



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

POLITÉCNICA

ceígram



**RUENA**  
RED DE USO EFICIENTE DEL NITRÓGENO  
EN AGRICULTURA

# MANEJO DEL RASTROJO Y/O ABONO VERDE EN LAS EMISIONES DE N<sub>2</sub>O

Sandra García Gutiérrez

Universidad Politécnica de Madrid

ETSIAAB – CEIGRAM

[sandra.garcia@upm.es](mailto:sandra.garcia@upm.es)



# INTRODUCCIÓN

## Incorporación de residuos de maíz (↑C:N)

### Sin fertilización N

- ↓  $N_2O$
- Inmovilización N → ↓ Disponibilidad N (Chen et al., 2013)

### Con fertilización N

- ↑  $N_2O$
- C disponible + N como sustrato para desnitrificación (Li et al., 2021)

### Fase de desarrollo del CC

- Poco efecto en emisiones
- CC con ↓ C:N (veza) → ↑ N disponible → ↑  $N_2O$  (Sanz-Cobeña et al., 2014)

### Fase de descomposición

- CC → ↑  $N_2O$
- CC ↓ C:N → rápida descomposición (Muhammad et al., 2019) (Ábalos et al., 2022)

## Cultivo cubierta

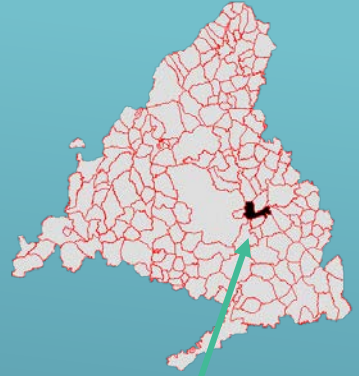




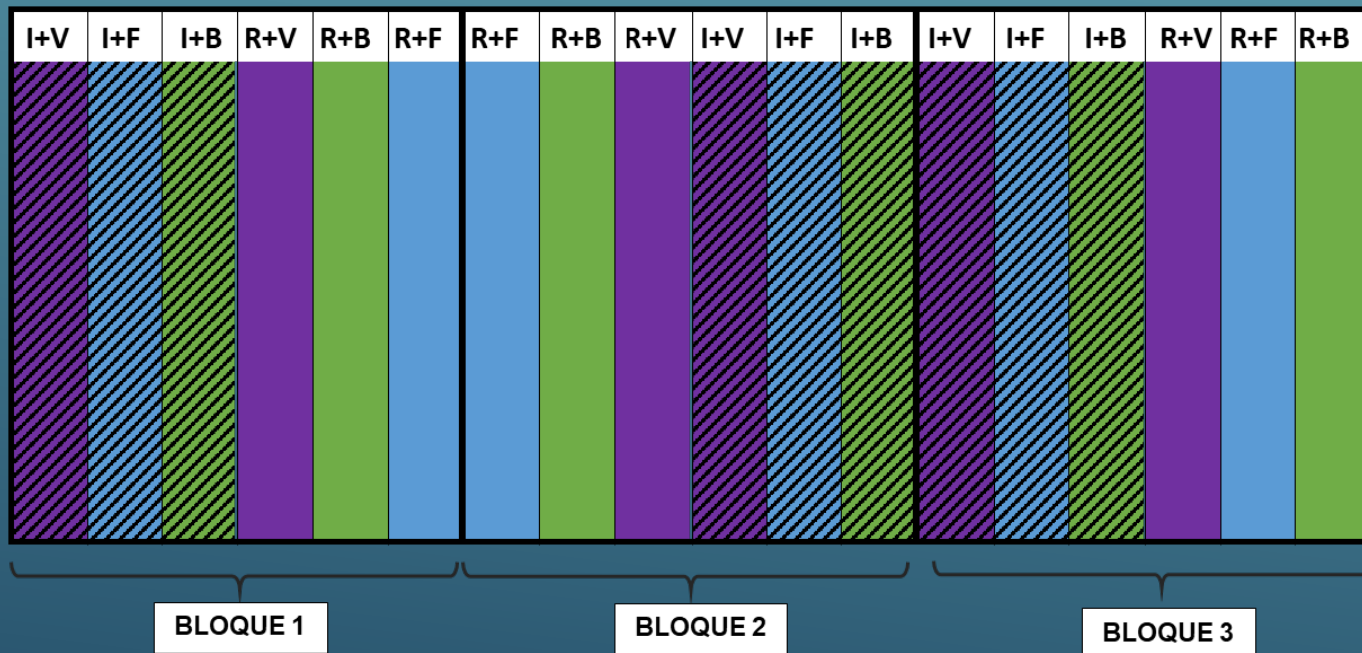
# DISEÑO EXPERIMENTAL


## Split-plot con 3 bloques


<b>Factor 1</b>	<b>R</b>	<b>I</b>	
Manejo rastrojo de maíz del cultivo anterior	Retirado	Incorporado	
<b>Factor 2</b>	<b>F</b>	<b>B</b>	<b>V</b>
Cultivo cubierta en periodo <u>intercultural</u>	Barbecho	Cebada	Veza
Abono verde Fertilización integrada de N en <u>cultivo de maíz</u> (CAN)	210 kg N/ha	220 kg N/ha	170 kg N/ha





CENTER




RASTROJO RETIRADO → R 

RASTROJO INCORPORADO → I 

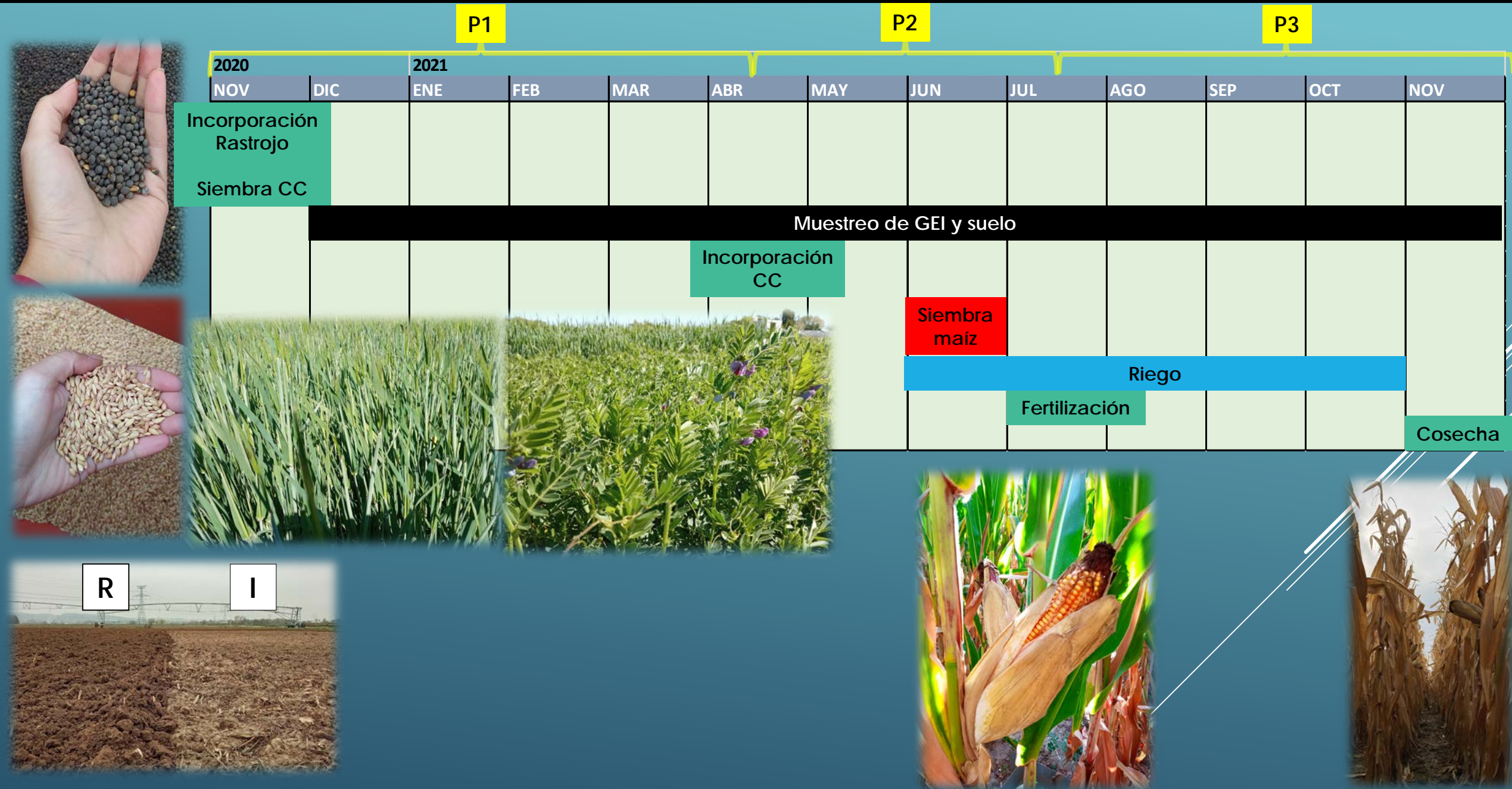
VEZA → V 

CEBADA → B 

BARBECHO → F 

MANEJO DEL RASTROJO			
	Incorporado	Retirado	
CULTIVO CUBIERTA	Cebada	I+B	R+B
	Veza	I+V	R+V
	Barbecho	I+F	R+F

# METODOLOGÍA





# METODOLOGÍA

## Análisis

Muestreo **GEI** → Cámaras estáticas cerradas

Análisis GEI

- CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> (FID)
- N<sub>2</sub>O (ECD)

Cálculo de los **flujos de GEI**

Muestreo **suelo (0 - 10 cm)**

WFPS

Análisis N min (FIA)

Análisis DOC (TOC)

Muestreo **cultivos cubierta**

% N

Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)

Kg N ha<sup>-1</sup> en CC

Cosecha **maíz**

Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)



## FERTILIZACIÓN INTEGRADA DEL MAÍZ

Oregon State University

Plant-Available N

→ Veza: ~40 kg N ha<sup>-1</sup>

→ Cebada: ~ -10 kg N ha<sup>-1</sup>

Dosis (kg N ha<sup>-1</sup>):

Fertilizante: CAN

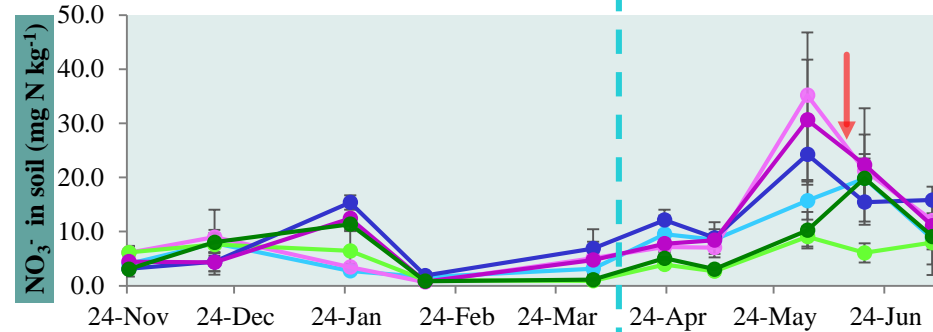
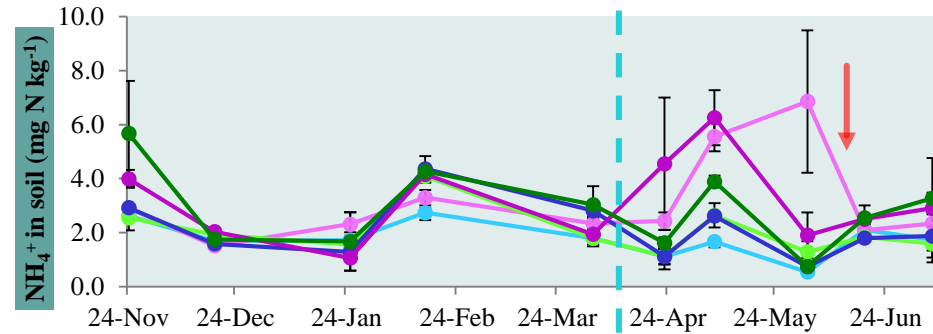
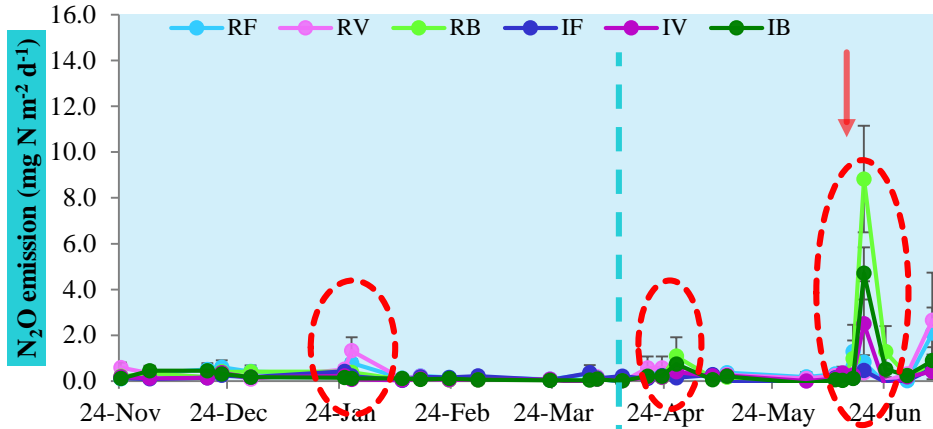
→V: 170

→F: 210

→B: 220



# RESULTADOS



P1

Incorporación  
CC

P2

## Rewetting

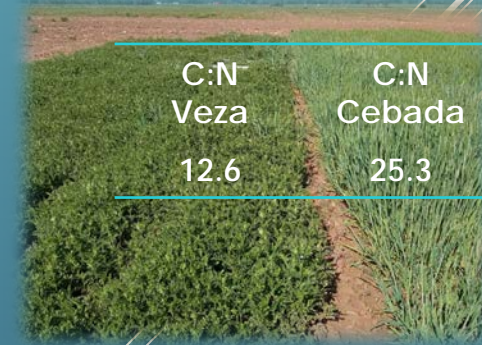
- T<sup>a</sup> suelo ~25 °C
- Inicio riego 11 junio
- Lluvia 17 junio → 27 mm
- WFPS: 17 % → 47 %

RB → 8.8 mg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>  
 IB → 4.7 mg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>

	N <sub>2</sub> O (mg N m <sup>-2</sup> )		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg N kg <sup>-1</sup> )		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg N kg <sup>-1</sup> )		
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	
Residue	Inc	28.6 a	2.71 b	2.56	5.53	13.6	
	Rem	32.0 b	52.7 b	2.33 a	2.33	4.39	11.6
	S.E.	0.6	5.5	0.07	0.16	0.22	1.2
	P value	<b>0.005</b>	<b>0.018</b>	0.023	0.074	0.069	0.380
Cover Crop	Barley	57.5 b	2.64	2.06 b	4.66	7.71 a	
	Fallow	31.7	28.0 a	2.36	1.53 a	5.11	13.9 b
	Vetch	22.8	36.5 ab	2.56	3.74 c	5.11	16.3 b
	S.E.	5.0	9.5	0.12	0.35	0.52	1.37
P value	0.379	<b>0.036</b>	0.184	<b>0.002</b>	0.782	<b>0.006</b>	
RES x CC	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	

## Rastrojo de maíz (P1 y P2)

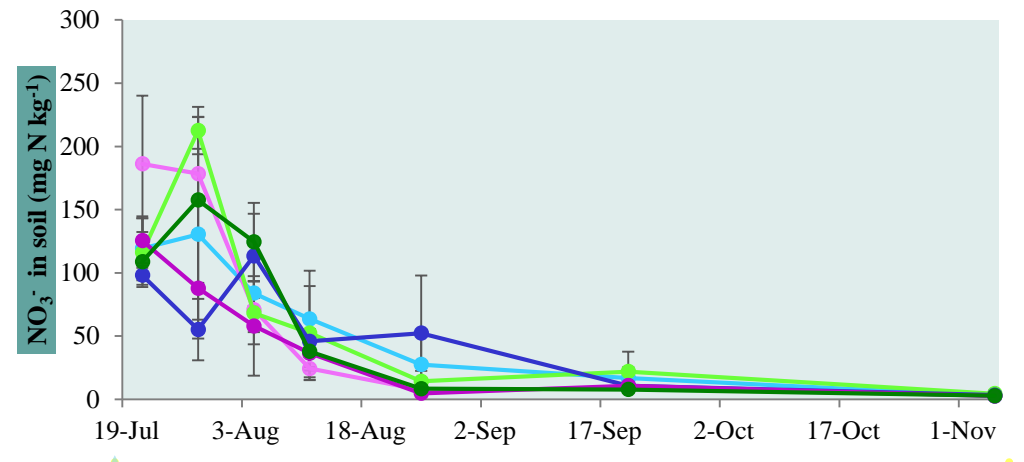
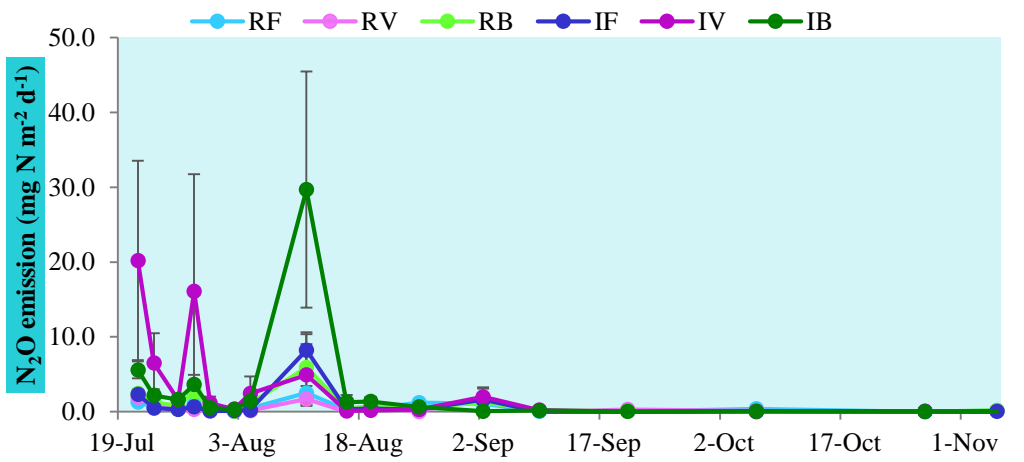
- N<sub>2</sub>O: Retirado > Incorporado (64 % y 84 %)  
 Res ↑ C:N → Promueve inmovilización del N



## Cultivo cubierta (P2)

- N<sub>2</sub>O: Cebada mayores emisiones  
 Lluvias + riego // ↑ C → promueve DNF → estimula N<sub>2</sub>O emisión
- N min: Cebada < Veza

# RESULTADOS



Fertilización Maíz

P3

	N <sub>2</sub> O (mg N m <sup>-2</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg N kg <sup>-1</sup> )
<b>Residue</b>		
Inc	183.0	54.9 a
Rem	66.5	67.3 b
S.E.	23.5	1.07
P value	<b>0.053</b>	<b>0.015</b>
<b>Cover Crop</b>		
Barley	168.8	67.0
Fallow	74.2	58.8
Vetch	131.1	57.5
S.E.	47.9	7.0
P value	0.594	0.606
<b>RES*CC</b>	N.S.	N.S.

## Rastrojo de maíz

- N<sub>2</sub>O: Incorporado > Retirado (122 %)
- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Retirado > Incorporado (23 %)

## Cultivo cubierta

- Tendencia CC a aumentar emisiones comparado con barbecho





# RESULTADOS

Rendimiento maíz (Mg ha <sup>-1</sup> )		
Residue	Biomasa	Grano
Inc	56.1	21.0
Rem	61.1	22.0
S.E.	2.8	0.8
P value	0.343	0.437
Cover Crop		
Barley	61.3 b	22.3 b
Fallow	59.1 ab	21.9 b
Vetch	55.4 a	20.3 a
S.E.	1.4	0.5
P value	0.051	0.046
RES*CC	N.S	N.S.

## Cultivo cubierta

- Cebada = barbecho
- Veza 7,3 % inferior a barbecho





# CONCLUSIONES

## La incorporación de rastrojos de maíz:

- **Fase intercultivo** → Disminución de las emisiones de N<sub>2</sub>O → Inmovilización del N
- **Tras fertilización con CAN** → Aumento de las emisiones de N<sub>2</sub>O → Favorecida la desnitrificación

## Los cultivos cubierta:

- **Tras su matado** → Cebada mayores emisiones tras riego y lluvia → Favorecida desnitrificación
- **Tras fertilización** → mucha variabilidad. Barbecho tiende a emitir menos.

## REFERENCIAS

- Ábalos, D., Rittl, T., Recous, S., Thiébeau, P., Topp, C., van Groenigen, K.J., Butterbach-Bahl, K., Thorman, R., Smith, K., Jørgen E. Olesen, I.A., Bleken, M.A., Rees, R.M., Hansen, S. (2022). Predicting field N<sub>2</sub>O emissions from crop residues based on their biochemical composition: A meta-analytical approach. *Sci. Total Environ.* 812: 152532. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152532>.
- Chen, H., Li, X., Hu, F. and Shi, W. (2013). Soil nitrous oxide emissions following crop residue addition: a meta-analysis. *Glob Change Biol*, 19: 2956-2964. <https://doi.org/10.1111/gcb.12274>
- Li, Z., Reichel, R., Xu, Z., Vereecken, H., Brüggemann, N. (2021). Return of crop residues to arable land stimulates N<sub>2</sub>O emission but mitigates NO<sub>3</sub>-leaching: a meta-analysis. *Agron. Sustain. Dev.* 41, 66. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00715-x>
- Muhammad, I., Sainju, U.M., Zhao, F., Ghimire, R., Fu, X., Wang, J. (2019). Regulation of soil CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions by cover crops: A meta-analysis. *Soil Tillage Res.* 192: 103-112. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.04.020>
- Sanz-Cobeña, A., García-Marc, S., Quemada, M., Gabriel, J.L., Almendros, O., Vallejo, A. (2014). Do cover crops enhance N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> or CH<sub>4</sub> emissions from soil in Mediterranean arable systems? *Sci. Total Environ.* 466-467: 164-174. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.023>.

# Muchas gracias

sandra.garcia@upm.es

S. García-Gutiérrez is recipient of the FPI grant PRE2019-087594 funded by MCIN/AIE/10.13039/501100011033 and FSE "El FSE invierte en tu futuro"