

REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE AMONÍACO EN LA AGRICULTURA MEDITERRÁNEA MEDIANTE TÉCNICAS INNOVADORAS DE FERTIRRIGACIÓN CON PURINES



© Life Arimeda

LIFE ARIMEDA
LIFE 16 ENV/ES/000400

INFORME
LAYMAN



© Life Arimeda



SOCIOS DEL PROYECTO

COORDINADOR



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN | CITA

Avda. Montañana, 930 | 50059 Zaragoza (ES)

Tel. 034 976 716 300

www.cita-aragon.es

- Coordinación administrativa y técnica del proyecto
- Supervisión científica y técnica del proyecto
- Diseño, seguimiento y evaluación de las técnicas demostradas con purín porcino en sistemas de gestión centralizada
- Seguimiento y validación de la reducción de emisiones de amoníaco con las técnicas aplicadas en Aragón

SOCIOS



ASOCIACIÓN DEFENSA SANITARIA Nº 2 COMARCAL PORCINO EJEA DE LOS CABALLEROS

Ctra. de Erla, 43 | 50600 Ejea de los Caballeros (Zaragoza, ES)

Tel. 034 976 662 526

www.ads2porcino.com

- Transferencia
- Ensayos demostrativos de campo



MECÀNIQUES SEGALÉS S.L.

c/ Sabassona, 17 | Pol. Ind. Mas Galí | 08503 Gurb (Barcelona, ES)

Tel. 034 938 86 23 66

www.segales.es

- Asistencia técnica
- Diseño, desarrollo e instalación de tecnologías de separación



RIEGOS IBERIA REGABER S.A.

C/Garbí, 3 | Pol. Ind. Can Volart | 08150 Parets del Vallès (Barcelona, ES)

Tel. 034 935 737 400

www.regaber.com

- Asistencia técnica
- Diseño, desarrollo e instalación de riego



UNIVERSIDAD DE MILÁN - DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES

Via Festa del Perdono, 7 | 20122 Milan (IT)

Tel. 039 02503 16855

www.disaa.unimi.it

- Supervisión científica y técnica del proyecto
- Diseño, seguimiento y evaluación de las técnicas demostradas con digerido
- Seguimiento y validación de la reducción de emisiones de amoníaco con las técnicas aplicadas en Lombardía



ASOCIACIÓN REGIONAL GANADERA DE LOMBARDÍA

Via Kennedy, 30 | 26013 Crema (IT)

Tel. 039 0373 89701

www.aral.lom.it

- Transferencia y enlace con el sector agroganadero
- Divulgación de las actividades y ensayos demostrativos en campo

Agriter

dottori agronomi associati

AGRITER SERVIZI SRL

Via del Macello, 26 | 26013 Crema (IT)

Tel. 039 0373 84004

www.agriter.it

- Asistencia técnica
- Evaluación y Análisis de Ciclo de Vida de las técnicas demostradas

ACQUAFERT Agri

ACQUAFERT SRL

Via Strada Provinciale, 33, 3-5-7 | 26030 Cremona (IT)

Tel. 039 0372 835672

<http://acquafert.it/>

- Diseño, desarrollo e instalación de tecnologías de separación y tecnología de riego.
- Ejecución de ensayos demostrativos
- Evaluación socioeconómica de las técnicas demostradas.



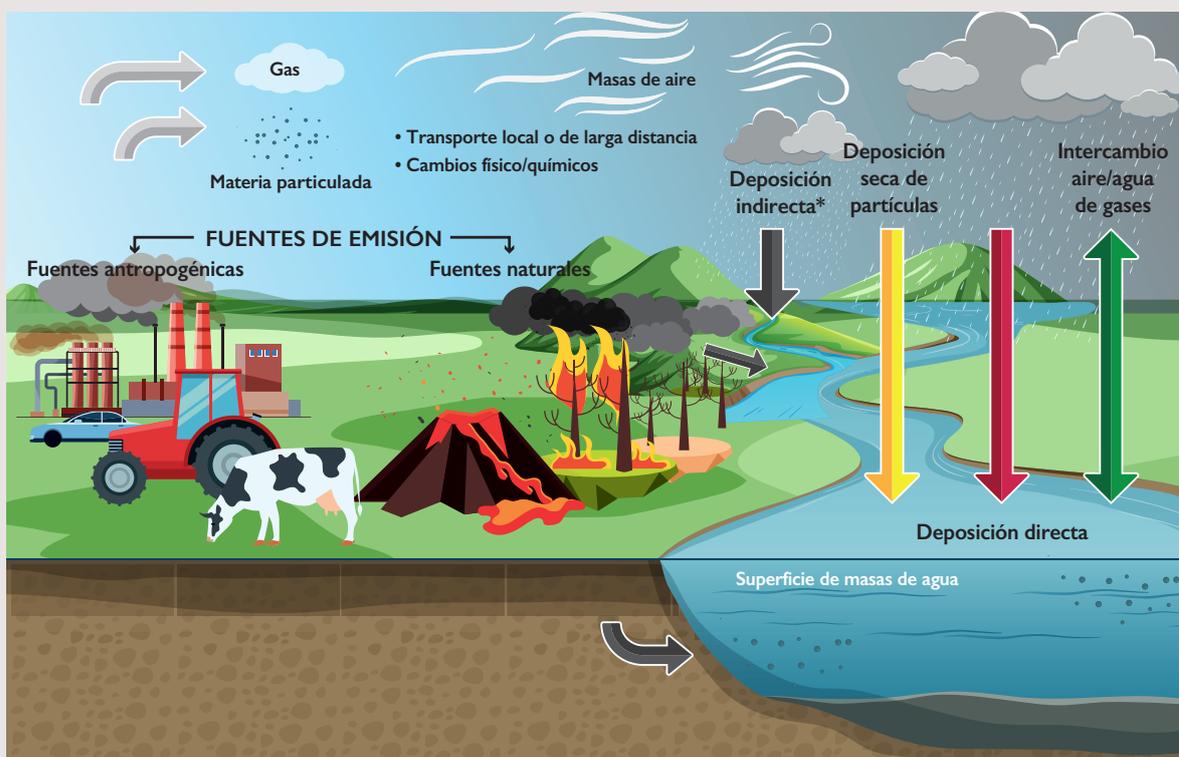
El proyecto LIFE ARIMEDA ha recibido fondos del Programa LIFE de la Unión Europea.

Cualquier comunicación o publicación relacionada con el proyecto, realizada por los beneficiarios conjunta o individualmente en cualquier forma y utilizando cualquier medio, refleja únicamente la opinión del autor y CINEA no es responsable del uso que pueda hacerse de la información que contiene.

ANTECEDENTES

El amoníaco (NH_3) emitido por fuentes antropogénicas y naturales es una forma reactiva de nitrógeno que puede provocar efectos adversos en el medio ambiente y en la salud de las personas. La emisión y posterior deposición del NH_3 es dañina para los ecosistemas porque causa acidificación y altera las comunidades de plantas dañando los bosques y la vegetación de forma directa e indirecta. Su deposición también contribuye al enriquecimiento de las aguas en nitrógeno y, por tanto, puede ser una causa secundaria de eutrofización. También afecta a sectores económicos clave, como la pesca y el turismo, produce malos olores, paisajes deteriorados y la restricción de actividades económicas y recreativas (como, por ejemplo, la pesca) con altos retornos socioeconómicos (Sarteel *et al.*, 2016).

Además, el NH_3 es un precursor de la formación de partículas de pequeño tamaño ($\text{PM}_{2.5}$), que afectan a los sistemas respiratorio y cardiovascular y provocan muertes prematuras. Según la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2019), en Europa, se produce aproximadamente 400.000 muertes prematuras por año atribuibles a la exposición a largo plazo de $\text{PM}_{2.5}$ (Lovarelli *et al.*, 2020). Además, también es un precursor de la formación de óxidos de nitrógeno y puede ser, en determinadas situaciones, una fuente de óxido nitroso (N_2O), que es un gas de potente efecto invernadero.



Adaptado de Behera *et al.*, 2013.

* La deposición indirecta es la deposición directa en la tierra, seguida de la escorrentía o la percolación a través de las aguas subterráneas a una masa de agua superficial

Las principales fuentes de emisión antropogénicas de NH_3 son la ganadería (incluida la gestión de estiércol y purín) responsable de más del 70% de estas emisiones y la aplicación de fertilizantes sintéticos que contribuye con el 20%. Debido a la mayor demanda de carne y leche para consumo humano, la producción animal ha aumentado considerablemente en los últimos años, lo que ha dado lugar a un rápido aumento del número de cabezas de ganado y de la producción de purín y digerido.

El purín de cerdo, así como el digerido, un subproducto de las plantas de digestión anaerobia ampliamente extendidas en Lombardía, tienen un valioso contenido de nutrientes. El nitrógeno en ambos productos se encuentra principalmente en forma de nitrógeno amoniacal, que es muy propenso a volatilizarse. Así, si bien son un excelente fertilizante, deben almacenarse y aplicarse en el campo con técnicas que minimicen las emisiones de NH_3 a la atmósfera.

La implementación de técnicas de aplicación al campo de purín y digerido que reduzcan las emisiones es la piedra angular para una eficaz reducción de las emisiones de NH_3 a la atmósfera. Las técnicas de fertirrigación demostradas en el proyecto LIFE ARIMEDA pueden contribuir significativamente a estas estrategias de bajas emisiones al tiempo que mejoran la eficiencia del uso de nitrógeno (N) de los fertilizantes orgánicos, maximizan las oportunidades de sustitución de fertilizantes sintéticos por purín y digerido y contribuyen a la reducción de las entradas de N en áreas de alta densidad ganadera. Sin embargo, sería necesario abordar una gestión integral teniendo en cuenta los posibles efectos en cascada y compensaciones de las prácticas implementadas a lo largo de toda la cadena de gestión del purín, adoptando técnicas eficientes en etapas anteriores que eviten las emisiones en las naves y los sistemas de almacenamiento del purín.

AEMA, 2019. The European environment - state and outlook 2020. Knowledge for transition to a sustainable Europe. European Environment Agency, Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-9480-090-9. doi: 10.2800/96749.

Lovarelli *et al.*, 2020. Describing the trend of ammonia, particulate matter and nitrogen oxides: The role of livestock activities in northern Italy during Covid-19 quarantine. *Environ. Res.* 191, 110048. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110048>.

Sarteel *et al.*, 2016. Resource efficiency in practice: closing mineral cycles: final report. Luxembourg: European Commission, Directorate-General for the Environment. ISBN 9789279582387. doi: 10.2779/710012.



OBJETIVOS GENERALES Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En el proyecto LIFE ARIMEDA se han demostrado, en cultivos extensivos como el maíz, técnicas de fertirriego con la fracción líquida de purines y digerido en sistemas de riego por goteo y por pívot. Estas técnicas se han implementado en campos productivos con el objetivo de:

1. Reducir las emisiones de NH_3 de los fertilizantes orgánicos que se producen en la aplicación al campo con las técnicas habituales que utilizan los agricultores (referencia). La reducción de las emisiones de NH_3 se basa en:

- La reducción de la concentración de nitrógeno amoniacal por dilución con agua de riego.
- El uso de técnicas de aplicación en fertirriego que reducen la superficie de contacto entre el purín y el aire: goteo enterrado o pívot a baja presión (0,4 bar) utilizando boquillas que evitan las microgotas y el riesgo de pérdidas por volatilización.
- Unas dosis de N ajustada a las necesidades del cultivo.
- El fraccionamiento de la aplicación de N en cobertera en distintos eventos, minimizando así el exceso de N en el suelo.

2. Reemplazar el N sintético por fertilizante orgánico durante todo el ciclo del cultivo en zonas de elevada carga ganadera donde hay disponibilidad de nutrientes.

3. Aumentar la eficiencia del uso de N minimizando las pérdidas y utilizando estrategias de fertirriego de precisión programando las dosis de nutrientes y los tiempos de aplicación de acuerdo a las necesidades del cultivo.

4. Evaluar la viabilidad técnica y económica de estas técnicas en comparación con el sistema tradicional de aplicación (referencia).

5. Contribuir a la definición de políticas y planes de acción en el sector agrícola generando datos e información útil para los técnicos y políticos involucrados.

6. Mejorar la aceptación y la capacidad de implementación de las técnicas propuestas por parte de los agricultores al tiempo que se contribuye a desarrollar la capacidad de las partes interesadas para implementar estas técnicas en otras áreas.

PRINCIPALES ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Las actividades del proyecto se llevaron a cabo en dos regiones mediterráneas donde la producción ganadera y los cultivos de regadío tienen un papel clave en la economía de las zonas rurales y, en consecuencia, el impacto y los efectos secundarios de estas actividades son determinantes en la calidad del medio ambiente, de la salud humana y de otros sectores económicos como el turismo: Aragón en España y Lombardía en Italia.

El uso de técnicas adecuadas que reducen las emisiones de NH_3 a la atmósfera derivadas de la fertilización con purines proporciona un uso más eficiente de los recursos disponibles localmente a la vez que mejora los rendimientos agrícolas, minimiza las pérdidas de N al aire, suelo y agua y promueve la circularidad en el uso de los nutrientes.

En el proyecto LIFE ARIMEDA se ha evaluado la técnica del fertirriego con la fracción líquida de purín porcino o de digerido utilizando un enfoque de caso/control, comparando los resultados del análisis ambiental y agronómico entre parcelas donde se utilizan las técnicas de fertirriego y parcelas de referencia gestionadas con técnicas de fertilización convencionales. Las técnicas de fertirriego demostradas en el proyecto se implementaron durante tres años consecutivos, de 2018 a 2020, en parcelas extensivas de maíz a gran escala, y utilizando la fracción líquida separada de purines de cerdo en Aragón (España) y de digerido en Lombardía (Italia).

¿Qué estrategias de fertilización comparamos?

1. Referencia (prácticas de manejo habituales):

- **IT/Digerido:** Se aplica el 100% de las necesidades de N del cultivo en fondo con digerido con aplicación en superficie e incorporación al suelo en 24 horas o mediante inyección superficial. No se aplica cobertera.
- **ES/Purín porcino:** Surface broadcasting with pig slurry at base dressing and synthetic fertilizer at side dressing.

2. Parcelas demostrativas (Fertirriego en sistemas de riego por goteo y pívot):

- **IT/Digerido:** Se aplica el 50% de las necesidades de N del cultivo en fondo con digerido utilizando incorporación directa o inyección superficial y el otro 50% en cobertera con la fracción líquida del digerido en fertirriego.
- **ES/Purín de cerdo:** Se aplica el 100% de las necesidades de N del cultivo en cobertera con la fracción líquida del purín de cerdo en fertirriego.



¿Cómo y dónde implementamos las técnicas de FERTIRRIEGO con purines?

La selección de las parcelas demostrativas y el diseño de su manejo y seguimiento se planificaron minuciosamente al inicio del proyecto. Los técnicos del proyecto, en estrecha colaboración con los agricultores y ganaderos buscaron parcelas representativas en Aragón y Lombardía, situadas a cierta distancia de las granjas, para evitar o reducir interferencias en las actividades de seguimiento medioambiental de las parcelas (medición de emisiones de NH_3).

Las técnicas de fertirriego convierten el purín y el digerido disponible en las granjas o en las plantas de biogás en un fertilizante de alto valor en el momento en que llegan a los suelos cultivados. Para aplicar adecuadamente el fertirriego es necesarios llevar a cabo una serie de pasos que deben ser analizados en detalle para diseñar un sistema adecuado y bien adaptado a los requerimientos de cada caso específico. Estos pasos son:

1. Separación sólido-líquido del purín porcino o del digerido para obtener una fracción líquida adecuada para el fertirriego.
2. Almacenamiento de la fracción líquida obtenida en las instalaciones de la granja o en la planta de biogás.
3. Transporte de la fracción líquida a la parcela bien directamente con tubería, o por carretera con un camión o un tractor con cisterna.
4. Almacenamiento de la fracción líquida en el campo (si es necesario).
5. Diseño del sistema de inyección de la fracción líquida en la red de riego.
6. Seguimiento y control del contenido de nutrientes en la fracción líquida.
7. Desarrollo de un plan de fertilización preciso: fraccionamiento y cronograma de las dosis de nutrientes a suministrar a los cultivos.
8. Gestión del sistema de riego por pívot y goteo (dosis de riego, volumen de fracción líquida a aplicar y manejo del sistema).

Es fundamental desarrollar prácticas de manejo correctas para cada uno de los procesos anteriores para evitar problemas o un mal funcionamiento del sistema que pueda afectar negativamente a la calidad del fertirriego.

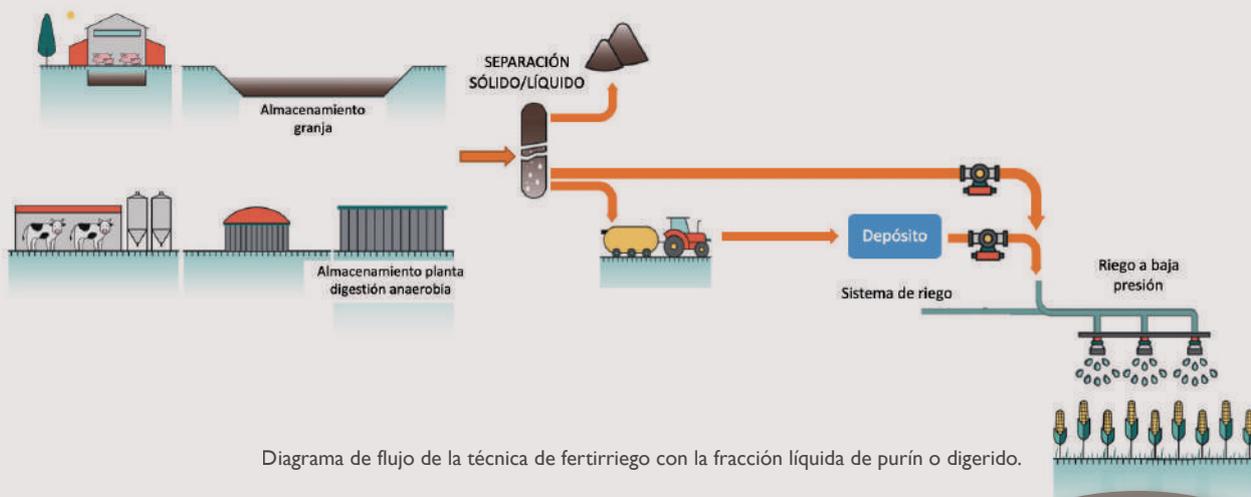


Diagrama de flujo de la técnica de fertirriego con la fracción líquida de purín o digerido.

Fertirriego en España con purín porcino

Las parcelas demostrativas se ubicaron en dos zonas caracterizadas por diferentes tipos de suelo, la comarca de Cinco Villas (ES-S1-P y ES-S1-D) con suelos poco profundos (aprox. 45 cm) y pedregosos y la comarca de La Litera (ES-S2-P y ES-S2-D) con suelos profundos (aprox. 100 cm) y pesados. En cada zona se instalaron dos parcelas demostrativas, una equipada con un pívot y otra con un sistema de riego por goteo enterrado, y una parcela de referencia, que se cultivaron con maíz para grano durante tres años.



En España se diseñaron y construyeron dos prototipos portátiles para la separación mecánica de la fracción sólida del purín porcino. El primer prototipo proporcionó una fracción líquida apta para su inyección en sistemas de riego por pivó, y el segundo prototipo fue diseñado para obtener, trabajando en línea con el primer prototipo, una fracción líquida apta para su inyección en sistemas de riego por goteo.



El uso de sistemas de riego por pivó facilita la fertirrigación con la fracción líquida del purín debido al mayor diámetro de paso del orificio de la boquilla (> 2 mm), que admite partículas sólidas de mayor tamaño (<500 μm). El riego por goteo requiere la eliminación de partículas de tamaño más pequeño, hasta 100 μm , y por lo tanto, una segunda etapa de separación. El primer prototipo que proporciona una fracción líquida adecuada para el riego en pivots consiste en una rampa de filtrado seguida de un tornillo-prensa donde se filtra el purín procedente de la rampa para mejorar el rendimiento de separación (reduciendo el contenido de agua en la fracción sólida final). El tamaño de malla del tamiz, de la rampa y del tornillo, se redujo progresivamente de 600 μm hasta 250 μm . El prototipo de riego por goteo constaba de un tamiz vibratorio con una malla de separación de 100 μm que se redujo progresivamente hasta 80 μm en la última campaña.



Fertirriego en Italia con digerido

La producción ganadera en Lombardía, con una fuerte presencia en el sureste de la región, se encuentra entre los sistemas más intensivos de producción en Europa. Como resultado de esta intensa actividad, se generan grandes cantidades de deyecciones animales. En estrecha relación con la actividad ganadera y con los principales cultivos energéticos (maíz y cereales de otoño-invierno), en los últimos 20 años se han construido numerosas plantas para la producción de electricidad a partir de biogás. El digerido que se produce como resultado de este proceso es un producto que tiene un valioso contenido de nutrientes.



En Italia las parcelas demostrativas se equiparon con riego por goteo (IT-S2-D) y con pivot (IT-S1-P y IT-S3-P) y en ellas se cultivó maíz forrajero durante 3 años.

Los prototipos de separación sólido-líquido para el digerido utilizaron un proceso similar en cada una de las granjas. El digerido pasó por una primera etapa de separación con un tornillo-prensa, y la fracción líquida obtenida se bombeó a un segundo separador. El segundo separador consistió en un tamiz vibratorio o un microfiltro, y la fracción líquida final se inyectó directamente en la tubería de fertirriego.

La malla de los separadores de tornillo-prensa tenían un tamaño de 500 a 900 µm. El tamiz vibratorio utilizó mallas de 200 µm (IT-S1) y 500 µm (IT-S3) y se le acopló un sistema que limpiaba la malla a intervalos de tiempo regulares utilizando una solución de ácido sulfúrico en las parcelas de pivot. Para las parcelas en riego por goteo (IT-S2) se utilizó un microfiltro que garantizó el filtrado de partículas mayores de 50 µm.



Prototipos de separación sólido/líquido del proyecto LIFE ARIMEDA

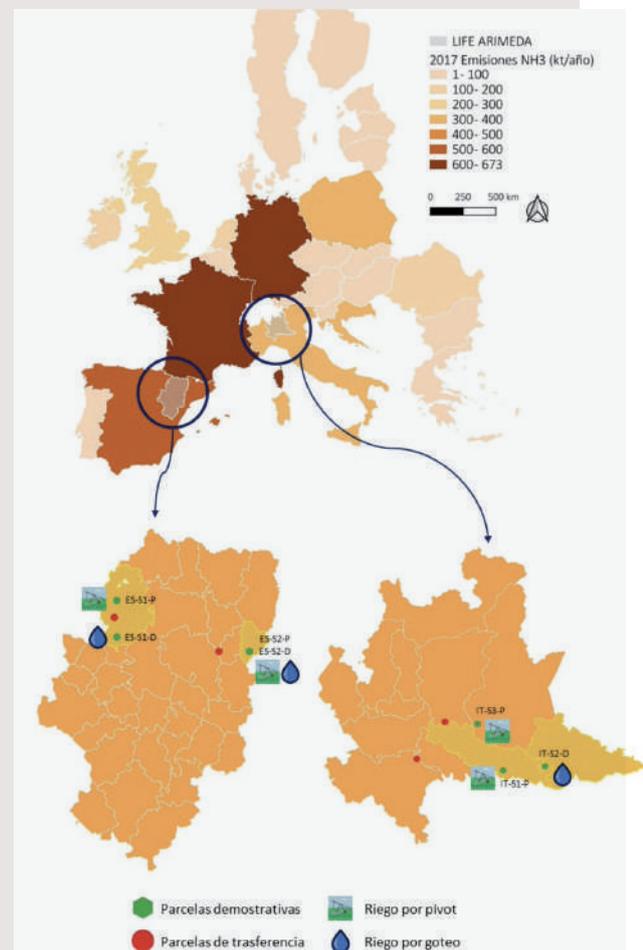
Localización		Ref.	Superficie ha	Sistema de riego	Campañas
País	Región				
España	Aragón, Cinco Villas	ES-S1-P	10,4	Pívot	2018-2019-2020
		ES-S1-D	2,1	Goteo	2018-2019-2020
		ES-S1-R	0,7-4,3	Aspersión	2018-2019-2020
	Aragón, La Litera	ES-S2-P	6,4	Pívot	2018-2019-2020
		ES-S2-D	2,0	Goteo	2018-2019-2020
		ES-S2-R	1,1-1,5	Aspersión	2018-2019-2020
Italia	Lombardía, Cremona	IT-S1-P	10,6	Pívot	2018 y 2019
		IT-S1-R	7,0-9,0	Pívot	2018 y 2019
	Lombardía, Mantua	IT-S2-D	10,2-19,1	Goteo	2018-2019-2020
		IT-S2-R	3,0-7,0	Goteo	2018-2019-2020
	Lombardía, Brescia	IT-S3-P	27,0	Pívot	2020
		IT-S3-P	10,0	Pívot	2020

Parcelas demostrativas LIFE ARIMEDA

¿Qué hemos medido y evaluado?

Los beneficios ambientales y agronómicos de la fertirrigación en comparación con las prácticas tradicionales de fertilización se evaluaron cualitativa y cuantitativamente en grandes parcelas productivas y sobre la base de metodologías sólidas y científicamente probadas.

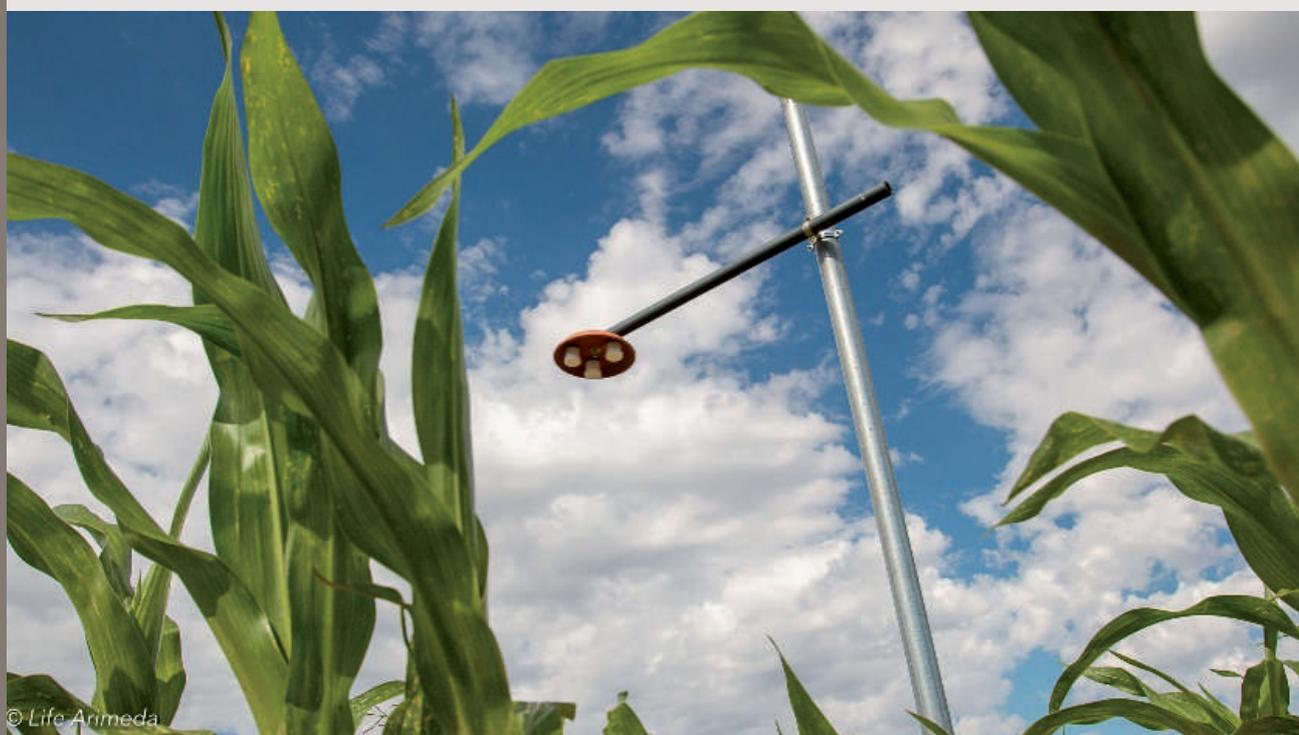
Los técnicos del Centro de Investigación Agroalimentaria de Aragón (CITA) y del Departamento de Ciencias Agrarias y Ambientales de la Universidad de Milán, en estrecha colaboración con el Centro de Investigación para la Gestión de Riesgos Ambientales y Agrarios (CEIGRAM-Universidad Politécnica de Madrid), desarrollaron **protocolos de seguimiento** detallados y **métodos de medición de emisiones** para comparar la técnica de fertirrigación con las prácticas habituales de fertilización en el noreste de España (Aragón, en las regiones de Cinco Villas y La Litera) y en el norte de Italia (Lombardía, provincias de Brescia, Cremona y Mantua). El uso de los mismos procedimientos de seguimiento y estimación en todos los sitios permitió obtener datos comparables e información fiable.



Localización de las parcelas demostrativas y de transferencia del proyecto LIFE ARIMEDA.

SEGUIMIENTO AMBIENTAL

Las emisiones de amoníaco (NH_3) se calcularon utilizando el software libre WindTrax (Thunder Beach Scientific, Halifax, Nueva Escocia, Canadá) que utiliza un modelo de simulación de dispersión inversa. Este modelo infiere la tasa de emisión de una superficie emisora conocida utilizando valores de concentración de NH_3 en el aire en un punto concreto y registros meteorológicos (velocidad y dirección del viento). Para medir la concentración de NH_3 en el aire se utilizaron los captadores pasivos ALPHA[®] (Adapted Low-cost Passive High Absorption), que se colocaron por triplicado a una altura de 1,2-1,5 m por encima de la cubierta vegetal en diferentes puntos distribuidos uniformemente sobre la superficie de cada parcela. Se midió durante al menos diez días después de cada evento de fertilización con intervalos de muestreo de entre 24 horas y 3 días y fuera de los periodos de fertilización con frecuencia semanal.



Riesgo de lavado de nitrato: Se determinó la concentración de nitrato en muestras de la solución del suelo por debajo de la zona de las raíces de los cultivos, que se extraían semanalmente utilizando cápsulas cerámicas porosas en las que se hacía el vacío durante 24 horas.



SEGUIMIENTO AGRONÓMICO

En cada parcela se registró el **rendimiento del cultivo** en cosecha y se realizaron controles manuales de biomasa aérea en diferentes puntos de las parcelas para estimar el índice de cosecha y la extracción de N por el cultivo.

La **eficiencia del uso de nitrógeno (NUE)** se calculó como la relación entre el nitrógeno (N) absorbido por el cultivo y el N aplicado. El contenido de N en la biomasa y el grano (en España) se analizó por combustión y se controló la dosis aplicada a partir de los volúmenes de fracción líquida distribuidos en cada parcela y su contenido en N.

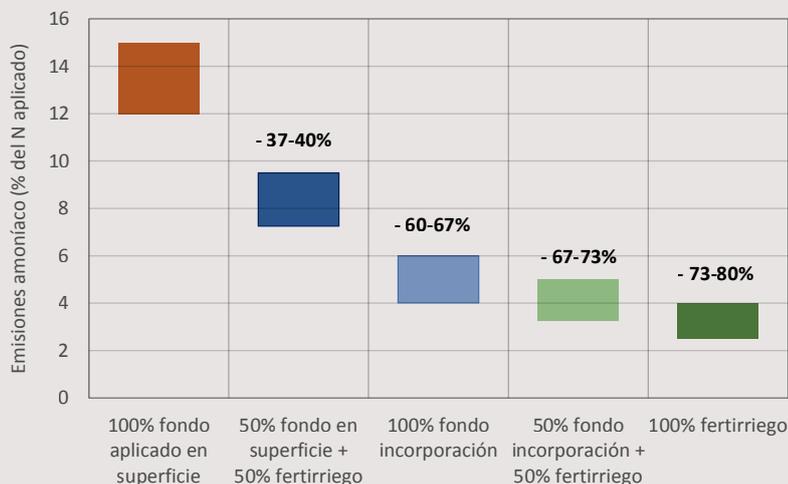


Además, los datos del proyecto se utilizaron para realizar un **análisis del ciclo de vida (ACV)** y evaluar el impacto ambiental del cultivo de maíz considerando diferentes técnicas de riego y fertirriego en escenarios representativos en el norte de Italia (Lombardia) y en el nordeste de España (Aragón). Esta evaluación ambiental se completó con un estudio detallado de viabilidad económica que tuvo en cuenta los requisitos clave que limitan el uso de la fertirrigación.

Finalmente, un estudio social reveló la percepción de los agricultores sobre las principales ventajas y las barreras que influyen en la incorporación de estas nuevas prácticas a su actividad agrícola atendiendo a 24 indicadores económicos, ambientales, legales, sociales y tecnológicos.

RESULTADOS del proyecto LIFE ARIMEDA

La aplicación de la fracción líquida de digerido con técnicas de fertirriego **redujo significativamente las emisiones de amoníaco (NH₃)** en comparación con las prácticas tradicionales (referencia). La aplicación del 50% de las necesidades de nitrógeno (N) del cultivo con digerido antes de la siembra con incorporación directa al suelo y el 50% restante con fracción líquida de digerido en fertirriego redujo las emisiones de amoníaco en más de un 60% cuando se utilizan sistemas de riego por pivót y en un 90% en el caso de riego por goteo enterrado.



Rango de emisiones de NH₃ esperadas con diferentes técnicas de aplicación y distribución (de los aportes de N) del digerido entre fondo y cobertera en Lombardía.

En el caso del purín de cerdo, todas las necesidades de N de los cultivos se cubrieron mediante fertirriego. Para los sistemas de riego por pivót, las emisiones de NH₃ se redujeron en promedio en un 76% y con el riego por goteo subterráneo se logró una reducción media del 90%.

El factor de dilución del digerido y del purín con el agua de riego y las condiciones meteorológicas (temperatura y velocidad del viento) fueron los factores que más afectaron a la magnitud de las emisiones. El fraccionamiento de la fracción líquida del digerido y del purín en el fertirriego permitió una reducción en la cantidad de N aplicado que también afectó positivamente a la reducción de las emisiones de amoníaco.

	Emisiones de NH ₃ (± SE)	Reducción en emisiones de NH ₃ (± SE)	N aplicado (± SE)	Reducción de N aplicado (± SE)
	kg N / ha	%	kg N / ha	%
Referencia	83,6 (± 16,0)		357,4 (± 16,7)	
Pívot	18,4 (± 3,8)	76,0% (± 4,2)	277,4 (± 13,4)	29% (± 4,5)
Goteo	5,9 (± 1,4)	90,0% (± 3,5)	261,5 (± 26,6)	25% (± 9,2)

Valores medios de las emisiones de NH₃ y la cantidad de N aplicado en las parcelas demostrativas y de referencia en Aragón (España), indicando la reducción de las emisiones de NH₃ y de las cantidades de N aplicadas en las parcelas fertirrigadas con respecto a las parcelas de referencia (entre paréntesis se da el error estándar-SE).

Durante el proceso de separación sólido-líquido también se producen emisiones de NH₃. En el proyecto se realizó una primera aproximación para estimar estas emisiones, que, en el caso de la separación del digerido, se estimaron en un 0,3% del N total contenido en el producto filtrado. Estas emisiones son mucho más bajas que las producidas durante la aplicación de campo.

El control periódico de la concentración de nitrato por debajo de la zona de las raíces durante el ciclo del cultivo mostró que **el riesgo de lavado de nitrato no era mayor en las parcelas fertirrigadas que en las parcelas de referencia**. En las parcelas en fertirriego con pivót las concentraciones de nitrato fueron sistemáticamente más bajas que en las parcelas de referencia, principalmente debido a las menores cantidades de N aplicadas por evento de fertirriego, mientras que en las parcelas de goteo subterráneo la concentración de nitrato se mantuvo en general al mismo nivel que en las parcelas de referencia.

El rendimiento (grano y forraje) y la absorción de N del cultivo presentaron una alta variabilidad según el año, pero fueron similares en las parcelas fertirrigadas con purín porcino y digerido que en las parcelas de referencia. La Eficiencia en el uso del N (NUE) en las parcelas de referencia fue baja en Italia, pero consistente con otras experiencias en la misma zona (NUE=0,2-0,4) debido a las elevadas dosis de N aplicadas. La NUE aumentó con la fertirrigación solo cuando la cantidad de N aplicada se redujo y se ajustó a las necesidades del cultivo, lo que no siempre fue posible. La NUE en las parcelas de referencia de España fue muy variable (0,3-0,7) dependiendo del suelo y el manejo agrícola. La aplicación de la fertirrigación incrementó la NUE en las parcelas demostrativas gracias al fraccionamiento del N aplicado que también permitió una reducción de la dosis total de N sin afectar a la producción agrícola, evitando el exceso de N durante el ciclo de cultivo y reduciendo el riesgo de pérdidas.



Eficiencia en el uso de N (NUE), calculada como la relación entre la absorción de N por el cultivo y el N aplicado, en los tres años de seguimiento en las parcelas de referencia (en azul) y en las parcelas fertirrigadas (en verde) con riego por goteo (IT-S2-D) en Lombardía.

Los resultados del análisis de ciclo de vida (ACV) en el que se compararon las prácticas habituales (parcelas de referencia) y las parcelas fertirrigadas muestran que no existe un escenario óptimo que presente mejores resultados de forma general en todas las categorías de impacto evaluadas. La reducción de las emisiones de NH₃ a la atmósfera en los escenarios de fertirrigación conlleva una mitigación significativa de los impactos ambientales asociados a este contaminante, impactos como el cambio climático, la formación de partículas, la acidificación del suelo y algunos de los diferentes tipos de eutrofización que son de especial importancia en el contexto del Valle del Po en Lombardía (Italia) y del Valle del Ebro en Aragón (España). Sin embargo, el uso del fertirriego puede ejercer una mayor presión ambiental en aquellos impactos influidos por el uso de una separación sólido-líquido previa y el consumo energético necesario en el fertirriego, como por ejemplo los impactos de la toxicidad humana con efectos cancerígenos y el agotamiento de los recursos minerales y fósiles. Los resultados del ACV pueden ser útiles para los responsables políticos y técnicos regionales y nacionales a la hora de identificar soluciones más efectivas para impulsar la aplicación de fertilizantes orgánicos de forma sostenible.



Actividades consideradas en el análisis de ciclo de vida de la parcela de fertirriego con pívot en España.

Los resultados del estudio social evidencian que los agricultores de Aragón y Lombardía identifican las técnicas de fertirrigación como una oportunidad para mejorar la gestión del purín y del digerido en sus regiones. Las ventajas económicas del sistema mixto agricultura-ganadería se percibe como el principal incentivo para la implementación de estas técnicas, seguido por la facilidad de manejo y distribución de los productos, la sustitución de los fertilizantes sintéticos por productos orgánicos, y el reciclaje de los recursos disponibles en la cadena productiva a nivel local. Los encuestados consideran que las principales barreras están en las inversiones que es necesario llevar a cabo en los separadores sólido/líquido y en los sistemas de inyección, los costes de operación y mantenimiento de los sistemas y la falta de profesionalización del sector, así como las necesidades de personal técnico para la planificación y adecuada ejecución de la fertirrigación.

Sin embargo, se insistió reiteradamente en que la falta de una regulación clara en el uso de estas prácticas, las restricciones normativas al uso de los fertilizantes orgánicos que impiden aprovechar todos los beneficios de esta técnica y la ausencia de medidas regulatorias que favorezcan y promuevan el uso de los fertilizantes orgánicos frente a los sintéticos son los principales cuellos de botella para la introducción de estas técnicas innovadoras.

DIVULGACIÓN

La adopción de nuevas prácticas y técnicas que ayuden a mitigar las emisiones de amoníaco (NH_3) derivadas del uso de fertilizantes orgánicos (como los estiércoles y purines) en el sector agrícola, como las técnicas de fertirrigación puestas a punto en este proyecto, pueden generar importantes beneficios en la cadena de valor de los alimentos y, en consecuencia, promover el uso de buenas prácticas ambientales en el manejo de purines y digerido. Sin embargo, este objetivo solo se puede lograr con éxito si los agricultores son plenamente conscientes de los beneficios que se derivan de la aplicación de estas tecnologías y se adhieren plenamente al esfuerzo para su implementación; de lo contrario, fracasará. La sostenibilidad ambiental de los sistemas de producción no es un incentivo suficiente por sí solo y se deben tener en cuenta los márgenes de rentabilidad de los sistemas de producción ganadera y agrícola a la hora de proponer técnicas de gestión alternativas a las habituales.

Por ello, un aspecto clave de las actividades del proyecto fue la difusión y transferencia directa de los conocimientos aprendidos en el desarrollo del proyecto al sector, técnicos, administraciones públicas a todas las escalas, comunidad científica y agentes sociales, promoviendo el debate y teniendo en cuenta la respuesta recibida desde el sector. Las principales herramientas de comunicación y actividades de difusión utilizadas en el proyecto fueron:

- Página web, newsletters y redes sociales (Twitter, YouTube, etc.).
- Carteles y publicaciones técnicas.
- Elaboración de videos divulgativos con participación de todos los socios del proyecto.
- Publicaciones científicas y asistencia a congresos nacionales e internacionales.
- Participación en ferias agroganaderas.
- Organización y participación de talleres técnicos, seminarios y visitas de campo a las parcelas demostrativas.
- Publicación final.



TRANSFERENCIA y FUTURO

Dentro del proyecto se analizó el potencial de transferencia de las técnicas de fertirriego a otras áreas mediterráneas. Se utilizó un enfoque basado en resultados previos y de acuerdo a los beneficios y limitaciones identificados a lo largo del proyecto LIFE ARIMEDA. La técnica de fertirriego se transfirió durante el proyecto a cinco parcelas de transferencia, dos en Aragón y tres en Lombardía.



También se desarrollaron dos herramientas de apoyo a la implementación de las técnicas de fertirriego con purín y digerido que están disponibles gratuitamente en la página web del proyecto (www.lifearimeda.eu) para difundir las lecciones aprendidas en el proyecto:

- Guía de buenas prácticas de la fertirrigación que recoge las cuestiones clave y los principales conocimientos adquiridos a lo largo del proyecto en la implementación de las técnicas de fertirrigación.
- Aplicación ARIMEDA que apoya y orienta al usuario en el diseño de la instalación y de la estrategia de fertirrigación más adecuada para sus parcelas.

Además, la *Plataforma de Transferencia ARIMEDA* formada por todos los socios del proyecto y otras entidades interesadas incluyendo centros de investigación, comunidades de regantes, administración, etc., sigue apoyando la transferencia del conocimiento adquirido a lo largo del proyecto a través de visitas de campo, colaboraciones de asistencia técnica y actuando como canal de comunicación para conectar proveedores de tecnología y agricultores interesados en la implementación de estas técnicas.

Los resultados de este proyecto aportan datos e información que pueden ser utilizados y considerados por la administración local, regional y nacional a la hora de actualizar o definir nuevas políticas y estrategias que puedan contribuir a una gestión de las deyecciones ganaderas sostenible mejorando las condiciones agronómicas de la agricultura europea.





LIFE ARIMEDA Reducción de las emisiones de amoníaco en la agricultura mediterránea mediante técnicas innovadoras de fertirrigación con purines

Programa LIFE de Medio Ambiente y Eficiencia de los recursos

DURACIÓN: 01/09/2017 – 30/09/2021

PRESUPUESTO DEL PROYECTO: 2.608.324 €

CONTRIBUCIÓN DE LA UE: 1.522.293 € (59,11%)

Más información en:

www.lifearimeda.eu

lifearimeda@cita-aragon.es

