



## EMISIÓN DE ÓXIDO NITROSO DEL AGROPECUARIO

**Sergio Abarca Monge**

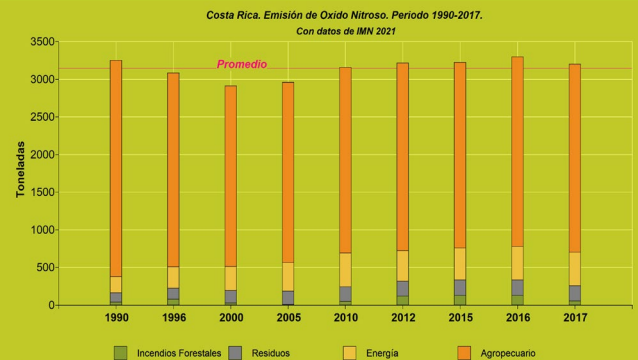
En relación a la emisión de óxido nitroso ( $N_2O$ ) reportada por el IMN [Inventario Nacional de Gases 2017](#), ha sido inventariada en 12 emisores de cuatro sectores de acuerdo con el cuadro 1. El óxido nitroso es el tercer gas en cantidad de emisión después del  $CO_2$  y el  $CH_4$  y tiene una alta capacidad de retención de calor en la atmósfera, 310 veces mayor que el  $CO_2$  y es considerado de vida larga.

**Cuadro 1. Sectores emisores de óxido nitroso**

Sector	Emisor
Energía	Industria de la producción de energía
	Industria de manufacturas y construcción
	Transporte
	Otros Sectores
Agricultura	Quema de biomasa en tierras de cultivo
	Quema de biomasa en pastizales
	Emisiones directas de $N_2O$ de los suelos gestionados <sup>1</sup>
	Emisión del estiércol de animales zootécnicos no vacunos
Conservación	Quema de biomasa forestal (incendios forestales)
Residuos	Tratamiento biológico de residuos sólidos
	Incineración abierta de residuos
	Tratamiento y eliminación de aguas residuales

<sup>1</sup> En pasturas incluye excretas de vacunos

La emisión total de óxido nitroso en Costa Rica durante el periodo 1990-2017 varió entre 2.391 y 2.871 toneladas anuales, siendo el año 2005 el de menor y el 1990 el de mayor emisión. (Figura 1). En general la emisión de óxido nitroso del país fue pequeña en el periodo estudiado por IMN (3.146 toneladas promedio anual). El sector agropecuario con una tendencia a la reducción aportó aproximadamente el 80% (2.519 toneladas en promedio) (Figuras 1 y 2).



**Figura 1. Costa Rica. Emisión de óxido nitroso.**

El sector energía con un promedio de 11,9% de la emisión y una tendencia incremental se ubicó en el segundo lugar. En tercer lugar, el sector residuos con una tendencia constante (5,7% promedio), y la concebida consideración de la subestimación en los sub sectores de tratamiento biológico (degradación biológica de residuos orgánicos) y por aguas residuales clandestinas, mencionados en el boletín anterior. En un cuarto lugar el sector de conservación (FOLU) con únicamente una fuente de emisión reportada, por incendios forestales (2,4% promedio) pero con una fuerte variación interanual en un rango de 0,34 a 4,03% producto de la variabilidad en la cantidad y severidad de incendios para cada año (Figura 1). En este sector no se estimó la emisión de óxido nitroso de los ecosistemas de bosque, como se realizó la estimación para la emisión de metano de los ecosistemas de humedales, ambos sistemas naturales del grupo FOLU de acuerdo con la nomenclatura de IPCC, 2019. Es posible que bosques sea la fuente de emisión de óxido nitroso más importante. Aunque no sea antropogénica, así como la de emisión de metano de los humedales tampoco lo es. Pero en aras de la transparencia permitiría observar el impacto antropogénico de la emisión de este gas con respecto al sistema natural, especialmente en el sector pecuario de ganadería a pastoreo, así como los sistemas de agricultura orgánica y agroforestales, entre otros que no aplican fertilización nitrogenada sintética al suelo.

$N_2O$



Óxido Nitroso

Potencial de calentamiento global 310 veces más que el  $CO_2$  a un horizonte de vida en la atmósfera de 100 años

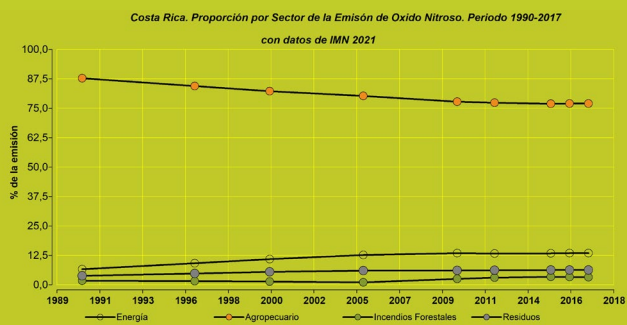


Figura 2. Costa Rica. Emisión de óxido nitroso.

## VARIACIÓN DE LA EMISIÓN DE ÓXIDO NITROSO DEL SECTOR AGROPECUARIO.

En la figura 3 se observan las tendencias de la emisión de óxido nitroso para pasturas y cultivos de acuerdo con el recálculo de IMN para el periodo 1990 - 2017, en cada momento donde se había realizado un inventario nacional de gases con efecto invernadero.

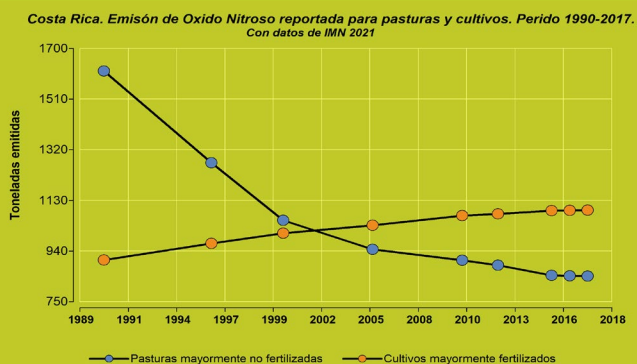


Figura 3. Estimación de la emisión de óxido nitroso para pasturas y cultivos.

Debemos recordar que la eficiencia de producción se establece mediante la relación emisión/producción. En este caso en función del área sembrada y la cosecha obtenida. También que el Inventario de GEI 2017 no tenía como objetivo establecer estas relaciones.

Al comparar entre curvas de tendencia (pasturas-cultivos, figura 3) tenemos que tomar en cuenta una consideración importante. La mayoría de las pasturas no recibieron fertilización, es posible que más del 90% de las pasturas nunca habían recibido fertilización química al suelo. Mientras que [INEC 2022](#) indica que los productores que reportan fertilización en sus cultivos están entre 89 a 42%.

En función a los objetivos de una ganadería adaptada, surgen varias interrogantes: ¿Cuáles pastos emiten más

óxido nitroso: los naturalizados o los que llamamos mejorados? ¿Los pastos sin fertilizar emiten igual, más o menos que los cultivos fertilizados? ¿Cuál es el peso de los datos de actividad en el cálculo para obtener la emisión?

Hoy tenemos conocimiento de que los suelos de pasturas con relaciones Carbono: Nitrógeno menores de 10:1 tienen una actividad microbiana más intensa y tienden a emitir más  $N_2O$ , independientemente de otras variables que influyen en la emisión como: tipo de suelo, especie de pasto predominante (naturalizado o mejorado), zona ecológica, clima, pendiente y manejo. También sabemos que las especies mejoradas sin fertilizar retienen más nitrógeno en el ecosistema pastura y probablemente emitan más óxido nitroso que las naturalizadas, pero siempre mucho menos que el bosque; y que cualquier pastura fertilizada con nitrógeno al suelo tiende a emitir más que una sin fertilizar (Figura 3).

Sin embargo, definitivamente entre 1990 y 2000 el dato de actividad (área estimada de pasturas) se redujo fuertemente, lo que provocó la gran reducción de la emisión de  $N_2O$  asignada a los suelos cubiertos con pasturas. Otros aspectos que pudieron contribuir en las estimaciones de los años 90's; aunque en menor proporción, fueron: el remanente de biomasa y materia orgánica del bosque, que mantuvo una mayor actividad microbiana y cantidad de nitrógeno en los primeros años de la pastura.

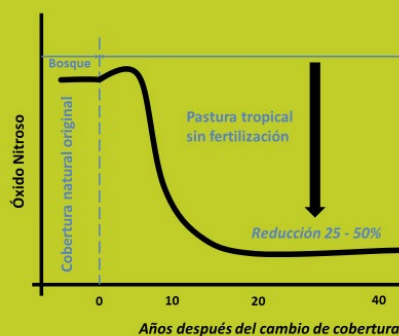
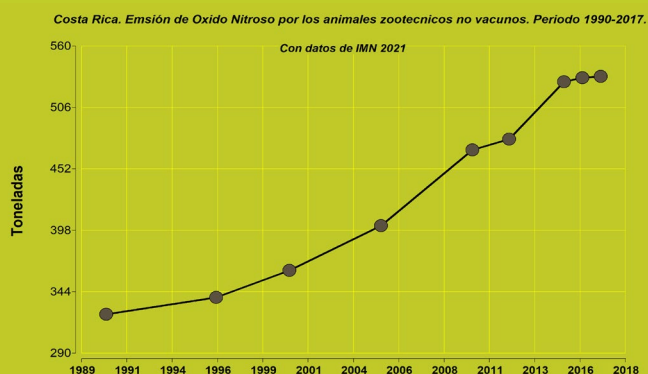


Figura 4. Esquema de la emisión de óxido nitroso después del cambio de cobertura del suelo de bosque a pastura. MRV NAMA Ganadería Costa Rica.

(Arreglo de acuerdo con: Liu, S.; Reiners, W. Keller, M.; Schimel, D. 1999; Melillo, J.; Steudler, P.; Feigl, B.; Neill, C.; Garcia, D.; Piccolo, M.; Cerri, C.; Tian, H. 2001; Neill, C.; Garcia-Montei, D.; Melillo, J.; Feigl, B. 2005; Koehler, B.; Corre, M.; Veldkamp, E.; Wullaert, H.; Wright, J. 2009; Rowlings, D.; Grace, P.; Scheer, C.; Lui, S. 2015; Arquedas-Acuña, F.; Jiménez-Araya, J.; Abarca-Monge, S. 2018.

Así como, la poca información de las variaciones de emisión entre sitios, teniendo que usar factores de emisión estimados en forma puntual en uno o dos sitios para dos o tres pasturas naturalizadas con extrapolaciones a grandes áreas donde no fue posible tomar en cuenta las variables anteriormente mencionadas que influyen en la variabilidad de la emisión. Las estimaciones después del 2005 han tenido mayor sustento técnico, una mejor métrica y más elementos sobre las áreas de pastura y sus variaciones.



**Figura 5. Estimación de la emisión de óxido nitroso de los animales zootécnicos no vacunos.**

La figura 5, presenta la tendencia de la emisión de los animales zootécnicos diferentes a los vacunos, se observa una tendencia creciente impulsada principalmente por las actividades porcina y avícolas, y en menor grado por otros rumiantes con el búfalo.

La emisión por quemas del sector agropecuario es relativamente pequeña, la mayor variación en cultivos depende de las áreas de cosecha especialmente de caña de azúcar. En pastos, la reducción del área con pastos naturalizados como Jaragua (*Hyparrhenia rufa*) en la región Chorotega, como también Capín o Calinguero (*Melinis minutiflora*) en regiones con más cantidad de pasturas en ladera, producto de la sustitución a pastos mejorados; especialmente del género *Brachiaria*, posiblemente ha reducido la cantidad de incendios en pasturas.

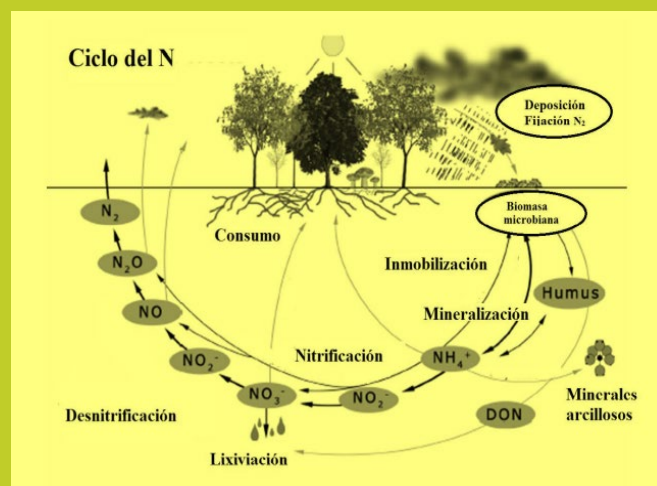
Definitivamente el sub-sector pecuario es el que más ha contribuido a la reducción de las estimaciones de óxido nitroso, por la reducción en el área de pasturas. No obstante, la estimación, se puede reducir más si se parte del hecho de que la vegetación natural original (bosque) que sería la cobertura más idónea posible, es más emisora que la antropogénica (pasturas).

La equivalencia se puede hacer poniendo como ejemplo la acción antropogénica de la siembra de árboles forestales exóticos en monocultivo, donde es válido para dicha actividad antropogénica (no de cobertura natural original) contabilizar la remoción de carbono. De esta forma se debería contemplar la no emisión con respecto a la cobertura natural original (bosque).

**Cuadro 2. Emisión de óxido nitroso por quemas del sector agropecuario**

Años	Cultivos	Pastos
	Toneladas N <sub>2</sub> O	
1990	13,3	3,7
1996	18,9	16,8
2000	18,4	10,0
2005	17,8	5,0
2010	16,5	5,3
2012	22,3	8,3
2015	24,7	5,6
2016	17,2	8,9
2017	20,5	7,6

Datos de IMN 2021



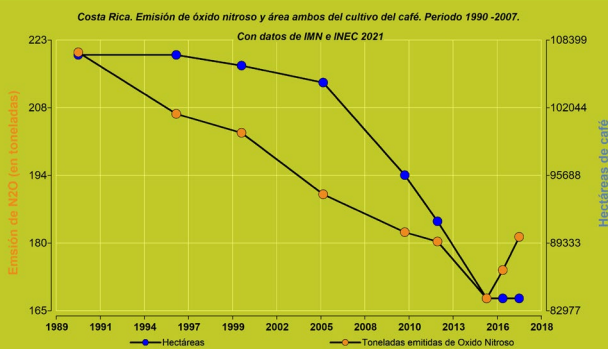
Tomado de: [Talavera, D. E. 2013](#)



## LA EVOLUCIÓN DE LA EMISIÓN DE ÓXIDO NITROSO EN EL CULTIVO DEL CAFÉ

Tomando los datos de [INEC 2021](#) sobre área de cultivo y cosecha de café para el mismo periodo de años del recálculo del inventario de GEI, se puede estimar en forma general la tendencia de la emisión en relación con la producción y productividad en el cultivo del café.

En la figura 6 se observa que la reducción de la emisión de óxido nitroso se asocia fuertemente a la reducción del área dedicada al cultivo del café hasta 2015. En 2016 y 2017 se da una estabilidad en el área sembrada con un incremento en la emisión de óxido nitroso, posiblemente por una mejor fertilización nitrogenada en esos dos años.



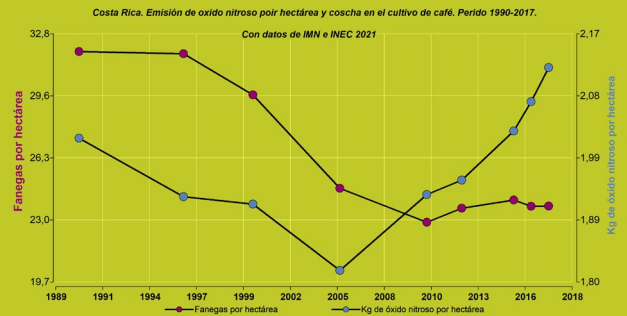
**Figura 6. Emisión de óxido nitroso y área en el cultivo del café.**

En relación con la eficiencia Emisión/Rendimientos; sin ninguna información referente a la fertilización, del cuadro 7 se deduce que entre 1990 y 2005 hubo una caída de los rendimientos de café y también de la emisión de óxido nitroso por hectárea de cultivo. Lo que nos permite generar tres hipótesis sobre su evolución en el periodo del NAMA. Primera: una parte importante de la baja en rendimientos se asocia a menos fertilización nitrogenada.

Después de 2010 los rendimientos se estabilizaron, pero la emisión de óxido nitroso se incrementó fuertemente. Por lo tanto, la segunda hipótesis sería que la caída en rendimientos se detuvo en la media que se aplicó más fertilización.

La tercera hipótesis sería que la reducción de áreas se realizó sobre terrenos con mejor clima y suelo para el cultivo. Quedando posiblemente una mayor proporción de zonas de ladera, donde la pendiente y el origen de suelo no permiten una fertilidad; como por ejemplo las áreas del norte de la región Central Occidental que pasaron de café a urbanismo. Además, estas zonas de

menor fertilidad ocuparon una mayor fertilización que otras con mejor suelo y terrenos de menor pendiente para mantener los rendimientos.

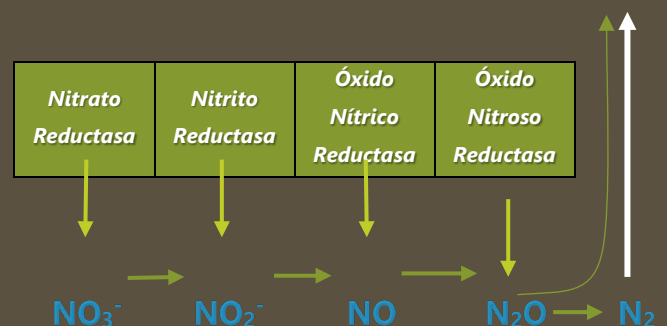


**Figura 7. Cosecha de café y estimación de la emisión de óxido nitroso por hectárea de cultivo.**

En conclusión, las tecnologías NAMA se deberían de enfocar en suelos cafetaleros de ladera, con acciones en la reducción efectiva de la erosión, retención e incremento de carbono orgánico del suelo y retención del nitrógeno en el agro sistema cultivo; y no tanto en ensayos puntuales y de corta duración de fuentes, frecuencias y dosis de fertilizante nitrogenado para estimación de factores de emisión, recomendados por consultores y apoyada por los financistas de proyectos para la NAMA.

### Proceso de desnitrificación

Las bacterias responsables de la desnitrificación biológica en el suelo pertenecen a varios géneros, destacan las heterótrofas de géneros como *Basillus*, *Thiobacillus* y *Propionibacterim*, entre otros. En las reacciones que realizan aparecen compuestos intermedios como óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ). Las enzimas que catalizan estas reacciones son la: nitrato reductasa, nitrito reductasa, óxido-nítrico reductasa y la óxido-nitroso reductasa.



Wrage et al 2001