

En la producción de muchos de los cultivos extensivos, la fertilización puede llegar a representar entre el 70-85% del total de la huella de carbono

¿CÓMO PODEMOS REDUCIR LA HUELLA DE CARBONO DE LA FERTILIZACIÓN?

Ángel Maresma¹, Antonio Vallejo^{2,3}, José María Estavillo⁴, Carmen González-Munúa⁴, Israel Carrasco¹

¹ Departamento de I+D de EuroChem Agro Iberia, S.L.

² Departamento de Química y Tecnología de Alimentos, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid.

³ Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales (CEIGRAM).

⁴ Universidad del País Vasco (UPV-EHU).

En las últimas décadas, se han hecho grandes avances en el desarrollo de inhibidores de la nitrificación. Especialmente, en la comprensión de su modo de acción y del papel que desempeñan en la reducción de las pérdidas de N a la atmósfera en forma de gases de efecto invernadero y a las aguas subterráneas por lixiviación. Debido a que estas pérdidas disminuyen la eficiencia del uso de N, también tienen un efecto económico en el sector agrícola.

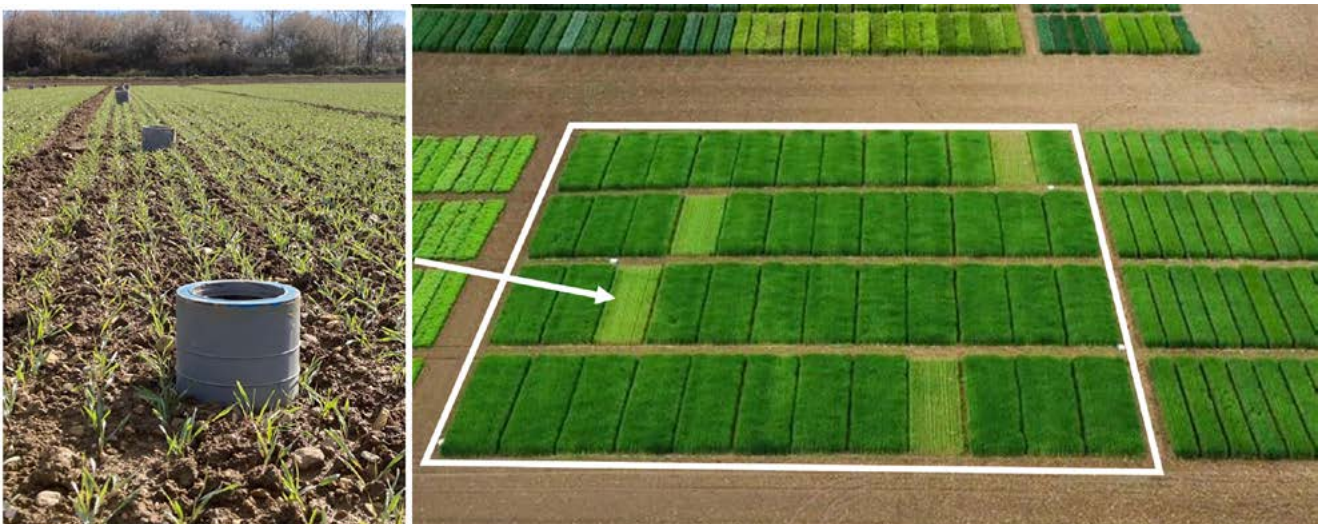


Foto 1. Ensayo experimental para la determinación de emisiones de gases de efecto invernadero en cebada. Colaborador UPV-EHU.

INTRODUCCIÓN

La huella de carbono en la agricultura se refiere a la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos de manera directa o indirecta durante

las actividades agrícolas. Estos gases contribuyen al calentamiento global y al cambio climático. La fertilización, y especialmente la fertilización nitrogenada, tiene un impacto significativo

en la emisión de estos GEI, y por consecuencia, en la huella de carbono de la agricultura. En la producción de muchos de los cultivos extensivos, la fertilización puede llegar a representar

entre el 70-85% del total de la huella de carbono.

Es evidente que los sistemas agroalimentarios mundiales dependen de la fertilización sintética con nitrógeno (N) para aumentar el rendimiento de los cultivos, pero los fertilizantes nitrogenados generan una alta huella de carbono en fabricación y en la aplicación en campo. De hecho, los últimos estudios científicos estiman que en la Unión Europea (EU28) un 38% de las emisiones (CO₂ eq) se producen en fabricación, y un 62% en campo (Menegat et al., 2022) (figura 1).

Por tanto, para reducir la huella de carbono en la producción agrícola resulta fundamental mitigar las emisiones de GEI en campo, y para ello es importante conocer el ciclo del N. En el ciclo del N se producen una serie de procesos que modifican la forma en la que este nutriente se encuentra en el suelo y pueden dar lugar a pérdidas. Uno de estos procesos es la nitrificación, proceso por el cual los microorganismos del suelo convierten los fertilizantes, orgánicos (N_{org}), ureicos ((NH₂)₂CO) y amoniacales (NH₃), en nitratos (NO₃⁻). Durante este proceso se produce óxido nitroso (N₂O) que se emite a la atmósfera. Además, el N resultante de este proceso se queda en forma de nitrato (NO₃⁻) el cual es susceptible a pérdidas tanto por lixiviación (NO₃⁻) como por desnitrificación (N₂O).

El óxido nitroso (N₂O) es un potente gas de efecto invernadero que tiene la capacidad de absorber la radiación infrarroja. Actualmente, se estima que el óxido nitroso (N₂O) es el responsable del 6% del calentamiento global ocasionado por los gases de efecto invernadero.

Una herramienta eficaz, disponible, y contrastada científicamente para reducir las emisiones de GEI y la lixiviación, es la tecnología de los inhibidores de la nitrificación (IN). Utilizados junto con

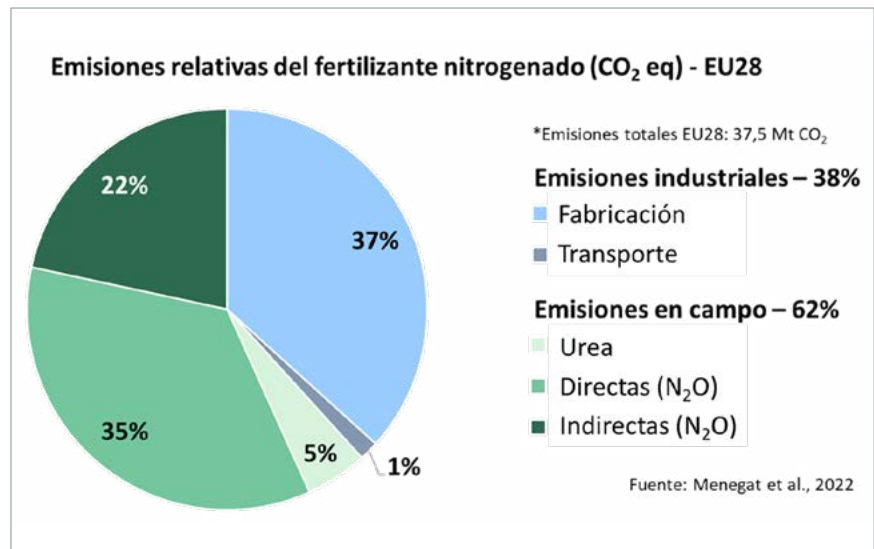


Figura 1. Emisiones de gases de efecto invernadero estimada de los fertilizantes nitrogenados en EU28. Adaptado de Menegat et al., 2022.

fertilizantes nitrogenados amoniacales o ureicos pueden reducir la huella de carbono de la producción agrícola.

¿QUÉ ES UN INHIBIDOR DE LA NITRIFICACIÓN Y POR QUÉ PUEDEN REDUCIR LA HUELLA DE CARBONO?

Los inhibidores de la nitrificación son compuestos que retrasan la oxidación del amonio (NH₄⁺) a nitrito (NO₂⁻), sin afectar la subsiguiente oxidación de nitrito a nitrato (NO₃⁻), ya sea inhibiendo o interfiriendo en el metabolismo de las bacterias nitrifi-

ficantes (Nitrosomonas) (figura 2). La incorporación de un inhibidor de la nitrificación con cualquier producto nitrogenado en base amoniacal permitirá retener el N en el suelo en la forma amoniacal durante más tiempo. De este modo, se reduce la concentración de nitratos durante un periodo de tiempo, minimizando las pérdidas potenciales de N por desnitrificación y/o lixiviación.

En las últimas décadas, se han hecho grandes avances en el desarrollo de inhibidores de la nitrificación.

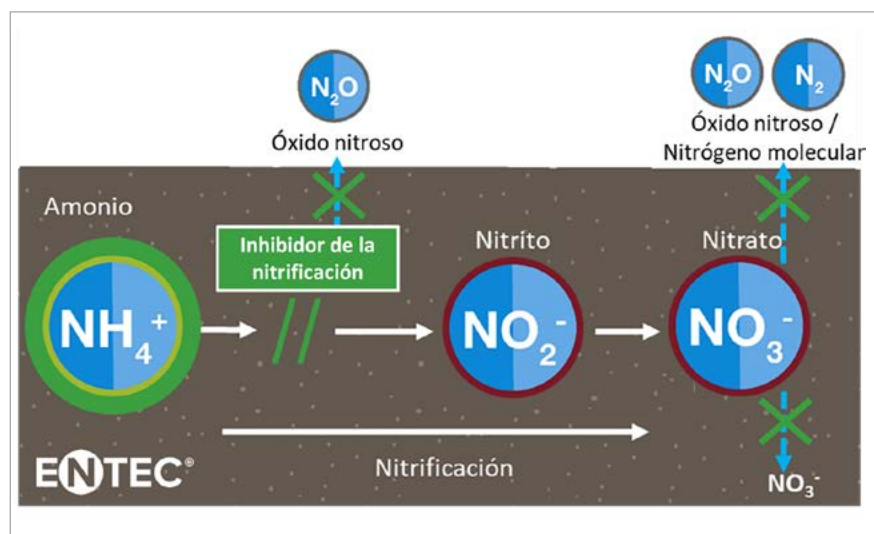


Figura 2. Efecto de los inhibidores de la nitrificación en la transformación del nitrógeno en el suelo.



Foto 2. Ensayo experimental de fertirrigación y determinación de lixiviación de nitratos en lechuga. Colaborador CEBAS-CSIC.

Especialmente, en la comprensión de su modo de acción y del papel que desempeñan en la reducción de las pérdidas de N a la atmósfera en forma de gases de efecto invernadero y a las aguas subterráneas por lixiviación. Debido a que estas pérdidas disminuyen la eficiencia del uso de N, también tienen un efecto económico en el sector agrícola.

El uso de diferentes inhibidores de la nitrificación en combinación con fertilizantes con N nitrificable (amoniaco o ureico) permite aumentar la eficiencia del uso del N, lo mejora las

cosechas y encuentra una solución a los problemas ambientales (calentamiento global y eutrofización de aguas) al contener la emisión de óxido nitroso (N_2O) y la lixiviación de nitratos (NO_3^-).

INVESTIGACIÓN PÚBLICO-PRIVADA PARA DESARROLLAR FERTILIZANTES MÁS EFICIENTES Y CON MENOR HUELLA DE CARBONO

El desarrollo de fertilizantes que incorporan inhibidores de la nitrificación ha sido ampliamente evaluado en condiciones mediterráneas, y más

concretamente en la península Ibérica, gracias a la colaboración público privada entre EuroChem y universidades y centros de investigación.

La investigación colaborativa comenzó hace más de 25 años con la evaluación del inhibidor de la nitrificación DCD (diciandamida). Posteriormente, se desarrolló el inhibidor de la nitrificación DMPP (dimetil pirazol fosfato) y en la última década, se ha hecho especial énfasis en la evaluación del nuevo inhibidor de la nitrificación DMPSA (dimetil pirazol fosfato ácido succínico).



Foto 3. Ensayo experimental en cultivos extensivos (cebada, trigo, colza, patata y maíz). Colaborador ITACyL.

En estos años, se ha trabajado para conocer más sobre el modo de acción, así como en la efectividad de los inhibidores de la nitrificación en mantener el N en forma amoniacal en el suelo y reducir las pérdidas de este nutriente al medioambiente. Durante este periodo de tiempo, se ha visto como la evolución de los inhibidores de la nitrificación conseguía mejorar sus propiedades para aportar mayores beneficios agronómicos y medioambientales.

Dentro del proyecto de investigación para el desarrollo de los inhibidores de la nitrificación incluidos en los fertilizantes de la gama ENTEC® (DMPP y DMPA) destacan las colaboraciones con la Universidad del País Vasco (UPV-EHU) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). En estos centros se ha evaluado especialmente el efecto de los inhibidores de la nitrificación en las poblaciones microbianas de suelo, las emisiones de gases de efecto invernadero y la lixiviación de nitratos.

Por otro lado, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la Universitat de Lleida (UdL), el Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL), el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) y el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), han sido piezas clave del proyecto para evaluar agrónomicamente las características de los inhibidores de la nitrificación en diversas condiciones agroclimáticas, con diferentes suelos, cultivos, sistemas de producción y estrategias de fertilización.

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROYECTO

Los inhibidores de la nitrificación evaluados en el proyecto de desarrollo de ENTEC® han mejorado las propiedades de los fertilizantes nitrogenados debido a la ralentización de la transformación del N amoniacal

a nítrico en el suelo. Los inhibidores de la nitrificación basados en DMP (dimetil pirazol) han demostrado ser más eficientes que la diciandamida (DCD), y concretamente, el DMPA ha obtenido resultados prometedores tanto en la reducción de emisión de óxido nítrico (N_2O) como en la reducción de la lixiviación de nitratos (NO_3^-) en diferentes condiciones edafoclimáticas. Además, esta reducción de pérdidas de N se ha visto traducida en una mayor eficiencia en el uso del N (NUE) y en una tendencia a incrementar las producciones agrícolas.

La literatura científica cuantifica el efecto de los inhibidores de la nitrificación en una reducción de un 47% en la lixiviación de nitratos (NO_3^-) y de un 44% en la emisión de óxido nítrico (N_2O) (Qiao et al., 2015). Nuestros resultados muestran efectividades similares en el caso de la reducción de la lixiviación de nitratos (NO_3^-), pero son superiores en la reducción de la emisión de óxido nítrico (N_2O) (figura 3).

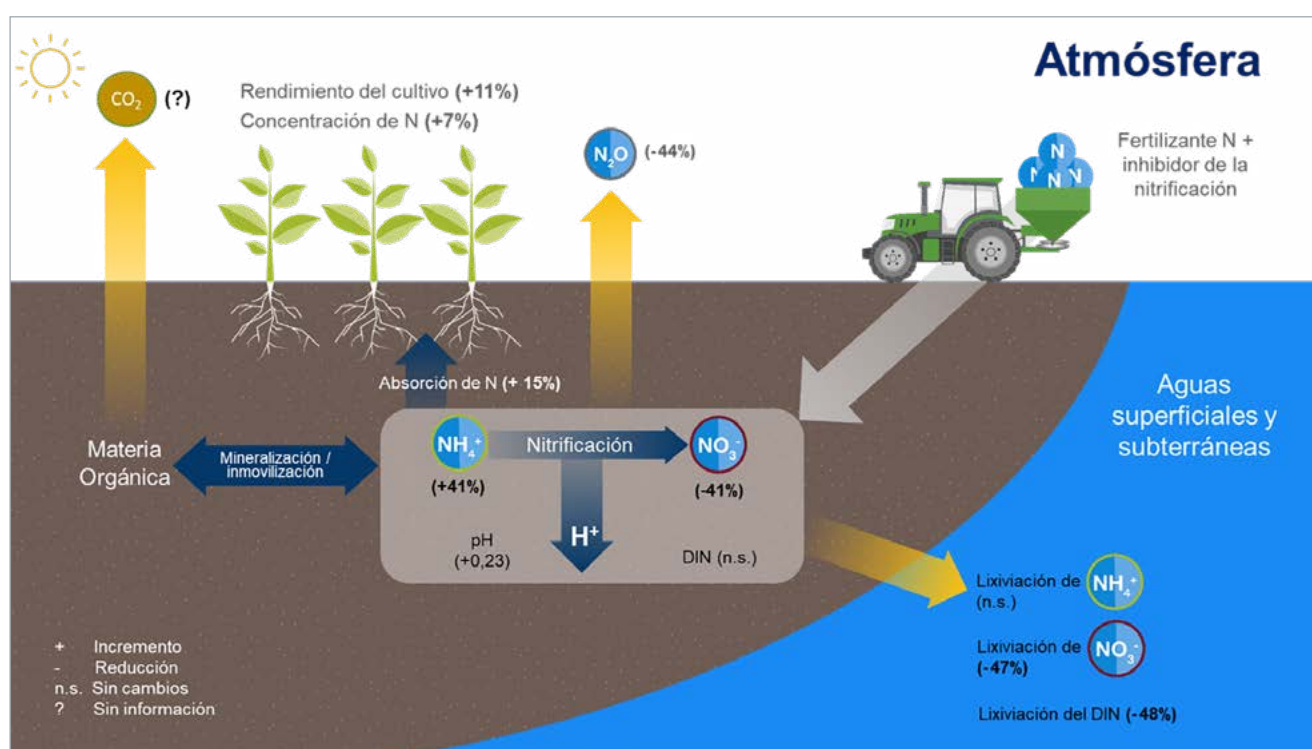


Figura 3. Efectos de los inhibidores de la nitrificación (IN) en la productividad de las plantas y en el medioambiente. Entre paréntesis se muestran los efectos medios de los IN. IN, inhibidor de la nitrificación; DIN, nitrógeno inorgánico disuelto. Adaptado de Qiao et al. (2015).



Foto 4. Ensayo experimental de fertirrigación en olivar superintensivo. Colaboración con IRTA-UdL.

En 45 ensayos de campo realizados con medición de gases de efecto invernadero utilizando inhibidores de la nitrificación basados en DMP (ENTEC®) desde 2010, la reducción de emisión de óxido nitroso (N_2O) ha sido de un 65% (figura 4), llegando en algunos casos a reducir casi al 100% las emisiones de este potente gas de efecto invernadero.

Es importante destacar que en un 80% de los estudios evaluados los porcentajes de reducción de la emisión de óxido nitroso (N_2O) han sido superiores a lo que se determina en la literatura científica. Esto se debe a que no en todas las condiciones agroclimáticas se dan las mismas emisiones, ni todos los inhibidores de la nitrificación son igual de eficientes. ni todos los inhibidores de la nitrificación son igual de eficientes. En los estudios realizados en la península ibérica, los fertilizantes ENTEC® (que incorporan inhibidores de la nitrificación DMPP y

DMPSA) han mostrado un mayor efecto en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero debido a que las condiciones climáticas favorecen la nitrificación.

Además, es importante remarcar que los estudios científicos se han llevado a cabo en condiciones climáticas diferentes a nivel nacional, y los inhibidores de la nitrificación DMPP y DMPSA han reducido notablemente las emisiones

de óxido nitroso (N_2O). Por tanto, resultan evidentes las mejoras ambientales que pueden proporcionar los inhibidores de la nitrificación DMPP y DMPSA.

La mayoría de estos resultados han sido publicados en revistas científicas SCI (más 50 artículos) y muestran el potencial que tienen los inhibidores de la nitrificación DMPP y DMPSA para reducir el impacto ambiental asociado a la fertilización nitrogenada.

En 45 ensayos de campo realizados con medición de gases de efecto invernadero utilizando inhibidores de la nitrificación basados en DMP (ENTEC®) desde 2010, la reducción de emisión de óxido nitroso (N_2O) ha sido de un 65%, llegando en algunos casos a reducir casi al 100%

CONCLUSIÓN

La colaboración público-privada ha sido fundamental para alcanzar el objetivo de mejorar la sostenibilidad de la agricultura española vía el desarrollo de tecnología de los inhibidores de la nitrificación DMPP y DMPA. El desarrollo de los fertilizantes ENTEC®

(que incorporan los inhibidores de la nitrificación DMPP y DMPA) ha supuesto la creación de una herramienta eficaz para dar respuesta a la problemática ambiental asociada a la fertilización nitrogenada. En nuestras condiciones, se puede reducir drásticamente las emisiones de gases

de efecto invernadero y mitigar las pérdidas de lixiviación por nitratos, a la vez que se mejoran las condiciones de producción para nuestra agricultura. Este beneficio se traduce en una reducción importante de la huella de carbono asociada a la agricultura. ■

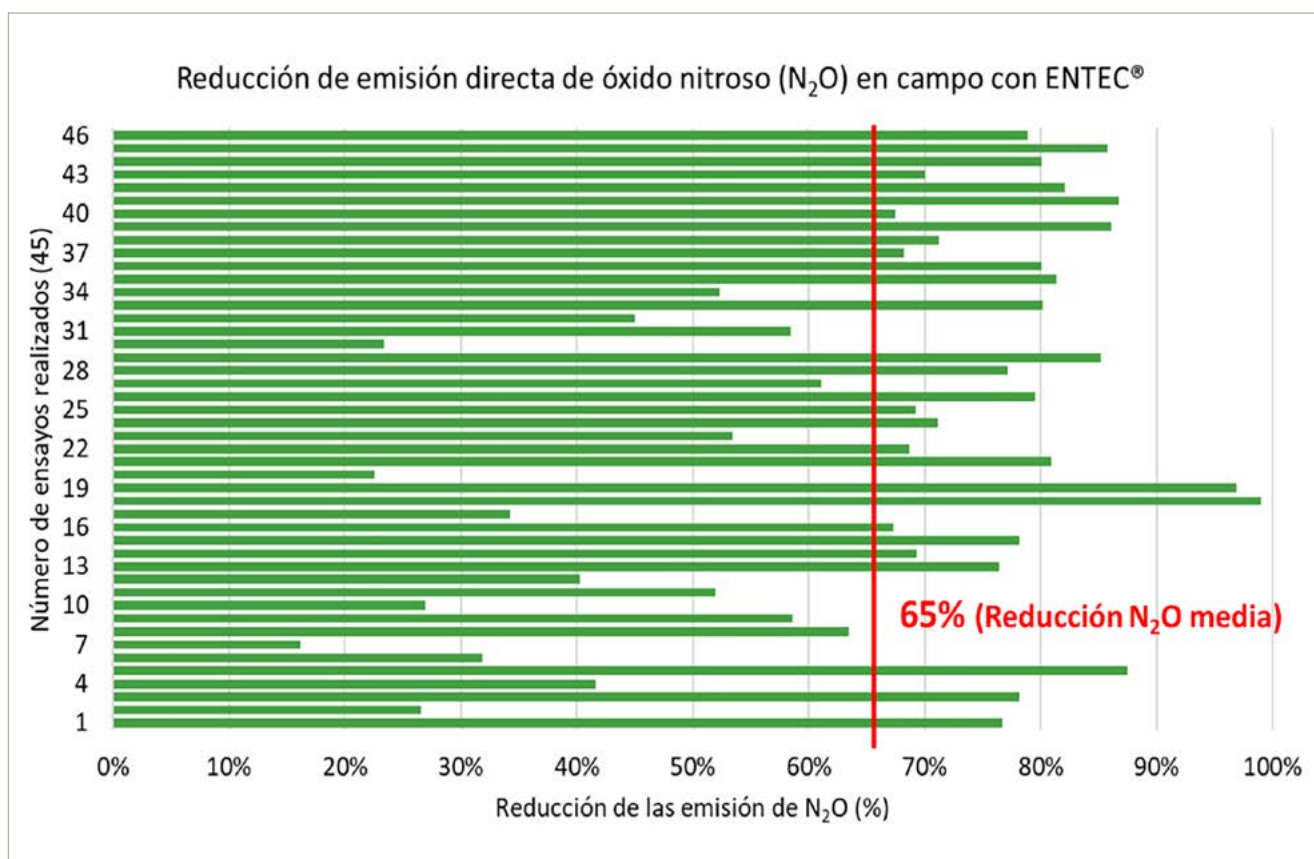


Figura 4. Eficiencia de ENTEC® (que incorporan DMPP o DMPA) en la reducción de las emisiones directas de óxido nitroso (N_2O) en campo (45 ensayos, 2010-2022).



REFERENCIAS

- Menegat, S., Ledo, A., Tirado, R. 2022. Greenhouse gas emissions from global production and use of nitrogen synthetic fertilisers in agriculture. *Sci Rep* 12, 14490.
- Qiao, C., Liu, L., Hu, S., Compton, J., Greaver, T., Li, Q. 2015. How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. *Global Change Biology*, 21, 1249-1257.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Ciencia e Innovación por la ayuda Torres de Quevedo PTQ2020-011271/AEI/10.13039/501100011033, recibida por Dr. Ángel Maresma.