieren quitar el proceso de fijación biológica de la metodología IPCC 1996. (Taboada, M., 2011), manifiesta que existirán descensos en las emisiones de N₂O utilizando la metodología IPCC 2006.

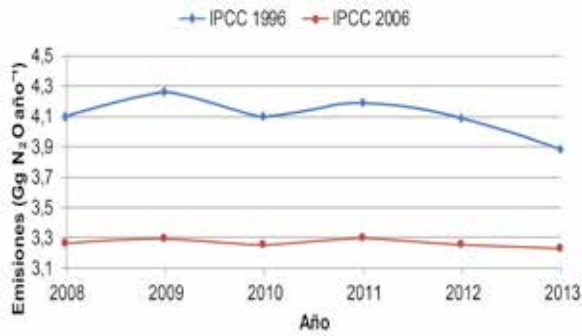


Figura N° 4 Tendencia de emisiones de óxido nitroso (Gg N₂O año⁻¹) IPCC 1996 & 2006.

Las Figuras N° 5 y N° 6 demuestran que no se puede rechazar H₀, considerando el valor P-Value obtenido (>0,100), razón que permite mantener la suposición de normalidad para las dos variables:

H₀: las variables son normales

H₁: las variables no son normales

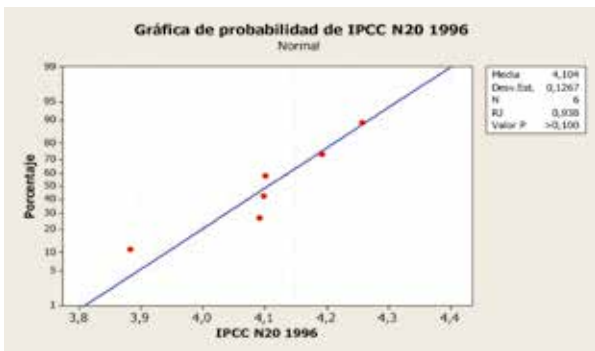


Figura N° 5. Gráfica de probabilidad de normalidad, IPCC 1996.

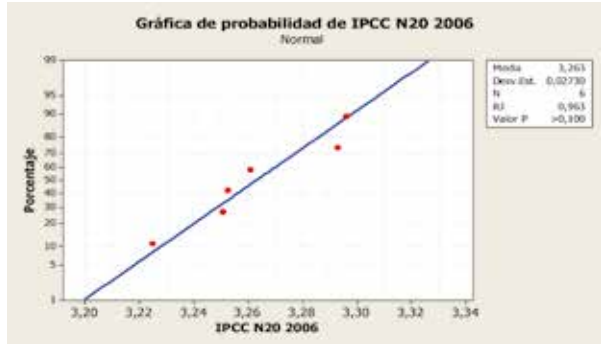


Figura N° 6. Gráfica de probabilidad de normalidad, IPCC 2006.

El Test de Levene, (Figura N° 7) comprueba la igualdad de las varianzas, al no permitir rechazar H₀ condición asumida por el valor de P-Value (0,154)

H₀: σ²1 = σ² 2

H₁: σ²1 ≠ σ² 2

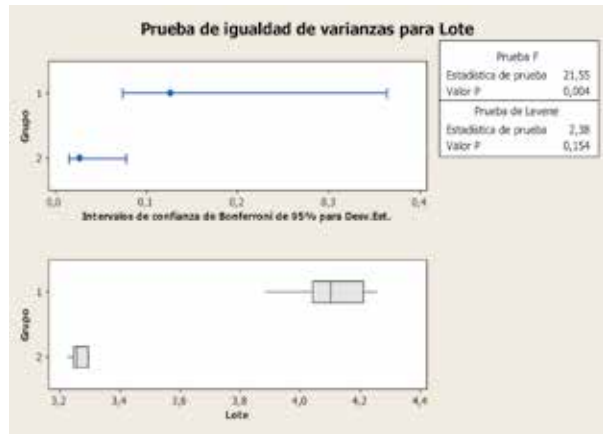


Figura N° 7. Prueba de igualdad de varianzas, IPCC 1996, 2006.

En la Tabla N° 4 y Figura N° 8 se puede apreciar que el valor P-Value obtenido es 0.000, con el mismo que se rechaza H₀. Se afirma entonces que hay evidencia muy significativa de que la metodología IPCC 1996 presenta mayores emisiones de N₂O que la metodología IPCC 2006, lo cual significa que las medias de las emisiones de N₂O, entre las metodologías IPCC 1996 y 2006 son muy diferentes.

Hipótesis

H₀: μ1 = μ2

H₁: μ1 > μ2

Tabla N°4. Prueba de T Student para dos muestras independientes.

Grupo	N.º	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite inferior 95%	T	P-Value
IPCC 1996	6	4,104	0,127	0,052	0,7347	15,90	0,000
IPCC 2006	6	3,2631	0,0273	0,011			

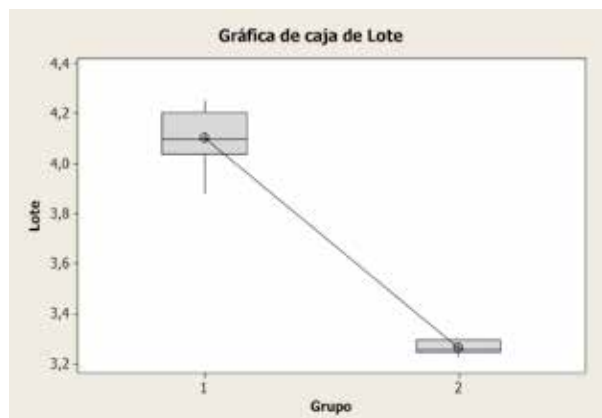


Figura N° 8. Gráfica de cajas (box plot) para la comparación entre ambos grupos.

IV. CONCLUSIONES

El óxido nitroso es el principal gas de efecto invernadero emitido por la agricultura en la provincia de Manabí.

Con la aplicación de la metodología IPCC 2006 disminuirán los valores correspondientes a las emisiones de N_2O en los inventarios nacionales.

De las cuatro subcategorías emisoras de óxido nitroso del sector agroproductivo, los suelos agrícolas son los de mayor emisión para ambas metodologías.

Las subcategorías de menor emisión no son concordantes entre ambas metodologías, siendo la quema de residuos agrícolas para la metodología IPCC 1996 y el manejo de estiércol para la metodología IPCC 2006.

Existen diferencias considerables sobre los valores de emisiones de N_2O alcanzados con la quema prescrita de sabanas, entre ambas metodologías.

El valor de significación alto obtenido en la prueba de T Student para dos muestras independientes permite aceptar la hipótesis planteada de que las emisiones de N_2O producidas por la metodología IPCC 1996 son mayores que las de la metodología IPCC 2006.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a las autoridades de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por la publicación de este artículo, producto de una investigación sobre un tema de palpitante actualidad.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds. (2008). *El Cambio Climático y el Agua*. Documento técnico VI del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 págs.
- Bonesmo, H. Little, Harstad, S.M. ; ; Beauchemin, O.M.; Skjelvag, K.A., Sjelmo, O. (2012). *Estimating farm-scale greenhouse gas emission intensity of pig production in Norway*, Acta Agricultura escandina-

vica, section A- Animal Science. Vol. 62. Issue 4. p 318-325. DOI: 10.1080/09064702.2013.770913.

- Cáceres, L. y Núñez, A. (2011). *Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Vol. 1, pp. Ecuador: 106-122. Proyecto GEF/PNUD/MAE.
- Delgado, T. (2008). *Evolución de la diversidad vegetal en Ecuador ante un escenario de cambio global*. Memoria de Tesis Doctoral. Madrid: Departamento de Publicaciones. Universidad Complutense de Madrid. <http://www.kraken.unex.es/kraken>.
- Delgado, T. y Suárez, D. (2009). *Efectos del Cambio Climático en la Diversidad Vegetal del Corredor de Conservación Comunitaria Reserva Ecológica El Ángel- Bosque Protector Golondrinas en el Norte del Ecuador*, Ecología Aplicada, Vol. 8, N° 1-2 enero-diciembre, pp. 27-36, © Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34112150004>.
- Environmental Protection Agency.(1994). *Public Participation Procedures for EPA's Emission Estimation Guidance Materials*, EPA-454/R-94-022.
- IPCC, Intergovernmental panel of climate change. (1996). *Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual*. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>.
- IPCC, Intergovernmental panel of climate change. (2003). *Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura*.
- IPCC, Intergovernmental panel of climate change. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds)*. Publicado por: IGES, Japón.
- IPCC, Intergovernmental panel of climate change (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs. Disponible en http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf.
- IPCC, Intergovernmental panel of climate change. (2014) *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- MAE, Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2012: *República del Ecuador, Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025*. Disponible en <http://www.redisa.org/pdfs/ENCC.pdf>.

13. Mills, A. J. and Fey, M. V.(2004). *SOIL carbon and nitrogen in five contrasting biomes of South Africa exposed to different land uses*, South Africa Journal of Plant and Soil. Vol. 21.Issue 2. p 94-103. DOI: 10.1080/02571862.200410635030.
14. Naciones Unidas.(1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.
15. Rivadeneira, J. (2014). *Evaluación del efecto del cambio climático bajo escenarios de emisiones SRES Y RCP en la demarcación hidrográfica de Manabí-Ecuador*. Tesis de maestría en Ingeniería Hidráulica y Medioambiente. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
16. Rochette, Ph y H. H. Janzen. (2005). *Towards a revised coefficient for estimating N_2O emissions from legumes*. Nutrient Cycling in Agroecosystems 73: 171-179.
17. Syakila, A.; Kroeze, C.; Slomp, C. (2010). *Neglecting sinks for N_2O at the earth's surface: does it matter?*, *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 7:S1, 79-87, DOI: 10.1080/1943815X.2010.497492
18. Taboada, M.(2011). *Emisiones de gases de efecto invernadero derivados del proceso agroproductivo. El caso del óxido nitroso (N_2O)*. Instituto de suelos, CIRN, INTA-CONICET – Facultad de Agronomía UBA
19. Zulfiqar, H. (2012). *Greenhouse gas inventory at an institution level: a case study of Massey University, New Zealand, Greenhouse gas measurement and management*. Vol. 2. Issue 4. p 178-185. DOI: 10.1080/20430779.2012.760157.