



El ensayo DOK

42 años de sistemas de cultivo ecológicos y convencionales

Andreas Fliessbach, Astrid Oberson, Klaus Jarosch, Jochen Mayer, Hans-Martin Krause, Paul Mäder

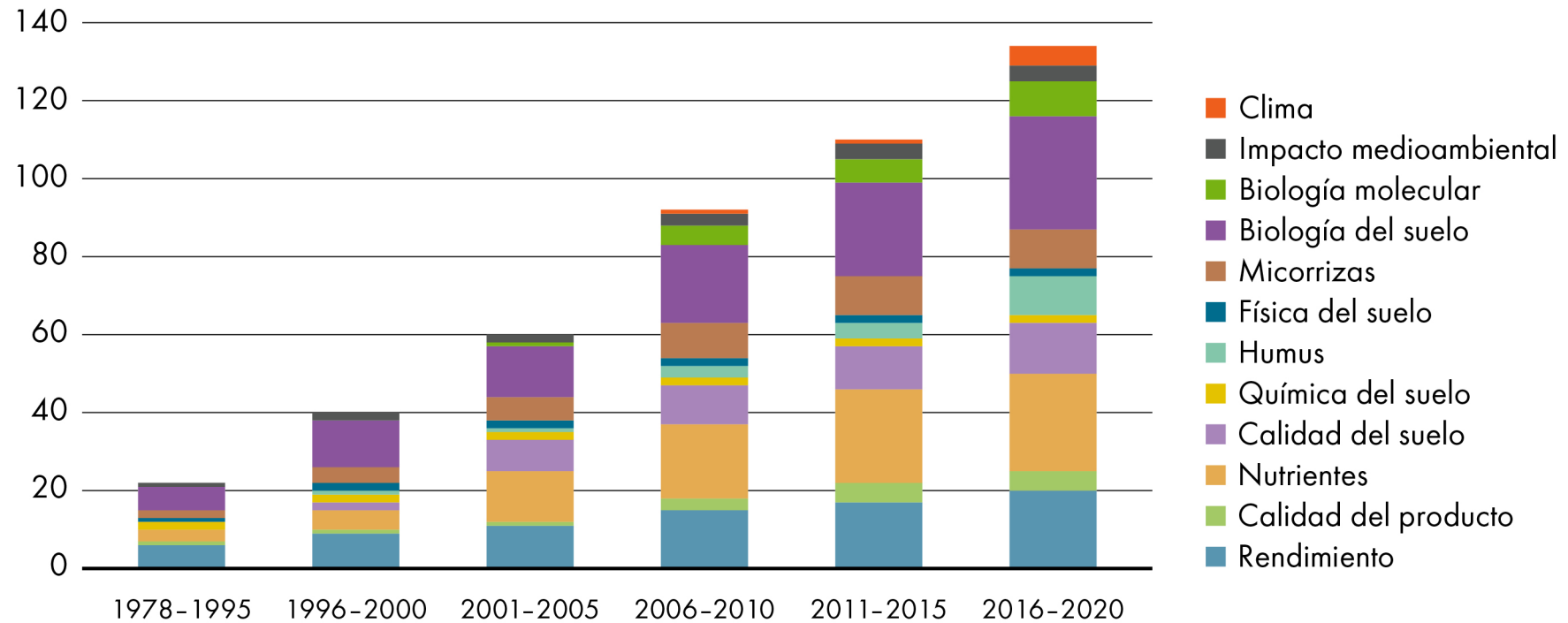
Historia y antecedentes

- Desde 1978
- Enfoque en la comparación de sistemas
- Acompañado por un consejo consultivo de agricultores
- **Objetivo inicial:** probar la viabilidad de la agricultura ecológica
- **Hoy:** plataforma de investigación sobre el funcionamiento de diferentes sistemas agrarios



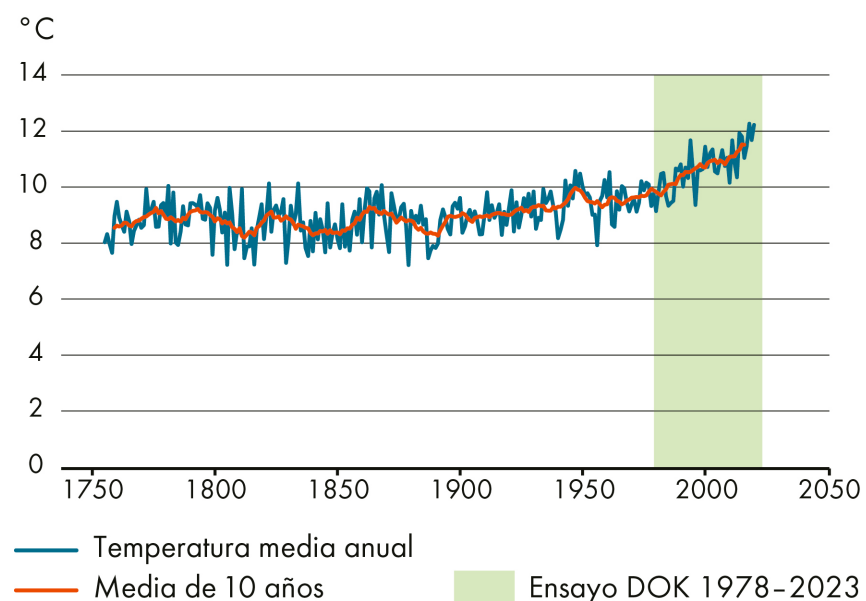
Publicaciones

Número acumulado de publicaciones



Situación y clima

- Ubicado al sur de Basilea, entre Therwil y Biel-Benken
- Precipitaciones medias anuales de 872 mm
- Aumento de las temperaturas durante el experimento
- Temperatura media anual:
(media de 10 años)
1978: **9,9 °C**
2016: **11,5 °C**



Configuración del campo

- Tipo de suelo: luvisol háplico
- Tipo de suelo:
 - Arena 12 %
 - Limo 72 %
 - Arcilla 16 %
- La misma rotación de cultivos y labranza en todos los sistemas
- Imitar los sistemas agrarios certificados



Sistemas de cultivo

BIODYN (D)
biodinámica (Demeter)

BIOORG (O)
ecológico (Bio Suisse)

CONFYM (K)
convencional (IP Suisse)

CONMIN (M)
abono convencional,
puramente mineral

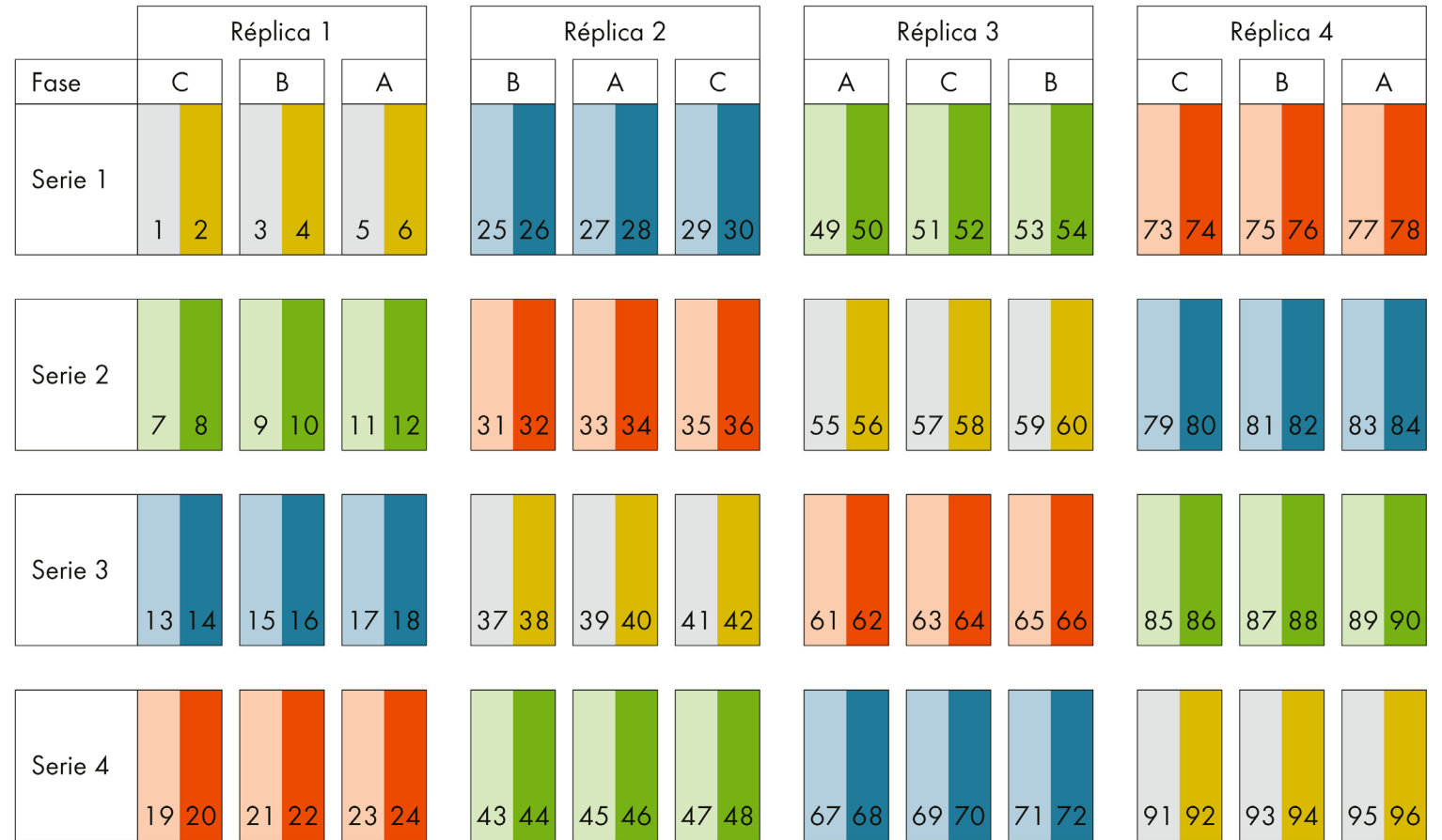
Sistema de gestión	NOFERT	BIODYN		BIOORG		CONFYM		CONMIN
Unidades ganaderas de abono por hectárea	-	0,7	1,4	0,7	1,4	0,7	1,4	-
Fertilización								
Estiércol de granja	-	Estiércol compostado y purines		Estiércol fermentado y purines		Estiércol apilado y purines		-
Abono mineral	-	Harina de roca		Harina de roca Magnesia potásica		Urea, nitrato de amonio, Nitrato amónico cálcico, Superfosfato triple, cloruro potásico		
Protección vegetal								
Control de las malas hierbas	Mecánicamente mediante gradas y escardadoras					Mecánicamente y con herbicidas		
Enfermedades de las plantas	-	Medidas indirectas		Medidas indirectas, suplementos de cobre para las patatas		Fungicidas		
Plagas	Biocontrol (<i>Bacillus thuringiensis</i>), Extractos vegetales, medidas preventivas					Insecticidas, biocontrol, gránulos antibabosas y medidas preventivas		
Particularidades	Preparados biodinámicos			-		Reguladores del crecimiento		

[Mäder et al. \(2002\): Science](#)

Plano de la parcela

- 8 sistemas de cultivo en 3 subparcelas (A, B, C)
- Subdividido en 4 filas y 4 repeticiones
- 96 parcelas experimentales (5 x 20 m)
- Intensidad de fertilización
0,7 UFO, 1,4 UFO
(1 = la mitad, 2 = habitual)

UFO = Unidad de fertilizante orgánico (de granja)



Rotación de cultivos

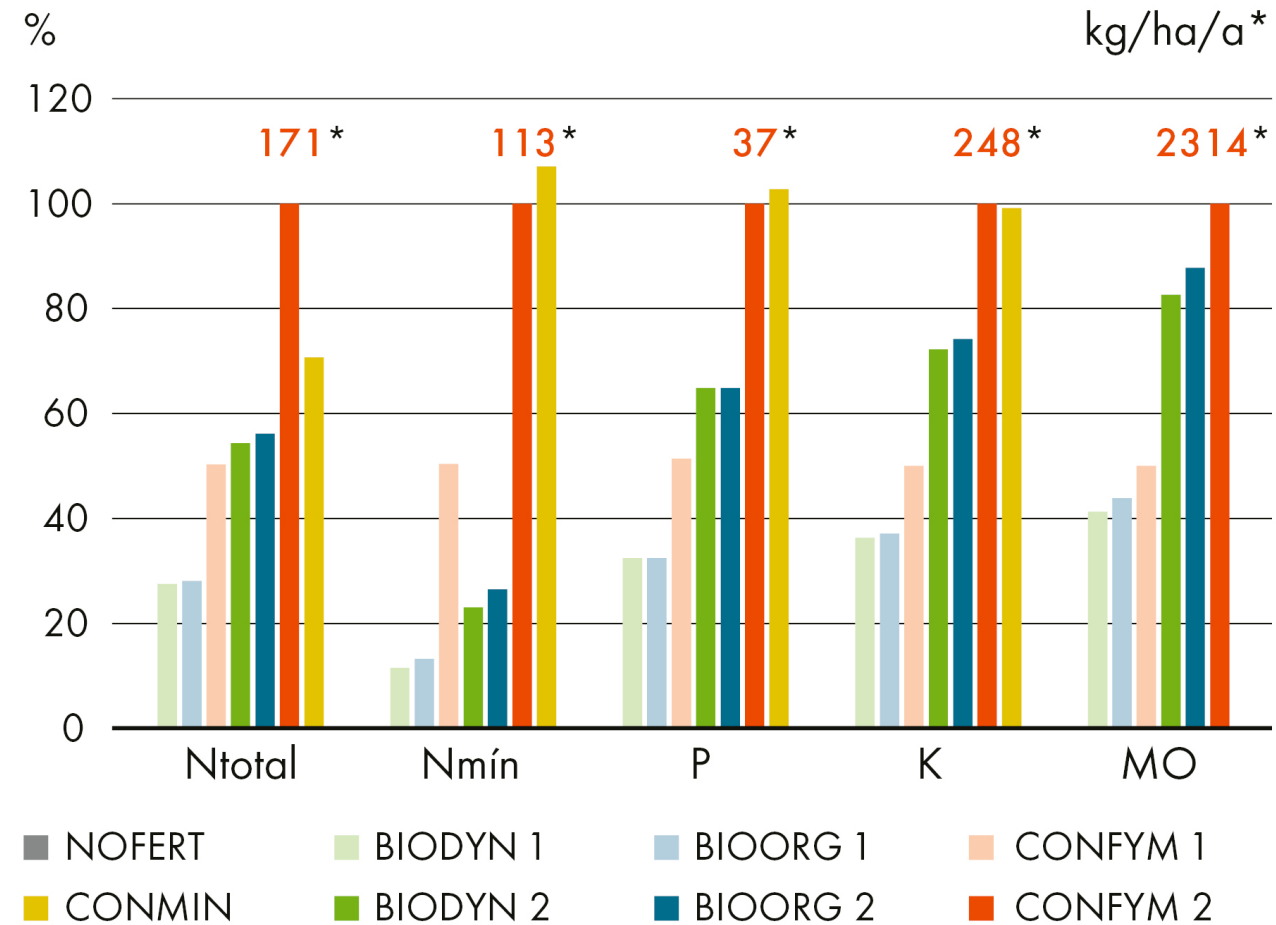
- La misma rotación de cultivos en todos los sistemas
- Adaptado después de cada período de rotación de cultivos (PRC)
- 7. PRC (2020-2026) similar al 6. PRC

Año	1. PRC 1978–1984	2. PRC 1985–1991	3. PRC 1992–1998	4. PRC 1999–2005	5. PRC 2006–2012	6. PRC 2013–2019
1	Patata	Patata	Patata	Patata	Maíz ensilado	Maíz ensilado
	Abono verde	Abono verde	Abono verde			Abono verde
2	Trigo de invierno 1	Trigo de invierno 1	Trigo de invierno 1	Trigo de invierno 1	Trigo de invierno 2	Soja
	Cultivo intermedio	Cultivo intermedio	Cultivo intermedio	Abono verde	Abono verde	
3	Col blanca	Remolacha	Remolacha	Soja	Soja	Trigo de invierno 1
				Abono verde	Abono verde	Abono verde
4	Trigo de invierno 2	Trigo de invierno 2	Trigo de invierno 2	Maíz ensilado	Patata	Patata
5	Cebada	Cebada	Hierba de trébol 1	Trigo de invierno 2	Trigo de invierno 2	Trigo de invierno 2
6	Hierba de trébol 1	Hierba de trébol 1	Hierba de trébol 2	Hierba de trébol 1	Hierba de trébol 1	Hierba de trébol 1
7	Hierba de trébol 2	Hierba de trébol 2	Hierba de trébol 3	Hierba de trébol 2	Hierba de trébol 2	Hierba de trébol 2

Fertilización

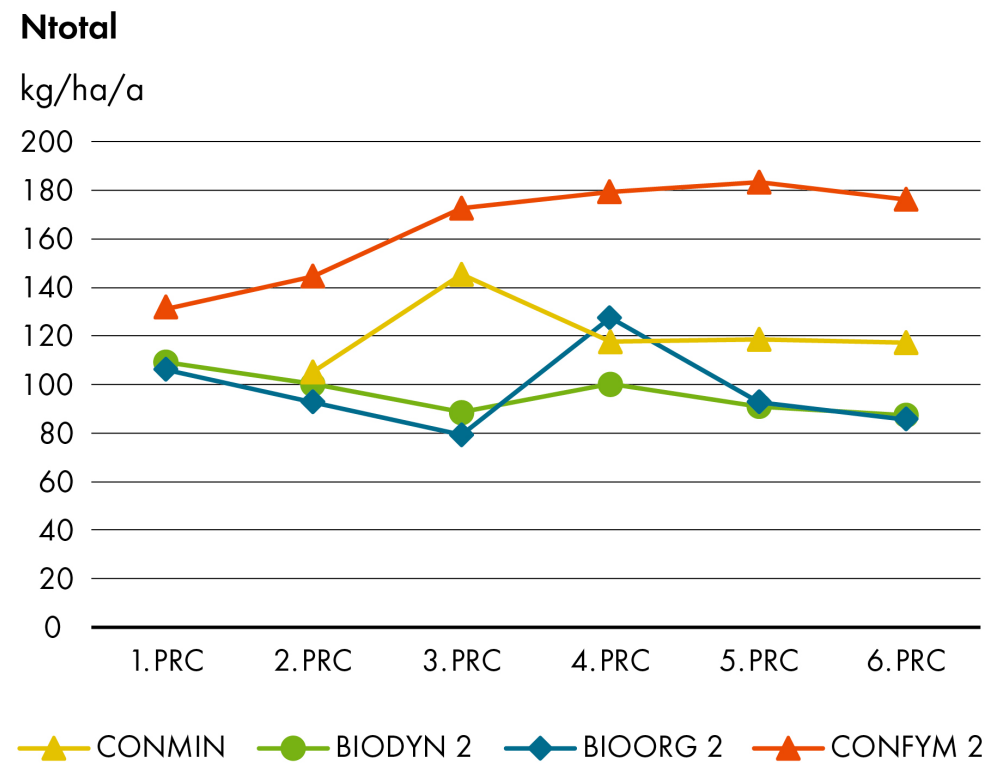
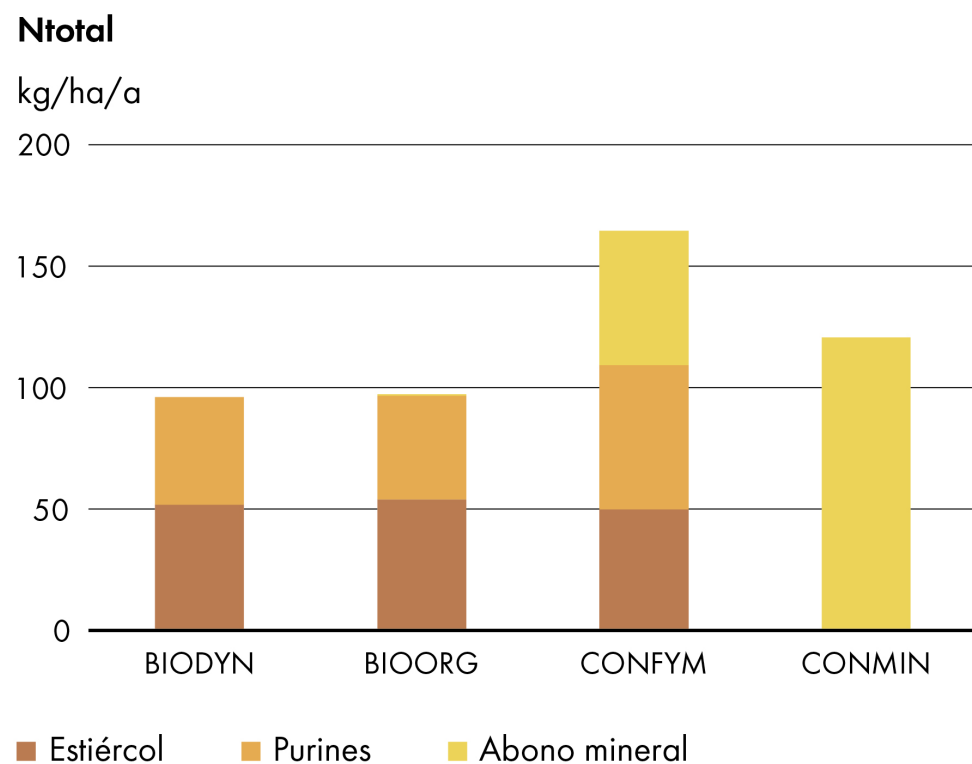
- Los estiércoles de los tratamientos específicos varían en la duración del compostaje y en la aireación
- Los sistemas ecológicos con 0,7 UFO reciben la mitad de nutrientes

Aportes medios anuales de nutrientes (PRC 2-6)



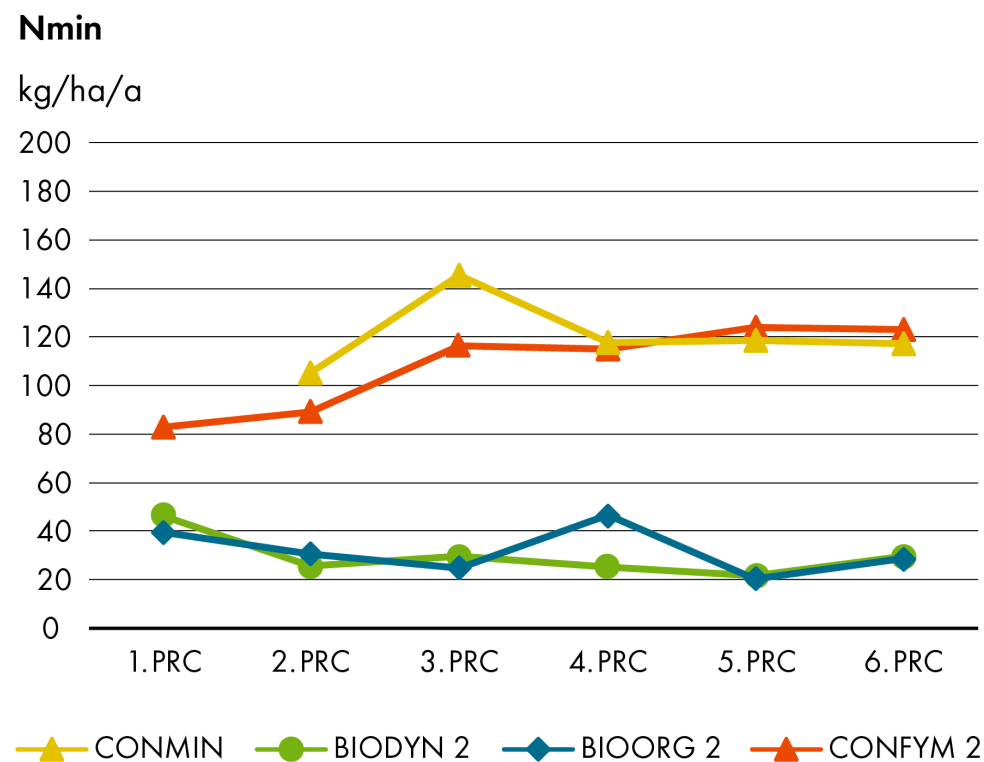
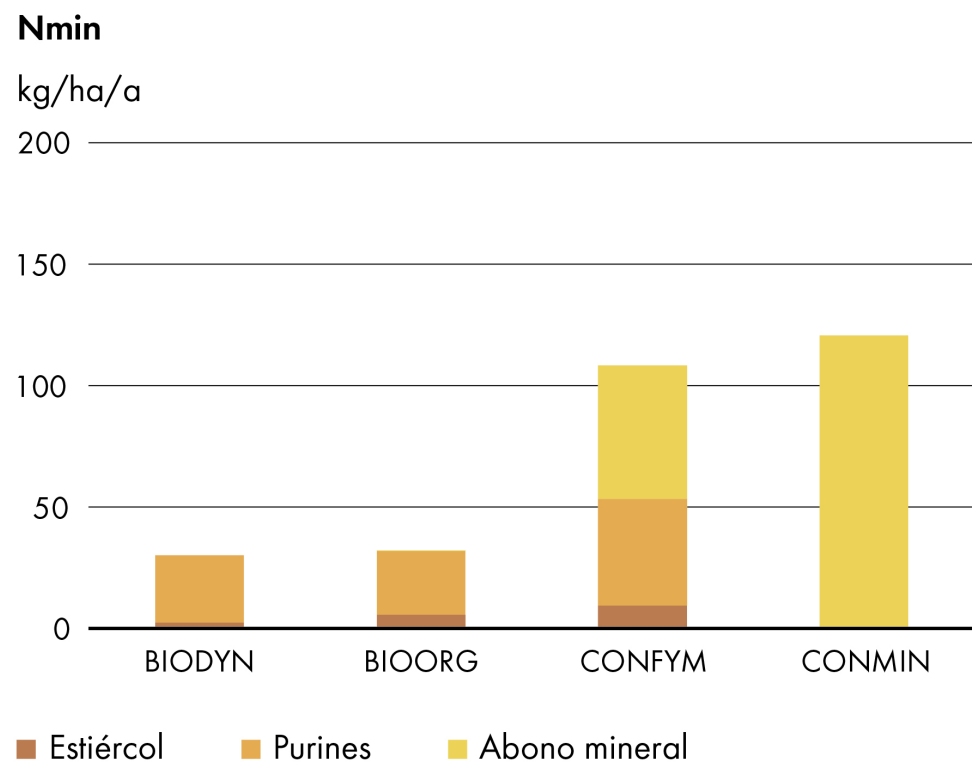
Fertilización nitrogenada

Fuentes y evolución de la aportación total de nitrógeno en el estiércol, los purines y los abonos minerales



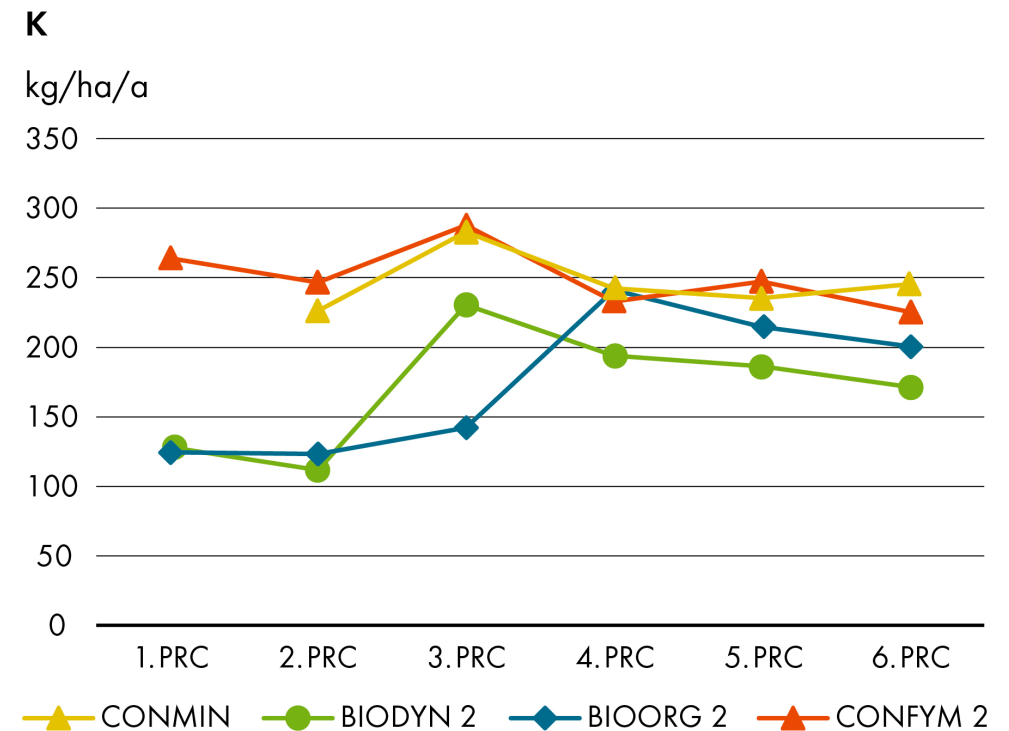
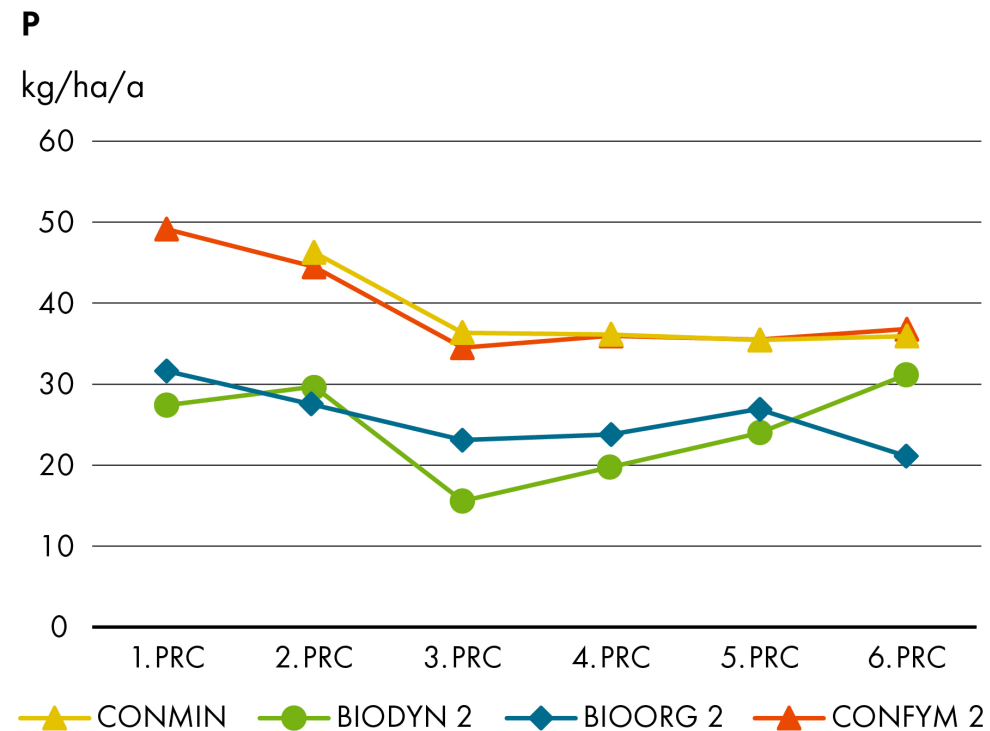
Fertilización nitrogenada

Fuentes y evolución de la aportación de nitrógeno mineral en el estiércol, los purines y los abonos minerales

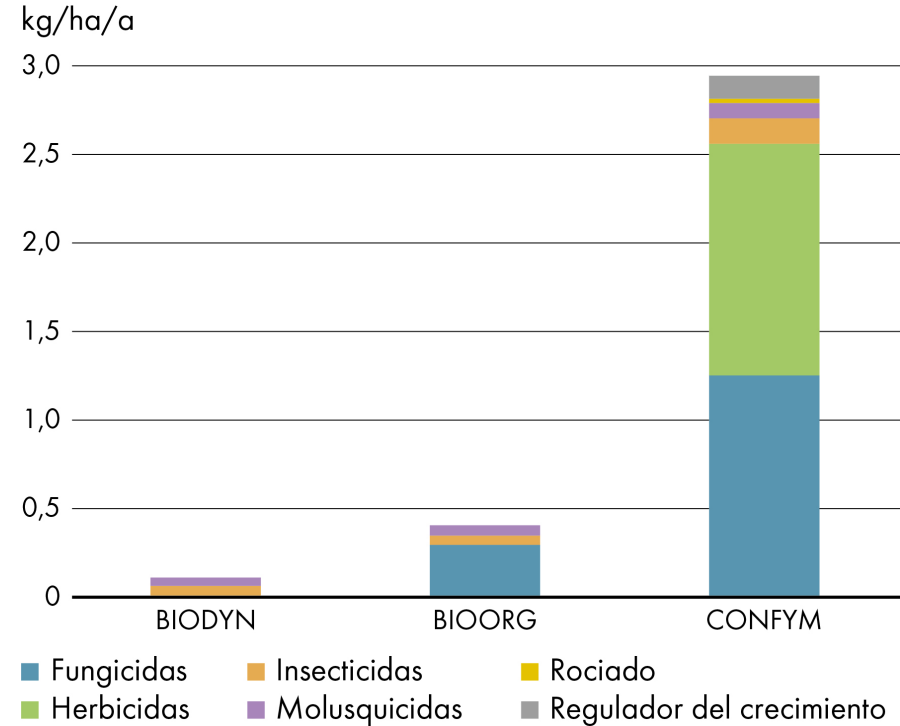
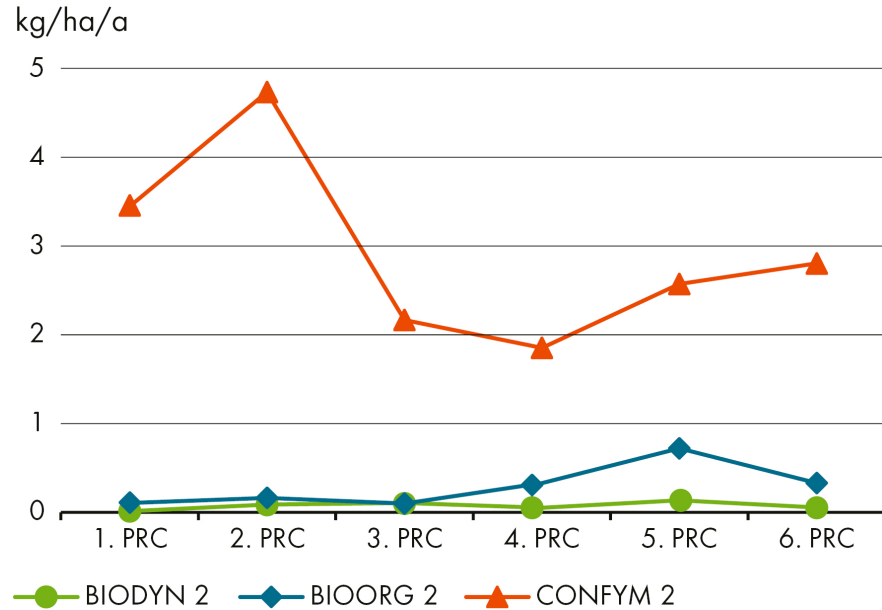


Abono fosforado y potásico

Evolución de los aportes de fósforo y potasio



Protección de las plantas

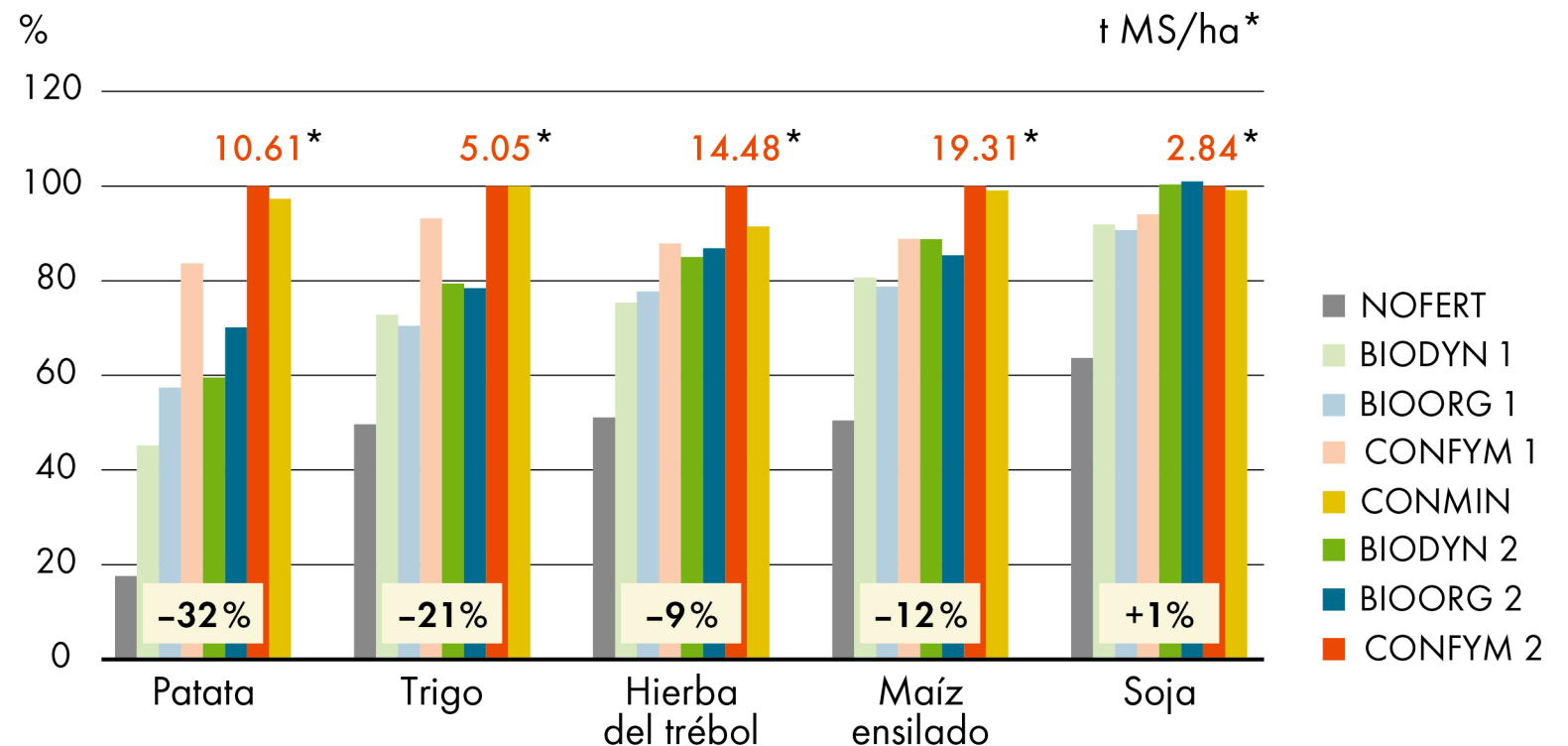


- En kg de sustancia activa por hectárea
- Reducción de los aportes de plaguicidas en CONFYM/CONMIN a partir de 3rd PRC, pero aumento del número de aplicaciones
- 92 % menos de pesticidas en BIODYN/BIOORG en comparación con CONFYM/CONMIN

Rendimientos

- La diferencia en los rendimientos disminuye dependiendo del cultivo: patata>trigo>maíz forrajero>trébol hierba>soja trébol>soja
- 15 % de diferencia de rendimiento en los sistemas ecológicos con 1,4 UFO en todos los cultivos

Rendimiento de la cosecha (en relación con CONFYM 2)



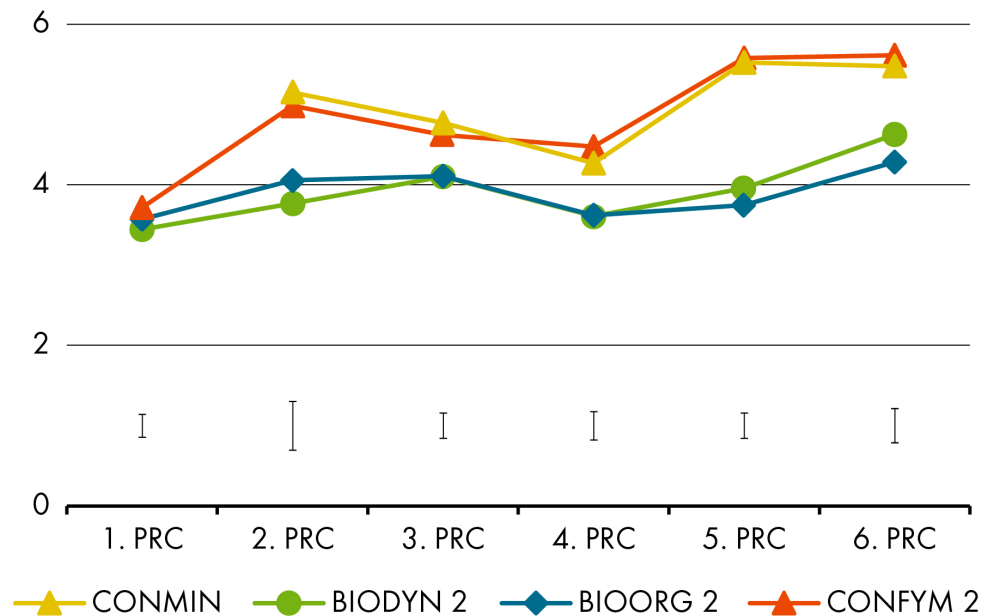
Knapp et al. (2023): Field Crops Research

Rendimientos

Rendimiento medio de trigo y hierba de trébol por período de rotación de cultivos (PRC)

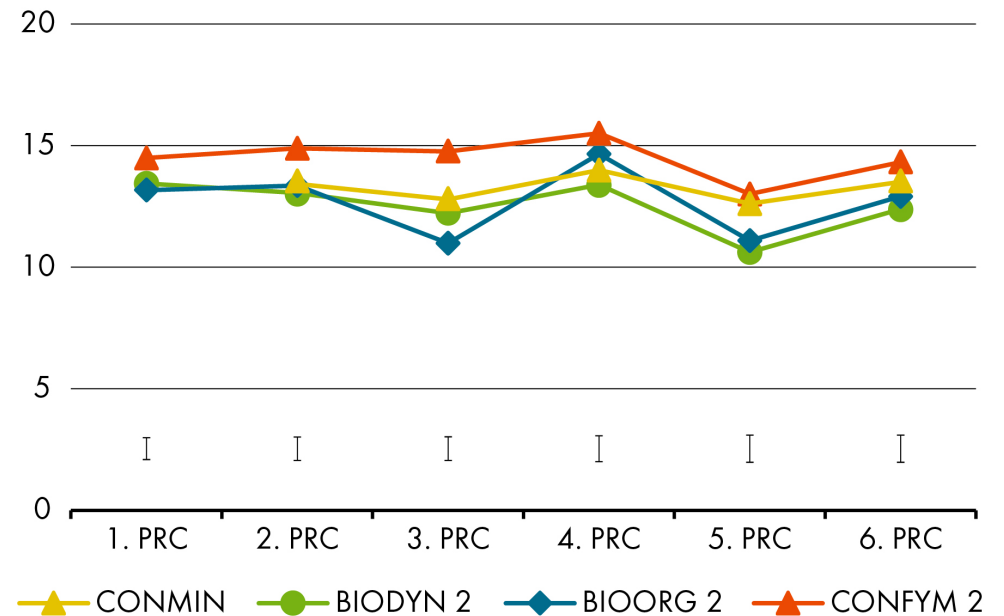
Rendimiento del trigo de invierno

t MS/ha



Rendimiento de la pradera de trébol

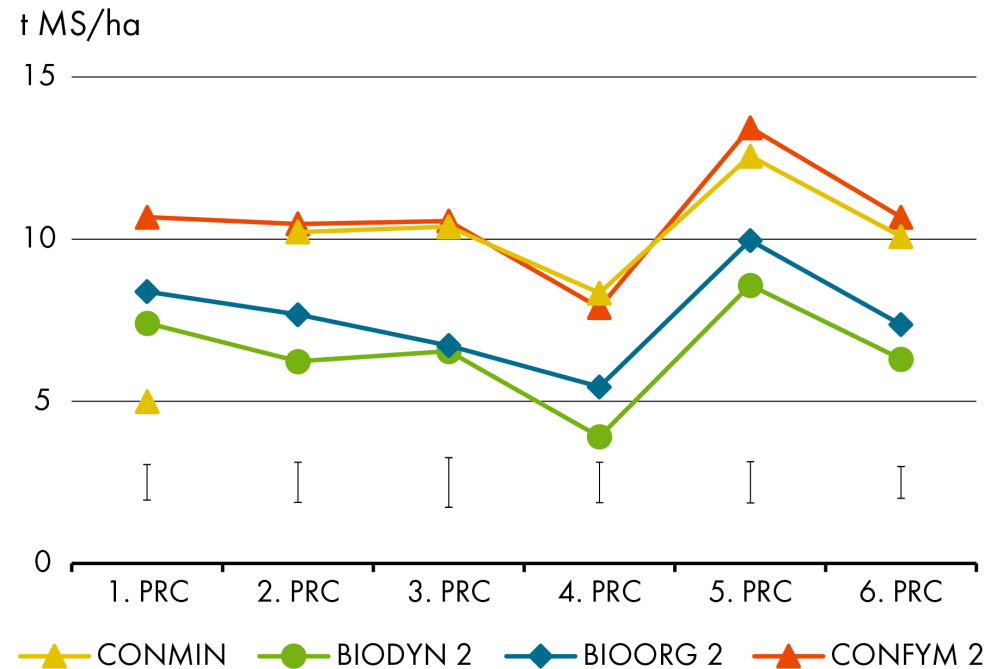
t MS/ha



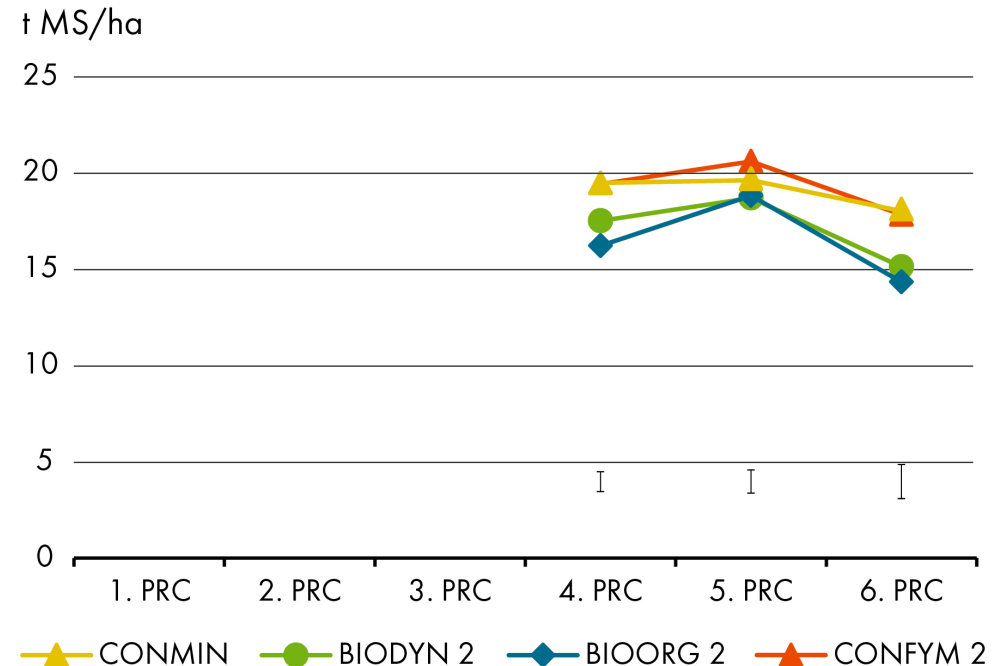
Rendimientos

Rendimiento medio de patata y maíz ensilado por período de rotación de cultivos (PRC)

Rendimiento de la patata

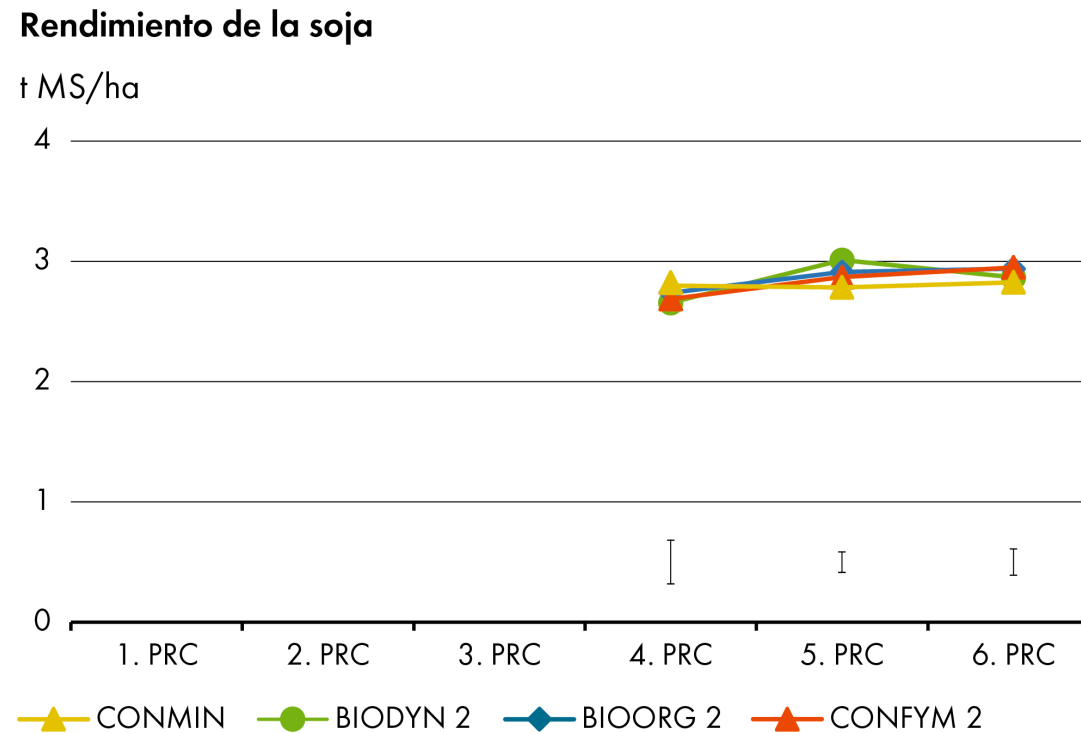


Rendimiento del maíz ensilado

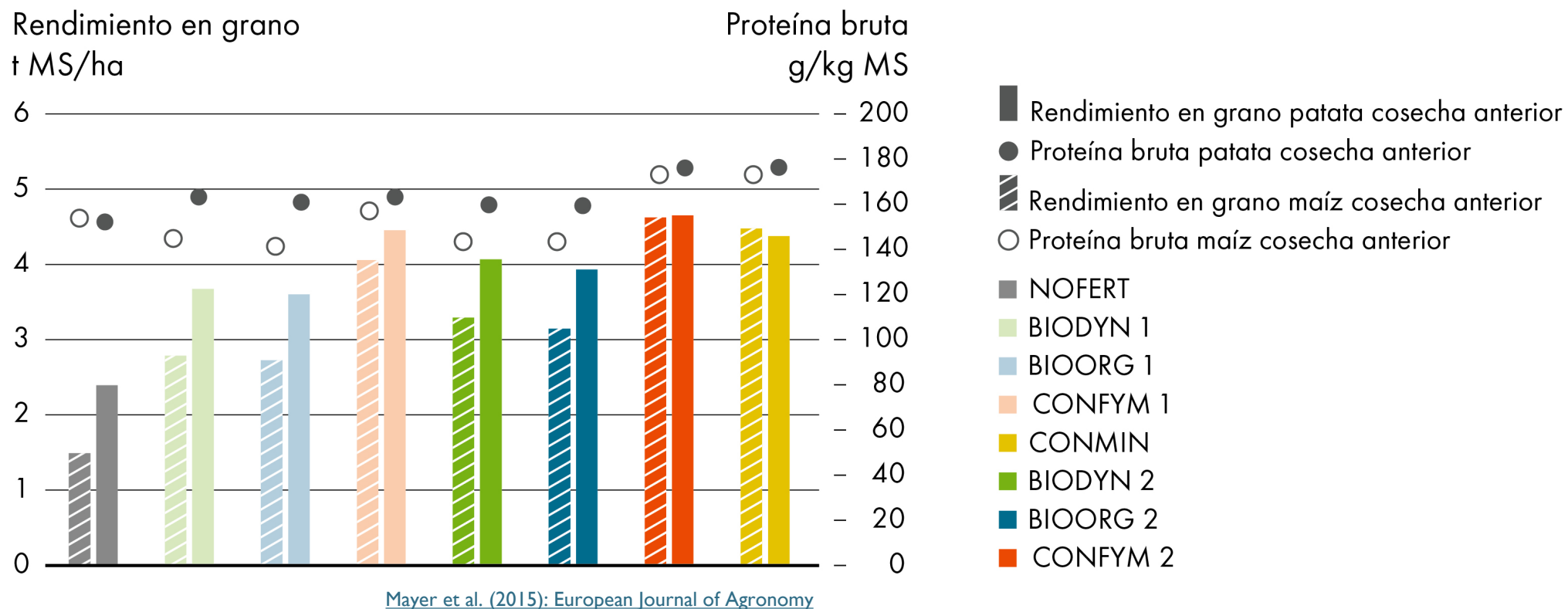


Rendimientos

Rendimiento medio por período de rotación de cultivos (PRC)



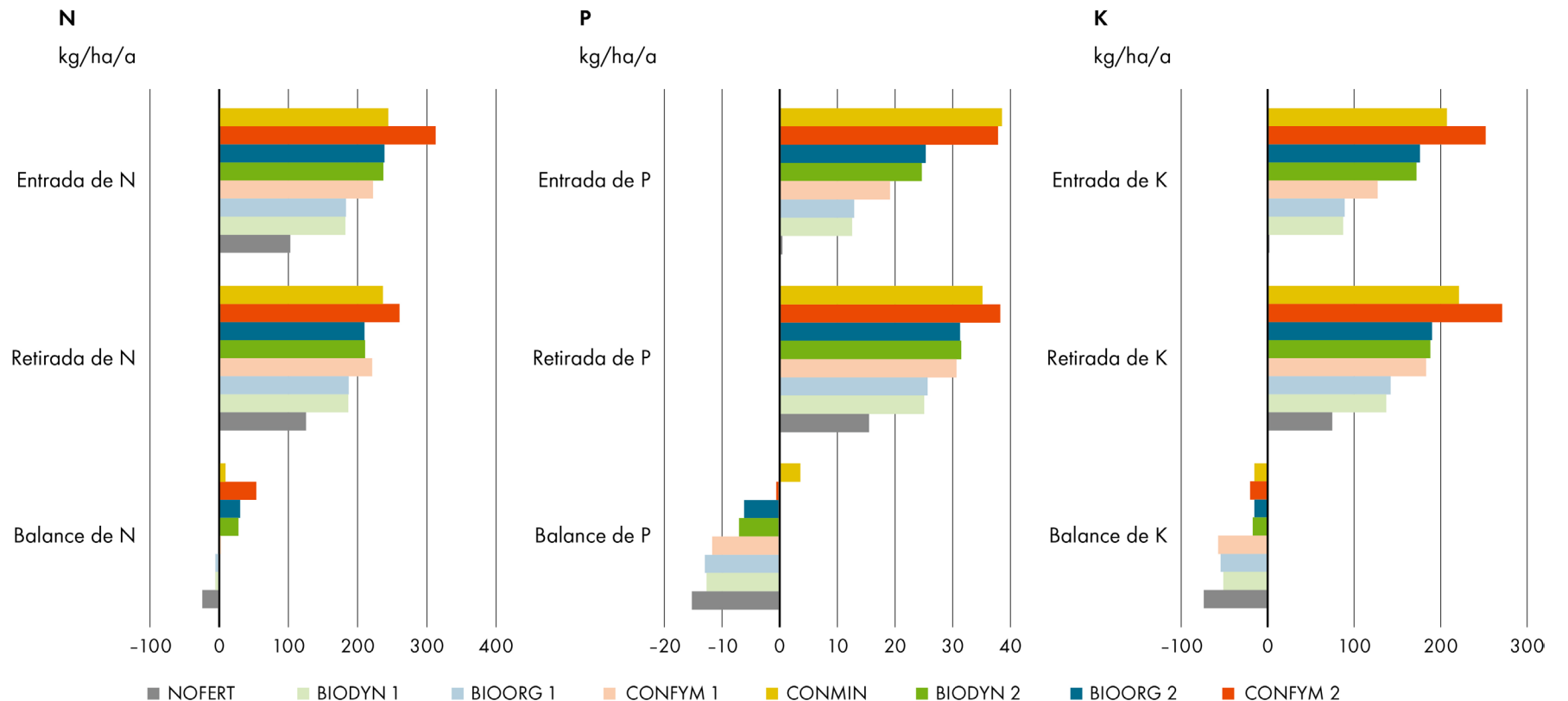
Rendimiento y contenido de proteína bruta del trigo de invierno



- Menor contenido proteínico en el trigo de invierno ecológico, especialmente tras el precultivo de maíz

Balance de nutrientes

- Eliminación a través de la cosecha, entrada a través de la fertilización, fijación simbiótica del nitrógeno y deposición.
- Balance positivo de N en todos los sistemas fertilizados orgánicamente a I,4 UFO
- Balance negativo de P y K en casi todos los sistemas



Oberson et al. (2024): Agriculture, Ecosystems and Environment

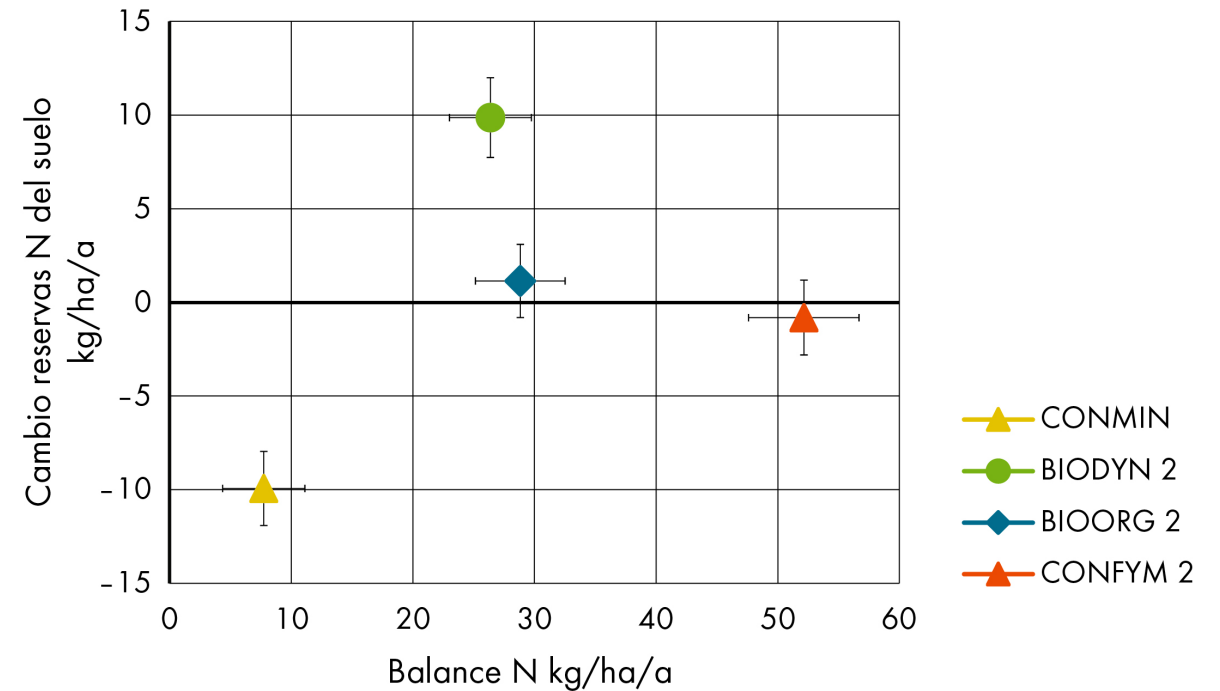
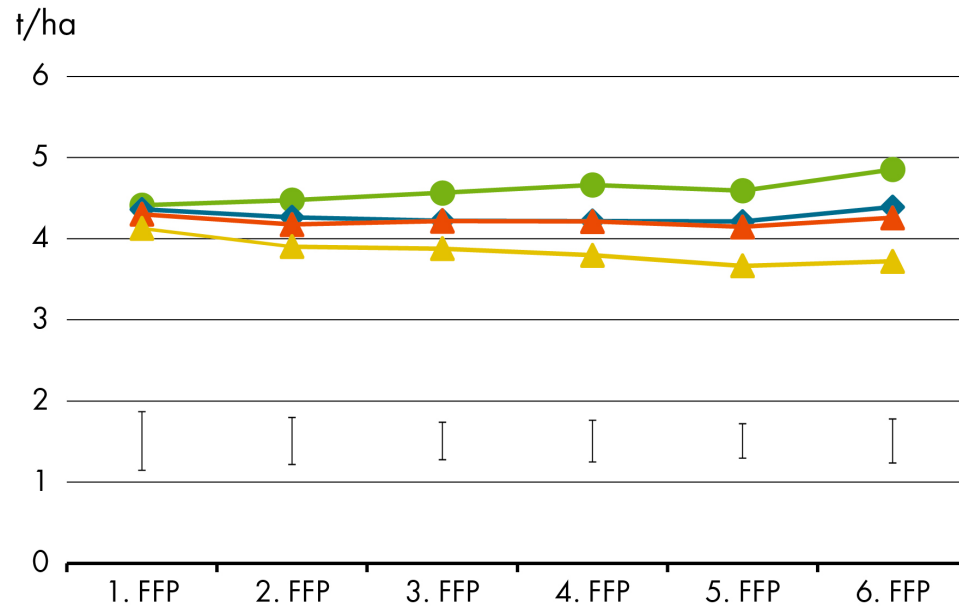
Balance de nutrientes

Datos en kg/ha/a	Abono	Fijación simbiótica	Deposición y semillas	Eliminación	Balance	Cambio en las reservas de suelo	Eficacia de utilización
NOFERT	0	75	21	128	-31,1	-26,2	133 %
BIODYN 1	47	112	21	189	-8,7	-9,1	105 %
BIOORG 1	48	111	21	190	-9,6	-10,0	106 %
CONFYM 1	85	112	21	223	-4,5	-11,2	102 %
BIODYN 2	93	122	21	214	22,9	9,3	91 %
BIOORG 2	96	119	21	213	23,7	1,2	90 %
CONFYM 2	171	117	21	264	45,9	-0,7	85 %
CONMIN	121	99	21	240	2,1	-10,0	99 %

[Oberson et al. \(2024\): Agriculture, Ecosystems and Environment](#)

- Alta eficiencia en el uso del nitrógeno en todos los sistemas
- Riesgo de agotamiento del P en todos los sistemas

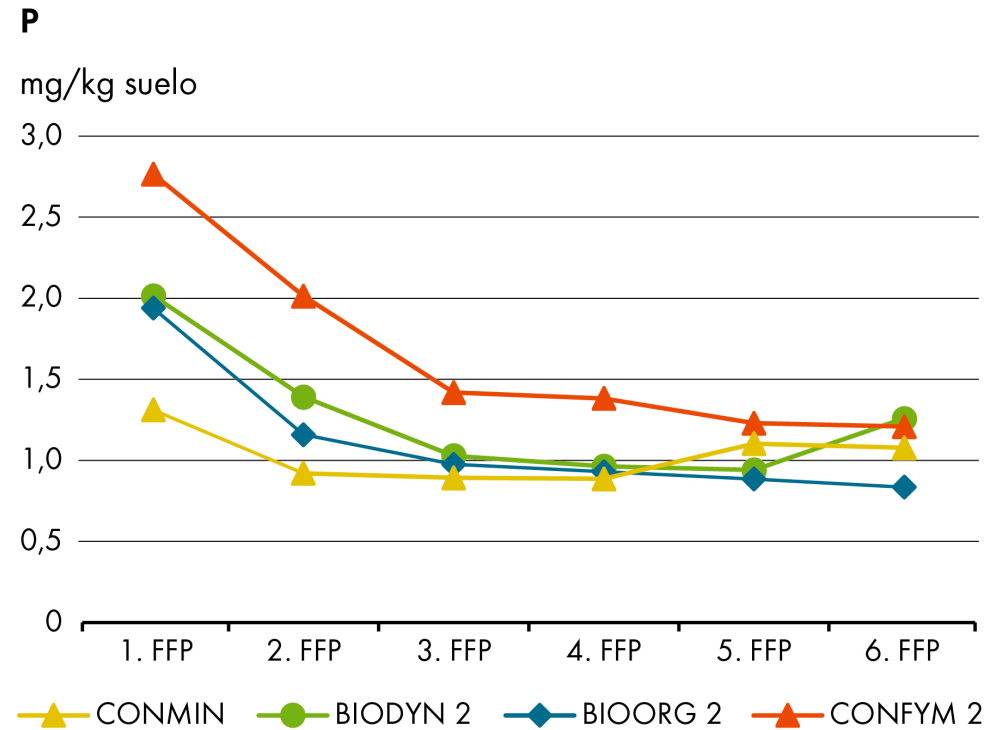
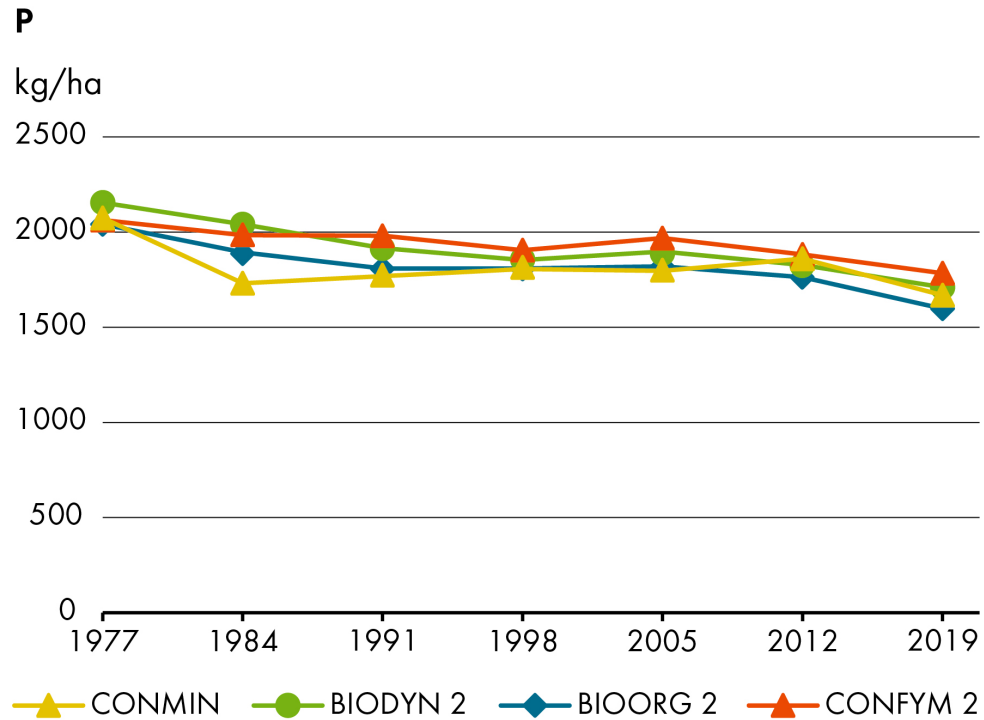
Existencias de nitrógeno en el suelo y balance de nitrógeno



- El balance de N en los PRC 2-6 incluye entradas por fertilización, deposición, semillas y fijación de nitrógeno y salidas por cosecha.
- CONFYM necesita $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ exceso de nitrógeno para mantener las reservas de N del suelo.
- CONMIN pierde N del suelo a pesar del balance positivo de N, BIODYN gana N del suelo

[Oberson et al. \(2024\): Agriculture, Ecosystems and Environment](#)

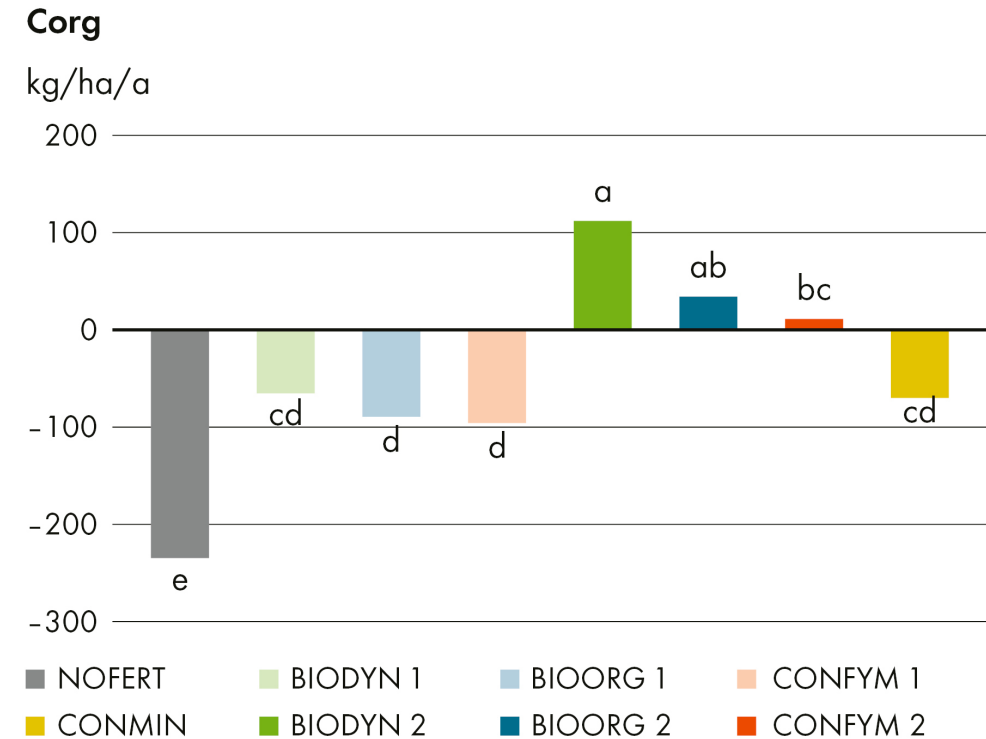
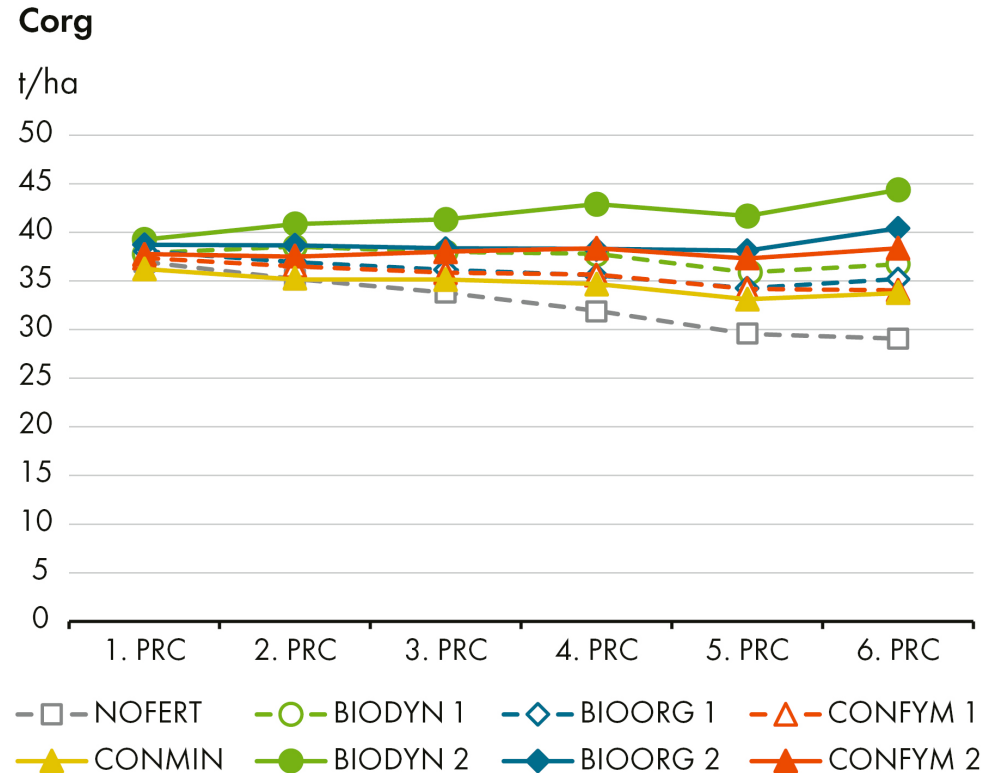
Fósforo del suelo



Jarosch et al. (in preperation)

- Existencias de P en el suelo (n=4) y concentraciones de P disponible en el suelo (n=32) en PRC1-6
- CONMIN se quedó sin fecundar en PRC1 y empieza con poco P disponible en PRC2
- Agotamiento del P en todos los sistemas, pero disminución más lenta en CONFYM

Carbono orgánico del suelo (COS)

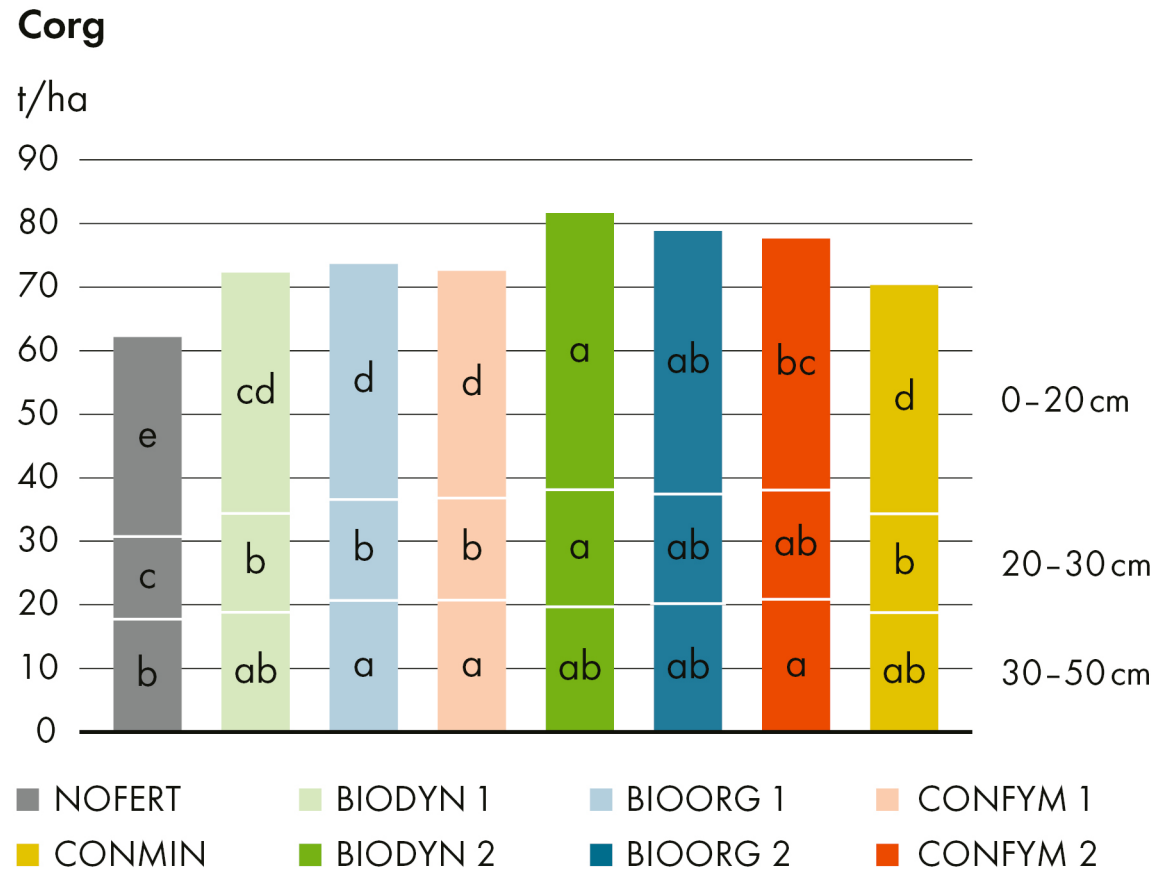


[Krause et al. \(2022\): Agronomy for Sustainable Development](#)

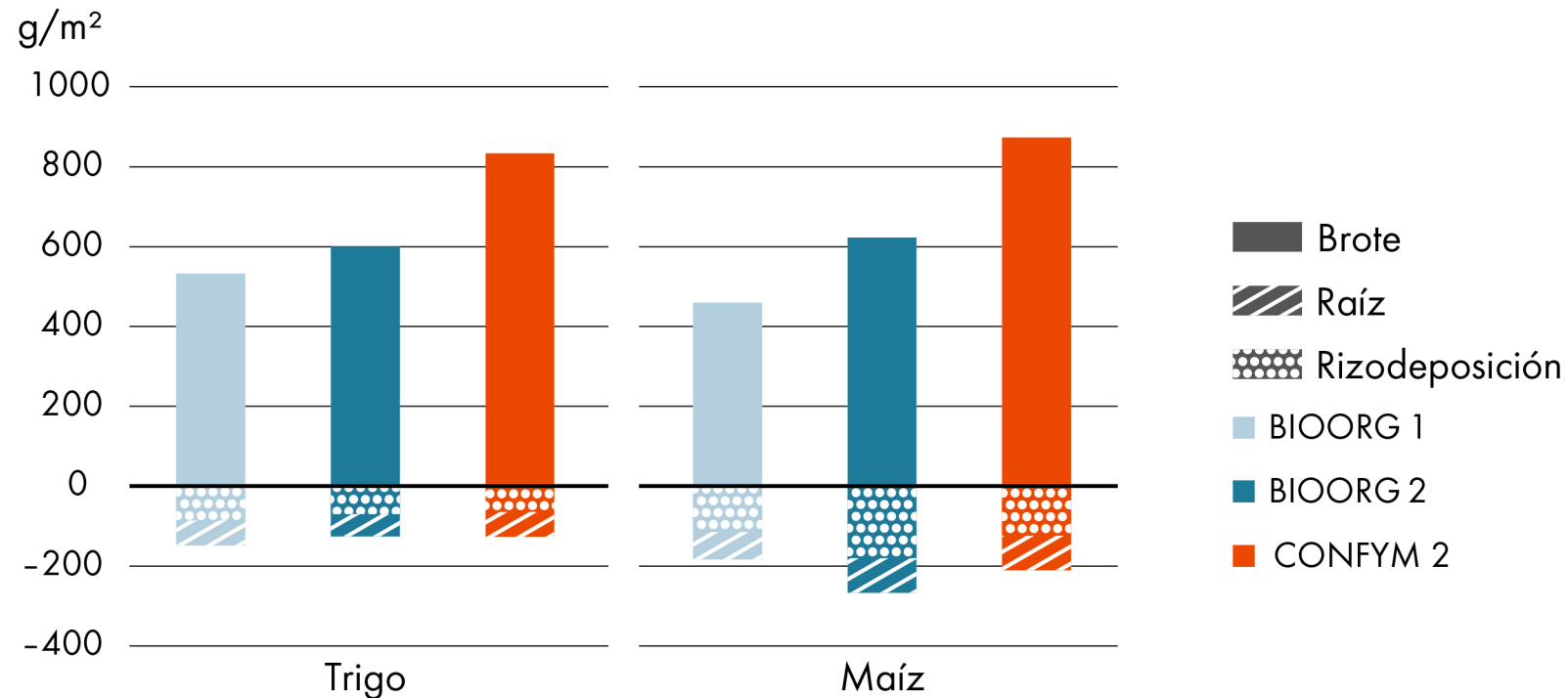
- Todo el sistema a 0,7 UFO, CONMIN y NOFERT suelta COS
- La agricultura mixta con 1,4 UFO puede mantener los contenidos de COS
- El mayor contenido de SOC en BIODYN se debe presumiblemente a la calidad de los insumos

Carbono orgánico del suelo

- Las principales diferencias en reservas de carbono del suelo en la capa superficial del suelo



Aportes de carbono orgánico al suelo por rizodeposición

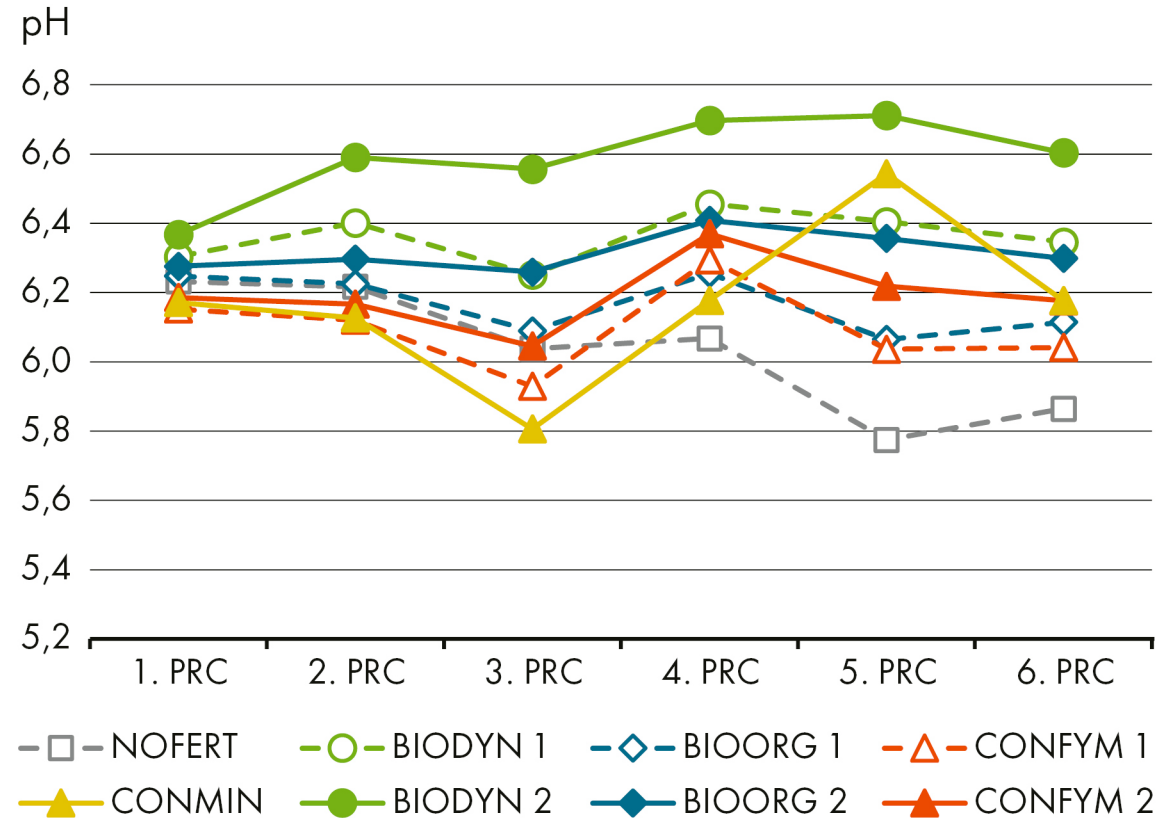


[Hirte et al. \(2017\): Frontiers in Plant Science](#)

- La biomasa aérea no refleja de manera proporcional los aportes de carbono al subsuelo
- Mayor aporte de raíces y rizodeposición en BIOORG sólo con maíz

pH del suelo (H₂O)

- pH del suelo más elevado en BIODYN
- Limitación en CONFYM y CONMIN en PRC3

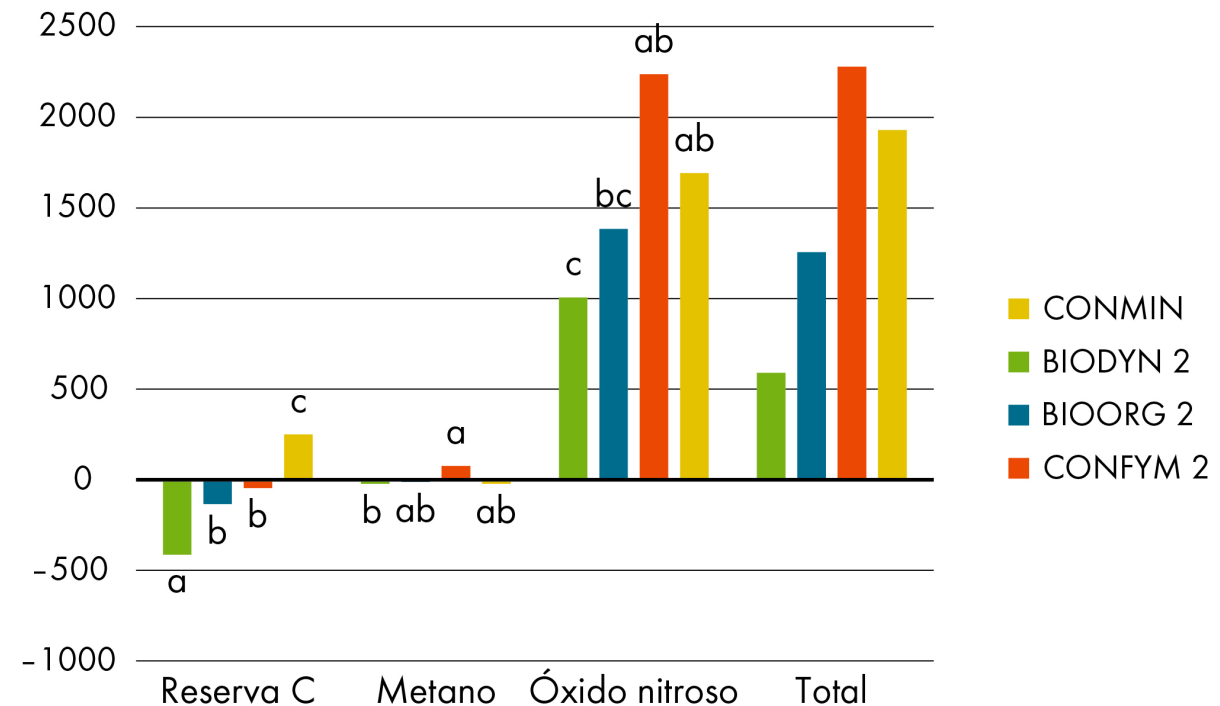


Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del suelo

- Cambios en las existencias de C suponiendo una densidad aparente constante para cada parcela
- Campaña de medición de N₂O durante 571 días (trébol - maíz - cultivo de cobertura)
- El terreno como límite del sistema
- Las emisiones de N₂O impulsan el impacto climático
- Los aumentos de COS, especialmente en BIODYN, no aumentaron las emisiones de N₂O
- 56 % menos de GEI en el suelo en BIODYN/BIOORG frente a CONFYM/CONMIN

Equivalentes de CO₂

kg/ha/a



[Skinner et al. \(2019\): Scientific Report](#)

[Krause et al. \(2022\): Agronomy for Sustainable Development](#)

Estructura del suelo



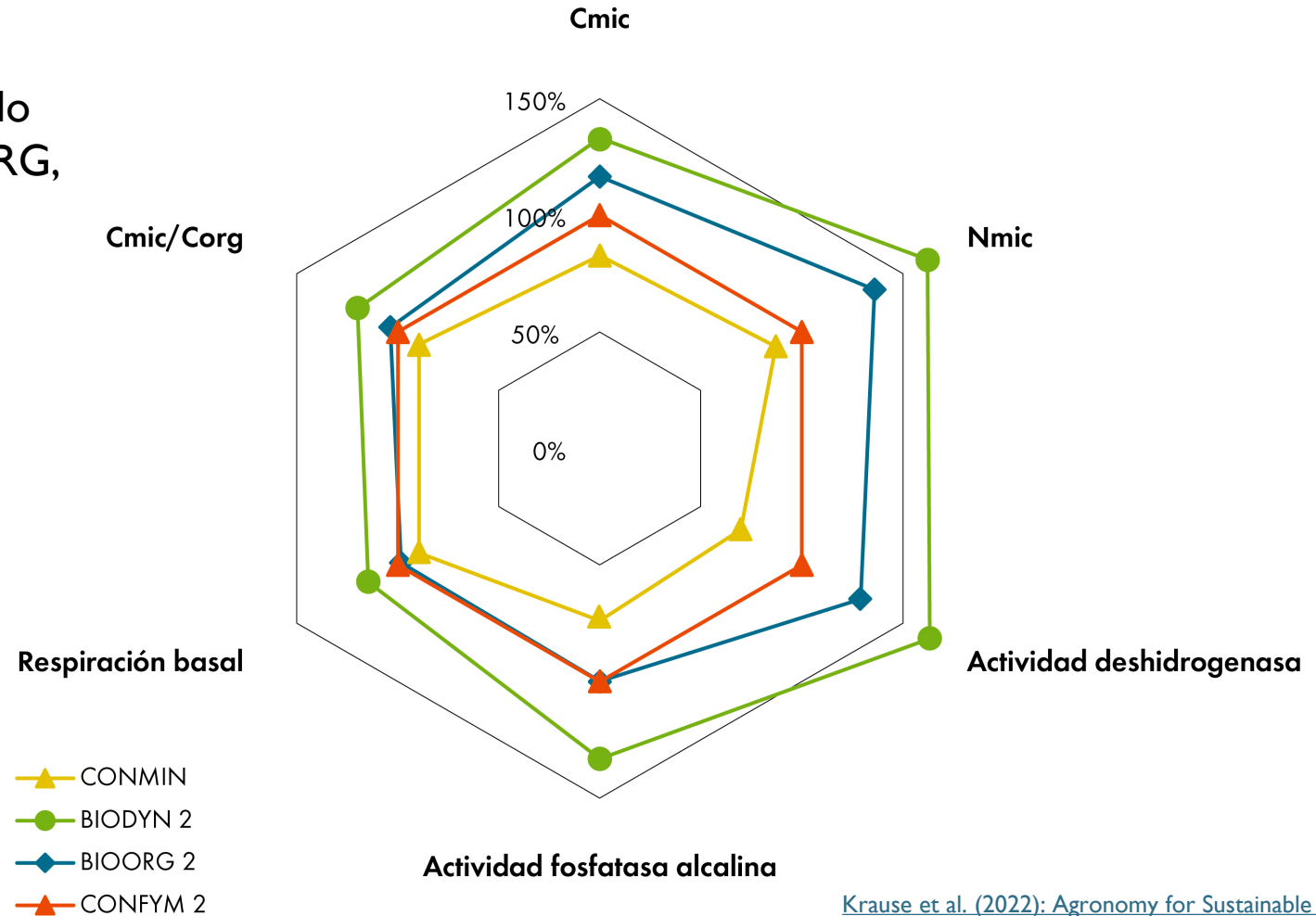
Estabilidad de los agregados del suelo

	Proporción de agregados estables	Significancia
BIODYN 2	50,1 %	a
BIOORG 2	44,2 %	ab
CONFYM 2	38,4 %	b
CONMIN	38,4 %	b
Media global de todos los procedimientos		
Marzo 2000	55,3 %	a
Marzo 2003	48,2 %	b
Julio 2003	24,8 %	c

[Fließbach et al. \(2000\): Konferenzbeitrag](#)

Calidad biológica del suelo

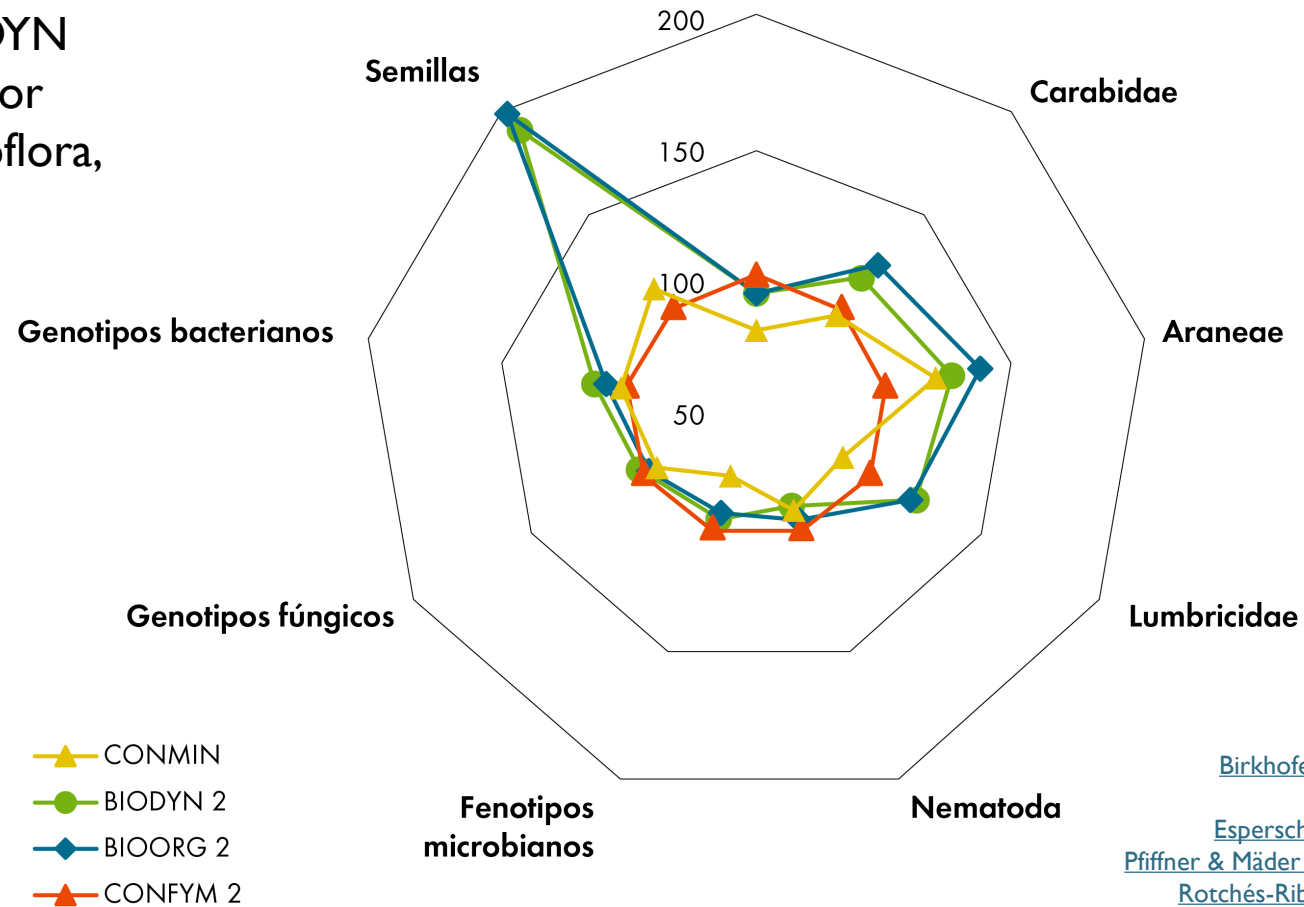
- Mayor calidad biológica del suelo en BIODYN, seguido de BIOORG, CONFYM y CONMIN



[Krause et al. \(2022\): Agronomy for Sustainable Development](#)

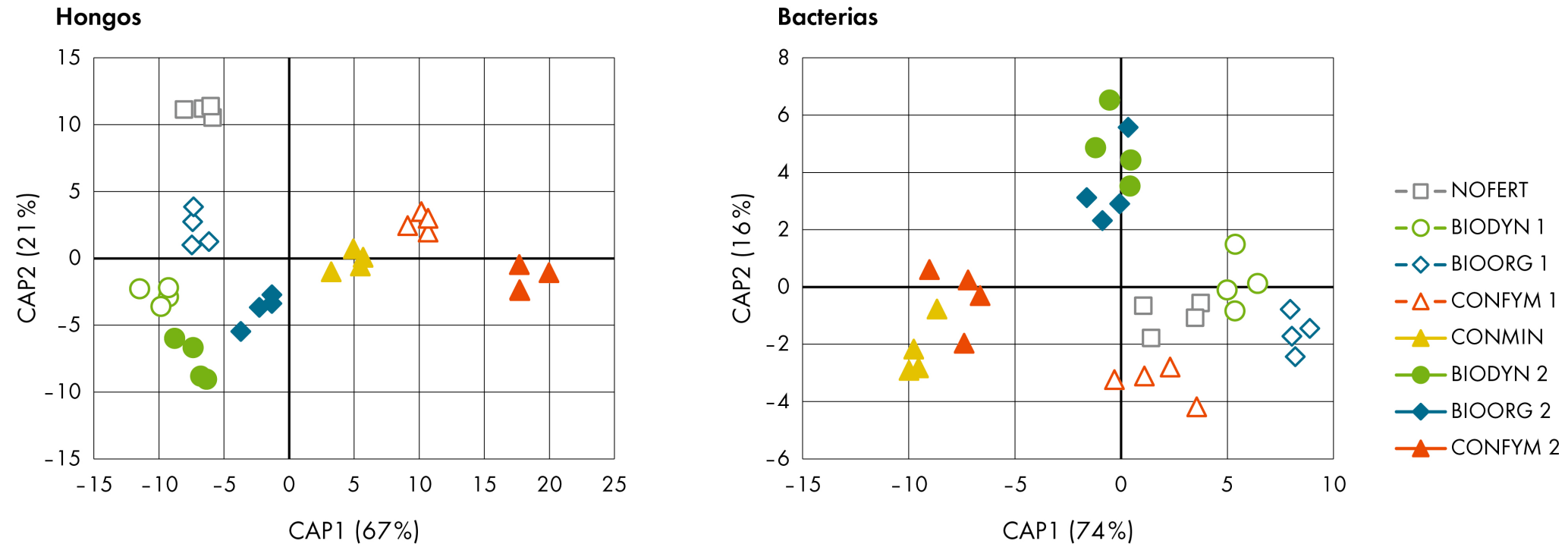
Diversidad de especies

- BIOORG y BIODYN mostraron una mayor diversidad de microflora, macrofauna y malas hierbas



[Birkhofer et al. \(2008\): Soil Biology and Biochemistry](#)
[Hartmann et al. \(2015\): ISME Journal](#)
[Esperschütz et al. \(2007\): FEMS Microbiology Ecology](#)
[Pfißner & Mäder \(1997\): Biological Agriculture & Horticulture](#)
[Rotchés-Ribalta et al. \(2020\): Applied Vegetation Science](#)

Diversidad microbiana del suelo



- Enfoque de amplicón dirigido a los genes marcadores 16S rRNA e ITS
- Mayor influencia del sistema de cultivo en los hongos
- Mayor influencia de la intensidad del abono orgánico en las bacterias

[Lori et al. \(2023\): FEMS Microbiology Ecology](#)

Consumo de energía y potencial de calentamiento global en el ensayo DOK (1985-1998) a partir de una evaluación del ciclo de vida

Sistema	Consumo de energía		Potencial de calentamiento global	
	GJ ha ⁻¹ año ⁻¹	MJ kg ⁻¹ cosecha MS (Masa seca)	kg CO ₂ -eq ha ⁻¹ año ⁻¹	kg CO ₂ -eq kg ⁻¹ cosecha MS (Masa seca)
BIODYN	13,6 (65 %)	1,6 (80 %)	2804 (63 %)	0,35 (81 %)
BIOORG	14,5 (69 %)	1,8 (90 %)	2920 (65 %)	0,36 (84 %)
CONFYM	21,0 (100 %)	2,0 (100 %)	4474 (100 %)	0,43 (100 %)
CONMIN	26,9 (128 %)	2,8 (140 %)	4121 (92 %)	0,44 (102 %)

- Ahorro energético: La agricultura ecológica no utiliza fertilizantes ni pesticidas químicos sintéticos. En comparación con la agricultura convencional, el consumo energético es un 30 % menor
- Esta ventaja se reduce a un 10-20 % por unidad de rendimiento.

Gracias a

Financiación

- Oficina Federal de Agricultura FOAG
- Oficina Federal del Medio Ambiente FOEN
- Fundación Nacional Suiza para la Ciencia
- Fondo Coop para la Sostenibilidad
- Comisión Europea

Arrendamiento de zonas de estudio Therwil

- Cooperativa Agrico, Birsmatthof, Therwil
- Familia Stamm, Oberwil

Instituciones asociadas

Equipos de campo

Consulta a los agricultores



FiBL en línea



www.fibl.org



www.bioaktuell.ch



[fiblfilm](https://www.youtube.com/fiblfilm)



[Podcast «FiBL Collaboration»](#)



[@FiBLaktuell](https://www.facebook.com/FiBLaktuell)



[linkedin.com/company/fibl](https://www.linkedin.com/company/fibl)



[@fiblorg](https://twitter.com/fiblorg)

Póngase en contacto con

Instituto de Investigación de Agricultura Ecológica FiBL
Ackerstrasse 113, Box 219
5070 Frick
Suiza

Teléfono +41 (0)62 865 72 72

info.suisse@fibl.org
www.fibl.org