

# Cambio climático y agricultura

## Uso sostenible de fertilizantes

20 Septiembre 2018  
Zaragoza

**Ramón Isla Climente**  
Investigador Agrario, Departamento Suelos y Riegos  
Grupo de RIEGO, AGRONOMÍA Y MEDIO AMBIENTE (RAMA)  
Centro de Investigación y Tecnología  
Agroalimentaria de Aragón (CITA)  
Gobierno de Aragón



## Esquema de la charla

- Introducción general acerca del cambio climático. Conceptos generales.
- Cambio climático y agricultura.
- Medidas de mitigación en agricultura
- Fertilización y emisiones.
- Revisión de algunos resultados en Aragón
- Resumen de practicas recomendadas
- Conclusiones finales



## ¿ Hay cambio climático ?

### EL DESHIELO SE ESTÁ ACELERANDO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

**Alaska, U.S.** - glaciers melting and permafrost thawing, destabilization of infrastructure.

**Greenland** - expanding melt region, glaciers moving faster causing glacial earthquakes.

**Arctic** - thinning and shrinking sea ice shrunk to a historic low in 2007.

**Europe** - Alpine mountain glaciers show significant shrinking and thinning, land destabilized as permafrost melts.

**Montana, U.S.** - Glacier National Park glaciers could disappear by 2030.

**S. America** - Andean glaciers in Peru and Bolivia have lost a third of their area since 1970. Patagonia glaciers are retreating rapidly.

(Image Courtesy NASA Earth Observatory)

**Antarctic** - collapse of ice shelves, increased melting, faster flow of glaciers into ocean.

**Africa** - East African glaciers have lost 82 percent of their area over the last century.

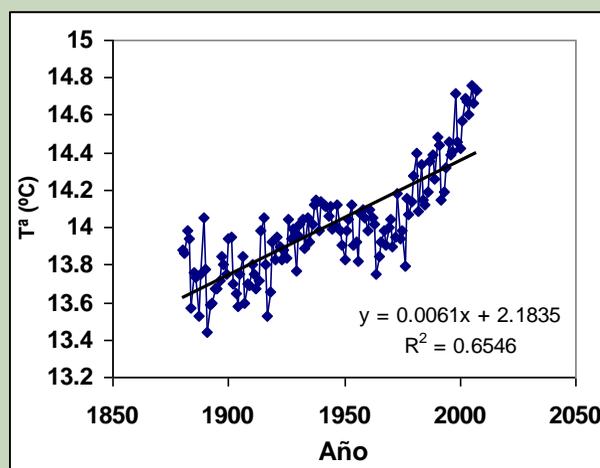
**New Zealand** - retreating glaciers have lost almost half their area since the mid-19th century.

For more information, see Earth Policy Institute's 2008 Eco-Economy Indicator, "Ice Melt Accelerates Around the World," available at [www.earthpolicy.org](http://www.earthpolicy.org)

Fuente: Earth Policy Institute

ita

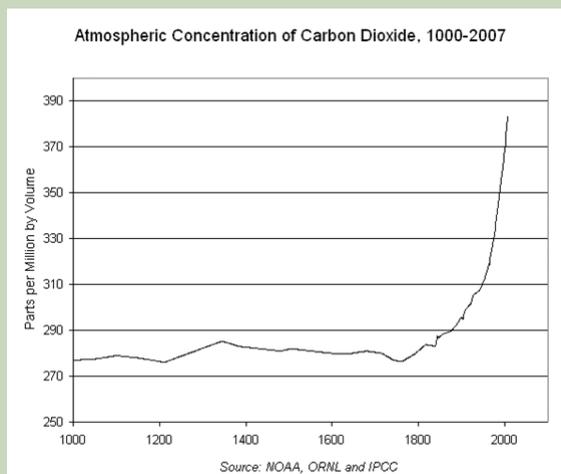
## ¿ Hay cambio climático ?



Fuente: Goddard Institute for Space Studies, NASA Goddard Space Flight Center Earth Sciences Directorate, "Global Temperature Anomalies in .01 C.", at [data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata/GLB\\_Ts.txt](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata/GLB_Ts.txt), updated January 2008.

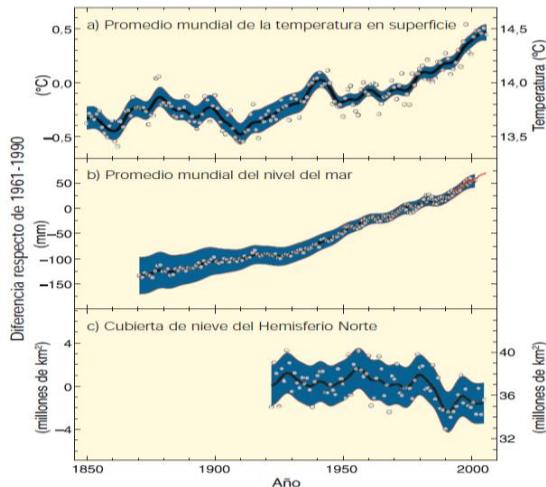
ita

## ¿ Hay cambio climático ?



## ¿ Hay cambio climático ?

### CAMBIOS EN TEMPERATURA, NIVEL DE MAR Y CUBIERTA NIEVE EN HEMISFERIO NORTE



Extraído del informe IPCC2007

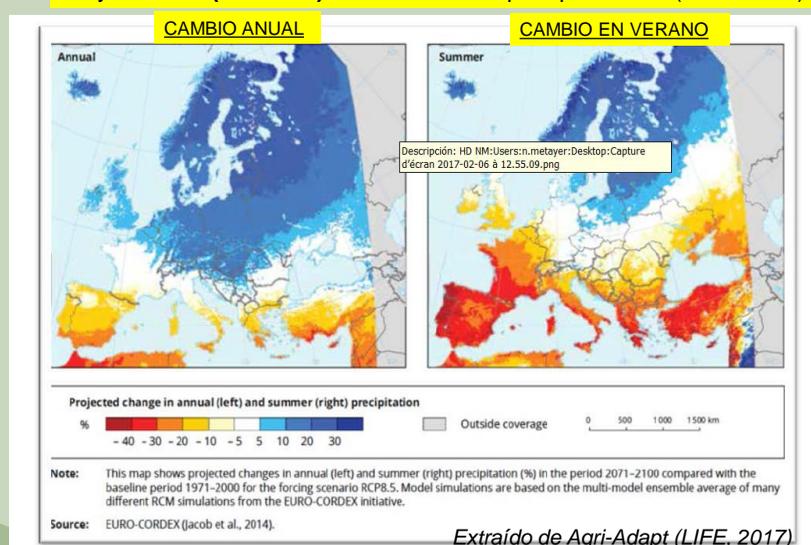
## Cambio climático

- Pocas dudas entre la mayor parte de la comunidad científica de la existencia de un cambio climático; **provocado por la actividad humana.**
- Desde 1950 las precipitaciones se han incrementado en la Europa Septentrional (+70 mm por década) y disminuido (hasta 70 mm por década) en la Europa meridional. Existen grandes variaciones interanuales.



## Cambio climático en Europa

Proyecciones (**Modelos**) en el cambio en precipitaciones (2071-2100)



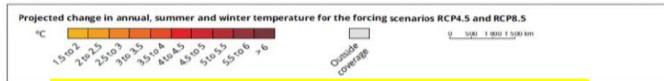
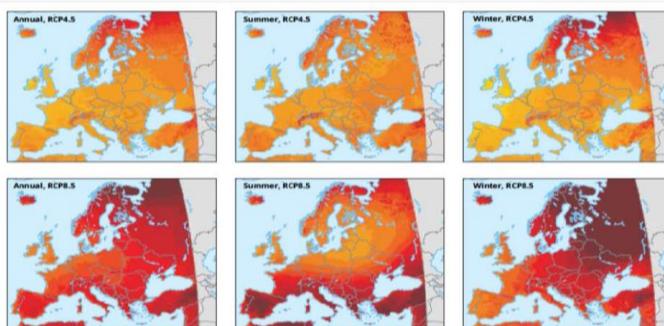
# Cambio climático en Europa

Proyecciones cambio en la temperatura media (2071-2100)

CAMBIO ANUAL

CAMBIO EN VERANO

CAMBIO EN INVIERNO



- Note:
- RCP 4.5: Escenario intermedio de emisiones
  - RCP 4.8: Escenario alto de emisiones

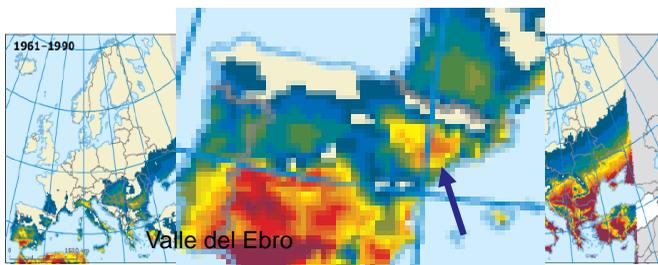
Source:

Extraído de Agri-Adapt (LIFE, 2017)

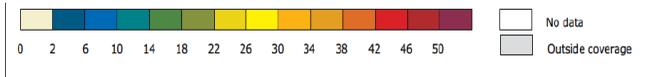


# Cambio climático en Europa

Proyecciones en cambio en eventos de temperaturas extremas



Número de días que combinan noche tropical (>20°C) y día cálido (>35°C)



Note: Extreme high temperatures are represented by the combined number of hot summer (June-August) days (TMAX > 35 °C) and tropical nights (TMIN > 20 °C). All projections are the average of six regional climate model (RCM) simulations of the EU ENSEMBLES project using the IPCC SRES A1B emission scenario for the periods 1961-1990, 2021-2050 and 2071-2100.

Extraído de Agri-Adapt (LIFE, 2017)

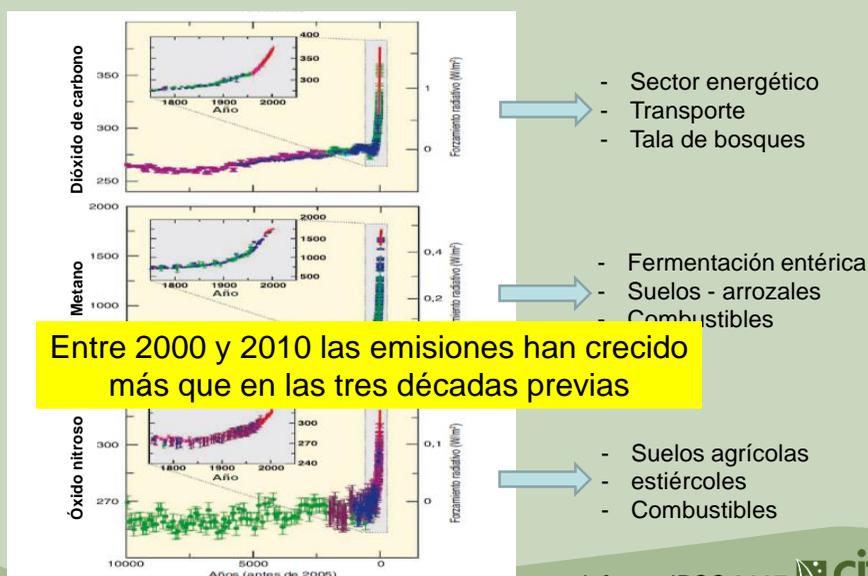


## Causantes del cambio climático

- Aumento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI):
  - Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )
  - Metano ( $\text{CH}_4$ ); potencial **28** veces  $> \text{CO}_2$ ; precursor Ozono
  - Óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ); potencial **265** veces  $> \text{CO}_2$ ; Efecto negativo sobre la capa de ozono.
  - Clorofluorocarbonos / Ozono
  - Otros.
- El poder radiativo de cada sustancia es diferente y el efecto global depende de su valor intrínseco y de su periodo de permanencia.
- Normalmente se utilizan las unidades de  $\text{CO}_2$ -equivalente



## Evolución histórica en los GEI



Informe IPCC 2007



## Cambio climático

- Ante un escenario claro de cambio climático hay dos modos de acción que hay que simultanear:
  - ADAPTACIÓN:
    - Todas aquellas medidas para poder sobrellevar el cambio que se está produciendo y que seguirá produciéndose de forma que altere lo menos posible la actividad humana y vida del planeta
  - MITIGACIÓN
    - Todas aquellas acciones que pretenden frenar los procesos que hay detrás del cambio climático



## Cambio climático y agricultura

- La agricultura se ve (y se verá) impactada de forma importante por el cambio climático:
  - Cambio en las temperaturas medias, mínimas, y máximas.
  - Cambio en el patrón de las pluviometrías, lo que es crítico en zonas áridas (Mediterráneo).
  - Cambio en la concentración de CO<sub>2</sub> de la atmósfera. Efecto sobre fotosíntesis y transpiración de cultivos.
  - Aumento de fenómenos meteorológicos extremos: sequías, olas de calor, inundaciones



## Cambio climático y agricultura

- Diversos estudios avalan el impacto negativo del rendimiento de los cultivos a temperaturas diurnas extremas de en torno a 30°C.
- Impactos positivos en el rendimiento en zonas septentrionales. Asociados al aumento de la temperatura.
- Ampliación de ciertos cultivos a zonas más septentrionales o de mayor altitud.
- Adelanto en floración y maduración en cultivos como viña y manzano en diversas regiones.



## Cambio climático y agricultura

- Disminución de la acumulación de frío invernal. Efecto sobre la elección de especies y variedades así como las zonas idóneas de cultivo.
- Impacto negativo de eventos extremos en fotosíntesis, floración, cuajado etc....
- Aumento de la incertidumbre en las precipitaciones. Aumento de periodos de sequía....



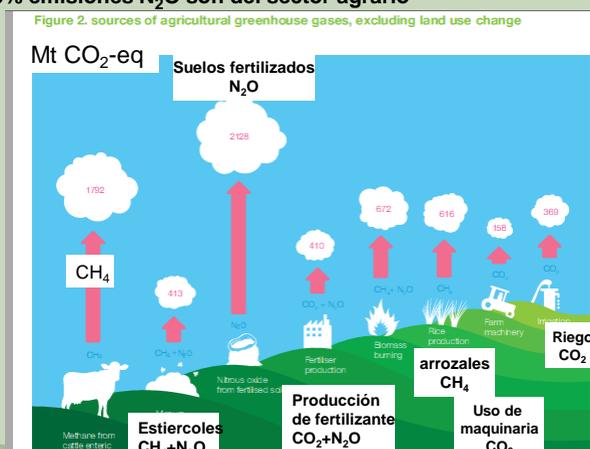
## Cambio climático y agricultura

- Resultados menos claros del efecto sobre la evapotranspiración de los cultivos. Así:
  - Por una parte al aumentar la  $T^a$  aumenta la evaporación y la transpiración.
  - Por otra parte al aumentar el  $CO_2$  en la atmósfera se ha descrito una disminución de la conductancia estomática (cierre parcial de estomas) con un potencial efecto de disminuir la transpiración y aumento de la Eficiencia en el Uso del Agua
- En general supondrá un grave riesgo para la seguridad alimentaria (IPCC, 2016).



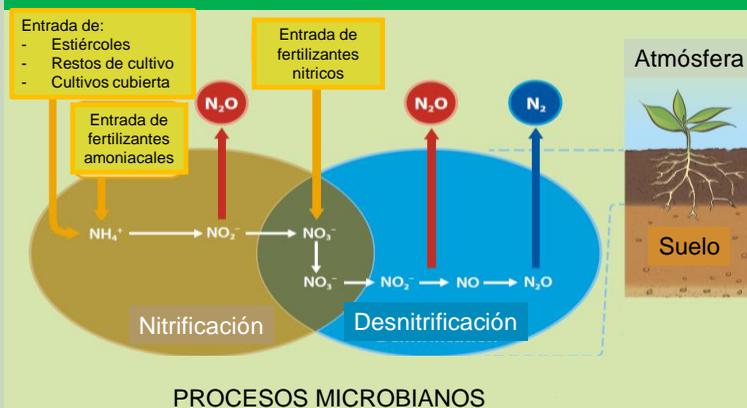
## Fuentes de emisión de GEI por el sector agrario

- A **nivel global** la agricultura & silvicultura & Suelos (AFOLU) supone aproximadamente un 24% de las emisiones de GEI (5º informe IPCC).
- Principales gases de efecto invernadero:  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$
- **Aprox. el 60% emisiones  $N_2O$  son del sector agrario**



# Emisiones de $N_2O$ de los suelos

## Factores que influyen la emisión de $N_2O$ de los suelos



Adaptado de Verhoeven et al. (2017); California Agriculture

## Factores que afectan la emisión de $N_2O$

Control directo producción de $N_2O$	Factores de manejo agronómico
Humedad del suelo	Riego
Disponibilidad de $NO_3$ , $NH_4$	Cantidad y tipo de fertilizante, Extracción de N del cultivo, Residuo aportado
Disponibilidad de carbono en suelo	Tipo de laboreo, manejo de residuos
pH del suelo	Tipo de fertilizante, enmiendas
Temperatura del suelo	Residuo en superficie
Actividad microbiana	Aplicación de estiércoles, compost

## Medida de emisiones N<sub>2</sub>O en agricultura

- La metodología más extendida es la utilización de cámaras estáticas para muestrear el cambio en la concentración de N<sub>2</sub>O en un tiempo determinado. Medida de gases por cromatografía.
- Se extrapolan los flujos medidos a tasas diarias.
- Utilización de cámaras automáticas más sofisticadas y costosas.



## Medida de emisiones N<sub>2</sub>O en agricultura



## Medida de emisiones $N_2O$ en agricultura

Muestreo con cámaras estáticas y medida de gases por cromatografía



 **CITA**  
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
CONSEJO REGULADOR DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA DE ESPAÑA

## Medida de emisiones $N_2O$ en agricultura

Muestreo con cámaras automáticas y medida de gases con equipo fotoacústico



 **CITA**  
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
CONSEJO REGULADOR DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA DE ESPAÑA

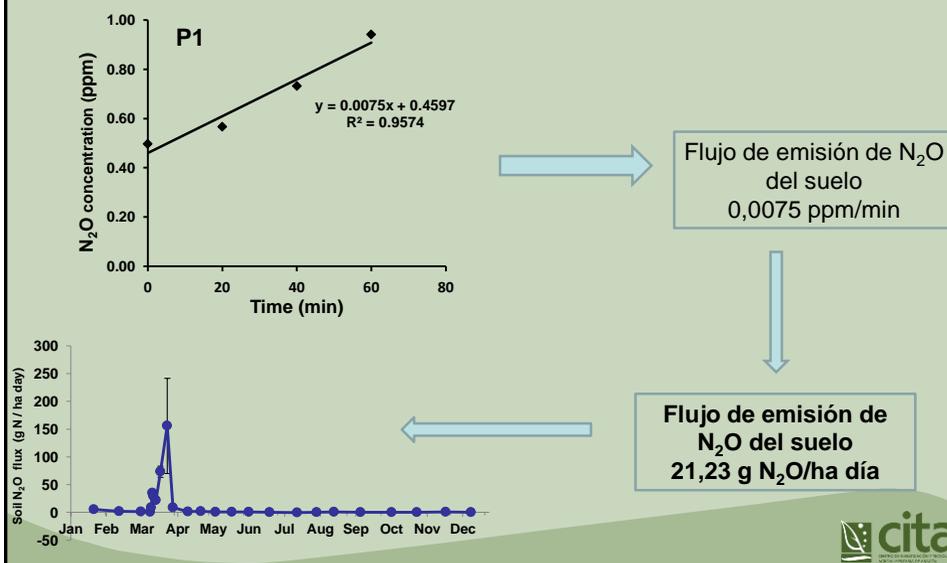
## Medida de emisiones N<sub>2</sub>O en agricultura

### Muestreo de gases en parcelas de arroz



## Medida de emisiones N<sub>2</sub>O en agricultura

### Metodología más utilizada



## Factor de emisión de N<sub>2</sub>O

- Muchas variables influyen en la emisión de N<sub>2</sub>O.
- Para comparar emisiones entre cultivos, manejos etc...se calcula el FACTOR DE EMISIÓN (EF).

$$EF = (EAM - EASF) / \text{kg N aplicado}$$

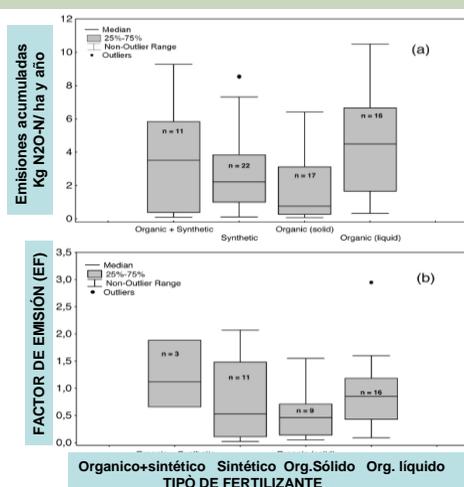
EAM: emisiones acumuladas medidas en un sitio determinado en 1 año (kg N-N<sub>2</sub>O/ ha y año)

EASF: emisiones acumuladas medidas en el mismo sitio sin aplicar fertilizante 1 año (kg N-N<sub>2</sub>O/ ha y año)

- También se usan frecuentemente los términos:
  - “**Global warming potential**” (GWP): Es el equivalente en CO<sub>2</sub>-equivalentes que provoca el mismo efecto que la mezcla de emisiones de los distintos gases que se producen. Para tener una única unidad de medida, comparable.
  - “**Yield scaled GWP**”: GWP/ kg grano producido



## Tipo de fertilizante y emisiones de N<sub>2</sub>O



- Org.-Liq. > sintético > Org. sólido

- Orgánico: líquido > sólido

- Asociado a NH<sub>4</sub> concentración
- Tasa de mineralización

- Pero:

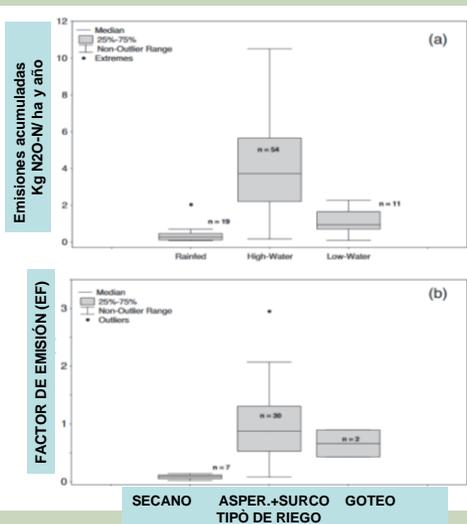
- Mucha variabilidad
- Meta-análisis no consideran Otras fuentes de variación.

Fig. 2. N<sub>2</sub>O emissions from Mediterranean cropping systems according to fertilizer type, expressed as: (a) cumulative emissions during experimental period, (b) emission factor. Numbers in the boxes indicate sample sizes.

Extraído de Aguilera et al., (2013); Agric. Ecosys& Environ. 164:32-52



## Efecto del riego sobre emisiones de N<sub>2</sub>O



- **Riego > secano (4 vs 0,4 kg N/ha año!)**
  - Secano asociado a cultivos de invierno
  - Riego cultivos verano; mayor T<sup>a</sup>; mayor N
- **Goteo < Otros sistemas riego**
  - Asociado a menor % de suelo mojado
  - Mejor ajuste de las dosis de N aplicado

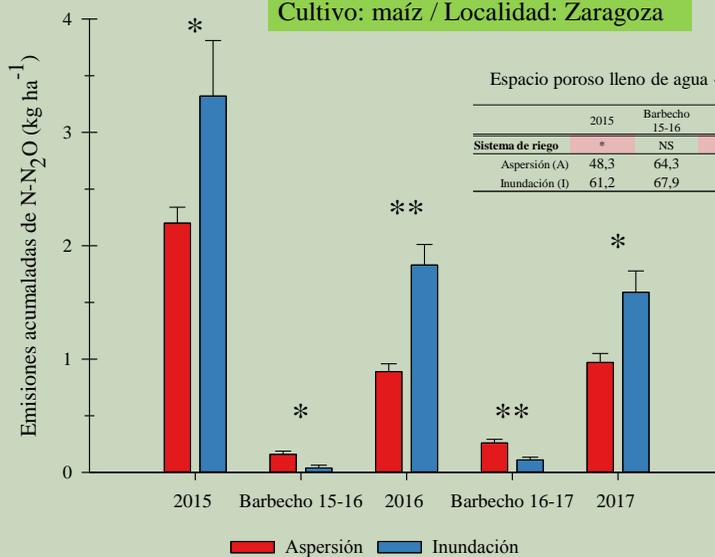
Cuando se compara entre sistemas hay que considerar las emisiones ajustadas por el rendimiento "Yield-scaled"

Extraído de Aguilera et al., (2013); Agric. Ecosys& Environ. 164:32-52



### Emisiones acumuladas de N<sub>2</sub>O según sistema de riego

Cultivo: maíz / Localidad: Zaragoza



Espacio poroso lleno de agua -WFPS- medio (%)

	2015	Barbecho 15-16	2016	Barbecho 16-17	2017
Sistema de riego	*	NS	**	**	**
Aspersión (A)	48,3	64,3	47,6	57,4	43,1
Inundación (I)	61,2	67,9	59,4	63,5	48,3

\*,\*\* p<0,05, p<0,01, NS No significativo, Barras indican SE<sub>x</sub>

Datos ensayos Grupo RAMA – EEAD-CSIC



## Efecto del cultivo en emisiones de N<sub>2</sub>O

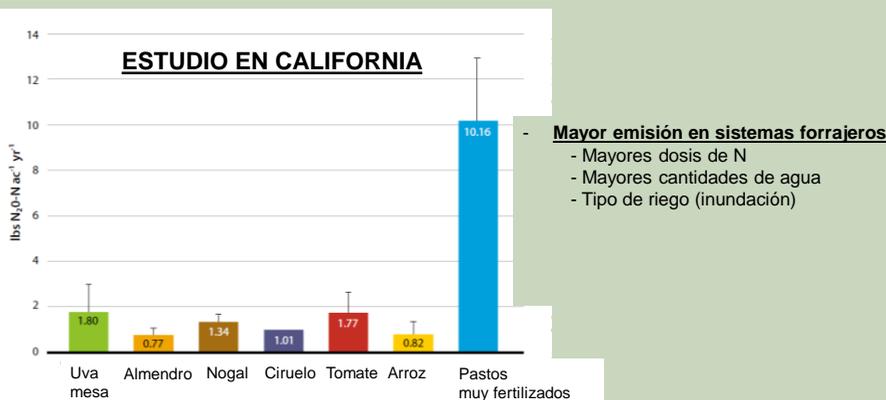


Figura. Promedio de emisiones de N<sub>2</sub>O-N acumuladas para distintos cultivos.

Extraído de Verhoeven et al. (2017); California Agriculture 71(3)



## Efecto del laboreo en emisiones de N<sub>2</sub>O

- Resultados variables según estudios.
- La mayor humedad en capas superficiales puede aumentar la emisión de N<sub>2</sub>O.
- Resultados dependiente del manejo del fertilizante: aplicación localizada / toda la superficie.
- Generalmente hay efecto sobre emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> y sobre el aumento de C orgánico y es preciso hacer una evaluación global sobre todos los gases



## Ensayos en Aragón

### Variabilidad de emisiones en trigo en aspersion

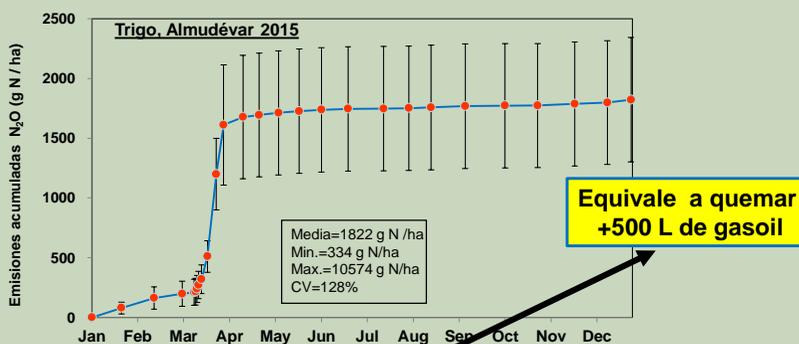


- Media de **20 puntos** en una parcela de 6 ha con manejo convencional
- Pico de emisión muy marcado después de la aplicación de la urea en la cobertera
- Tasas muy bajas el resto del tiempo
- Gran variabilidad entre distintas zonas de la parcela.



## Ensayos en Aragón

### Variabilidad de emisiones en trigo / emisiones acumuladas



- Media Total  $N_2O$  emitido: 1,822 kg N/ha y año
- Total fertilizante aplicado: 122 kg N/ha
- EF (sin corregir): 1,49%
- EF (corregida): 1,22% (estimando la basal)
- Existencia de puntos con alta y baja emisión de  $N_2O$



## Ensayos en Aragón

Efecto de la dosis de N aplicada y del N en el suelo en las emisiones en maíz  
(Almudévar, 2011 y 2012)

Emisiones acumuladas de N<sub>2</sub>O-N

N suelo	N aplicado kg N ha <sup>-1</sup>	g/ha N <sub>2</sub> O-N	
		ha <sup>-1</sup>	
<b>2011</b>			
Low	0	1121 (116) b†	
	300	1849 (237) a	
High	0	1027 (235) b	
	300	2041 (195) a	
<b>2012</b>			
Low	0	499 (163) b	
	300	890 (138) b	
High	0	523 (31) b	
	300	1439 (258) a	

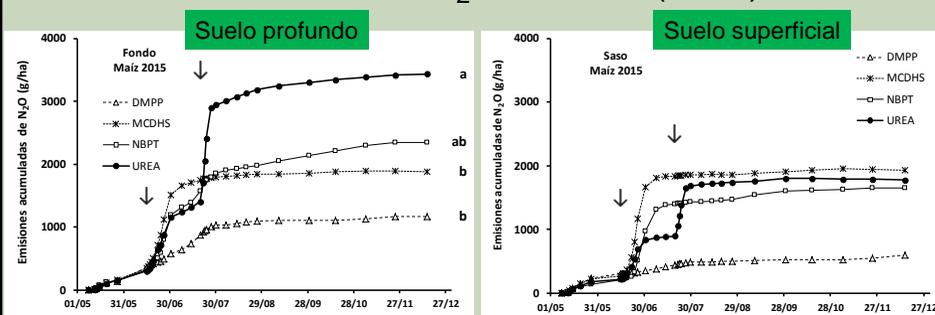
- Aumento de emisiones al aumentar de 0 a 300 la dosis de N
- Factor de emisión (EF) corregido osciló entre 0,24 y 0,34% (menor del 1% que se utiliza para realizar los inventarios Nacionales)

Extraído de Álvaro-Fuentes et al. (2016); SSSAJ 80:662-671



## Ensayos en Aragón

Uso de inhibidores microbianos para reducir las emisiones de N<sub>2</sub>O en maíz (2015)



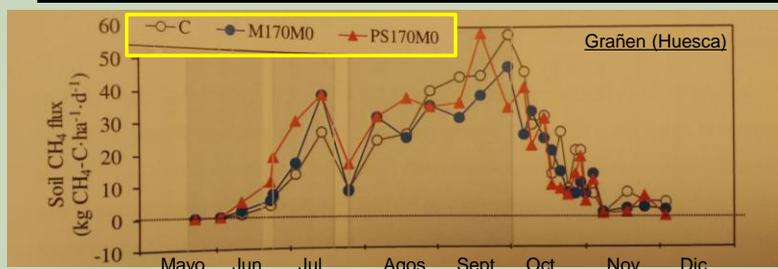
DMPP: inhibidor nitrificación / NBPT y MCDHS: inhibidores de ureasa

- El inhibidor DMPP resulta más efectivo para reducir las emisiones de N<sub>2</sub>O.
- Confirma resultados en otras condiciones experimentales.
- Los inhibidores MCDHS y NBPT no efecto consistente en los 2 tipos de suelo.
- El DMPP puede aumentar las emisiones de NH<sub>4</sub>, por lo que es preciso valorar el interés medioambiental que supone.

Extraído de Noemi-Mateo et al. (V Workshop REMEDIA)

## Ensayos en Aragón

### Emisiones de GEI en arroz: fertilización mineral vs orgánica



- El principal GEI es el CH<sub>4</sub>, sin diferencias significativas mineral vs purín, aunque con cierta tendencia a mayor emisión con altas dosis de purín.
- Debido al encharcamiento de las parcelas de arroz, los flujos de N<sub>2</sub>O no son significativos y el CH<sub>4</sub> es el principal GEI que contribuye al calentamiento global.
- Las emisiones de N<sub>2</sub>O no se ven afectadas por el tipo de fertilizante (mineral vs purín porcino).
- Altas dosis de purín porcino en presiembrado en suelos de bajo contenido en materia orgánica pueden aumentar las emisiones de metano.
- El purín porcino, complementado con mineral es una buena estrategia para alcanzar máximos rendimientos en arroz.

Extraído con permiso de Moreno-García (2017). (Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza)

## Mejora de la eficiencia en el uso de fertilizantes nitrogenados

- La mayor parte del N en los sistemas agrarios se aplica a cultivos de cereal (maíz, trigo, cebada) y pastos.
- Es posible encontrar trabajos divulgativos que orientan acerca de como mejorar las prácticas de fertilización en diversos cultivos.
- Para aplicar de forma eficiente el N, es fundamental una **buena gestión del riego**, lo que es posible utilizando las herramientas disponibles para ello. Por ejemplo la web de la oficina del regante (SIRASA, Gobierno de Aragón). En general los agricultores hacen poco uso de dicha herramienta relativamente fácil de usar. Aplicaciones con el móvil.
- Es necesario realizar determinaciones de nitrógeno mineral en el suelo (0-30 cm de profundidad) para conocer el N disponible antes de ciertos momentos críticos de cada cultivo:
  - Presiembrado o V6 en maíz.
  - Salida del invierno (Inicio ahijamiento en cereal de invierno)

## Mejora de la eficiencia en el uso de fertilizantes nitrogenados

- En algunos cultivos como maíz o trigo es posible reducir la cantidad de N aplicado en presembrado y concentrar las aplicaciones en las épocas de mayor demanda del cultivo.
- El uso de cultivos cubiertos leguminosos en invierno (p. ej. veigas) puede reducir la cantidad de N necesario a aplicar en el maíz.
- Es posible reducir de forma significativa (+100 kg N/ha) la cantidad que habitualmente se aplica al maíz después de un cultivo de alfalfa.
- Es preciso mejorar el reciclado de los fertilizantes orgánicos para sustituir parcial o totalmente a los minerales. Existen métodos rápidos (conductimetría) para estimar el contenido en N de los purines. Es preciso ajustar en la legislación la dosis máxima de N a aplicar en condiciones de secano con extracciones muy bajas.
- La gestión colectiva de purines (ya funciona en Ejea de los Caballeros, Tauste, Altorricón, Huesca, Tastavins) enlazando productores de purín y agricultores se presenta como una buena vía para mejorar la gestión de los mismos.



## Conclusiones finales

- **Gran variabilidad en las tasas de emisión** entre ambientes, cultivos y prácticas agronómicas.
- El **aumento de la eficiencia** en el uso de los fertilizantes nitrogenados y de los fertilizantes orgánicos resulta clave para disminuir las emisiones de  $N_2O$ .
- El **manejo del riego** es un factor muy importante y los sistemas de mayor eficiencia (aspersión y goteo) tienden a tener menores tasas de emisión  $N_2O$  directas (e indirectas). Los sistemas de modernización de regadío además de disminuir las pérdidas de N por lavado posiblemente reducirán las emisiones de  $N_2O$ .
- Es preciso continuar evaluando el efecto de las distintas prácticas agronómicas sobre las emisiones en los distintos agrosistemas. **Gran interacción ambiente x manejo.**
- Hay que determinar qué factores **tienen una mejor relación coste/reducción emisiones** para que estas puedan ser aplicadas por los agricultores. **Deben ser viables económicamente.**



## Conclusiones finales

- Si bien se conocen razonablemente bien los factores que controlan las emisiones de  $N_2O$ , no se conoce tanto el efecto de las interacciones con distintos factores de manejo tales como laboreo, uso de cultivos cubierta, rotaciones de cultivo, manejo del riego etc...
- En cualquier caso hay información suficiente para que las Políticas agrarias y subvenciones de la PAC se hagan teniendo en cuenta los conocimientos existentes para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero así como otros impactos negativos de la agricultura sobre el Medio.
- Los mecanismos tipo “**Greening**” y **condicionalidad** van en esa línea y deben re-evaluarse periódicamente para mejorar su impacto real y su utilidad.
- La **formación de los agricultores** es clave para mejorar la eficiencia en el uso de los fertilizantes y del agua.



# Gracias por su atención

## ¿ Preguntas ?

