



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Gestión del suelo y externalidades en producción agraria. El caso de la lixiviación de nitrato

Antonio L. Lidón Cerezuela. alidon@qim.upv.es

JORNADA TÉCNICA SOBRE GESTIÓN DE SUELOS

Panel 1. Problemáticas y propuestas para el manejo de los suelos agrícolas



CENCA, San Fernando de Henares
14 Julio de 2016



1. EXTERNALIDADES

- Definición
- Externalidades ligadas a la actividad agrícola

2. LIXIVIACIÓN DE NITRATO

- Ciclo del N
- Factores que le afectan
- Importancia de la lixiviación

3. LEGISLACIÓN

- Código de Buenas Prácticas Agrarias de la C.V.
- Programa de actuación de la C.V.

4. LA LIXIVIACIÓN DE NITRATO EN CULTIVOS TÍPICOS DE VALENCIA

- Cultivos hortícolas
- Cítricos
- Herramientas de apoyo a la toma de decisiones

5. CONCLUSIONES

Externalidades

Definición externalidad:

“Efecto provocado por una actividad y que no está regulado por el mercado”

Tipos:

- Públicas/privadas → según agentes que participan en su generación y recepción.
- Negativas/positivas → no se asumen todos los costes o no se reciben todos los beneficios
- Producción/consumo

Internalización → cuando uno de estos efectos pasa a ser regulado por el mercado, pasa a tener precio.

Externalidades

Externalidades ambientales en la **actividad agrícola**:

Positivas:

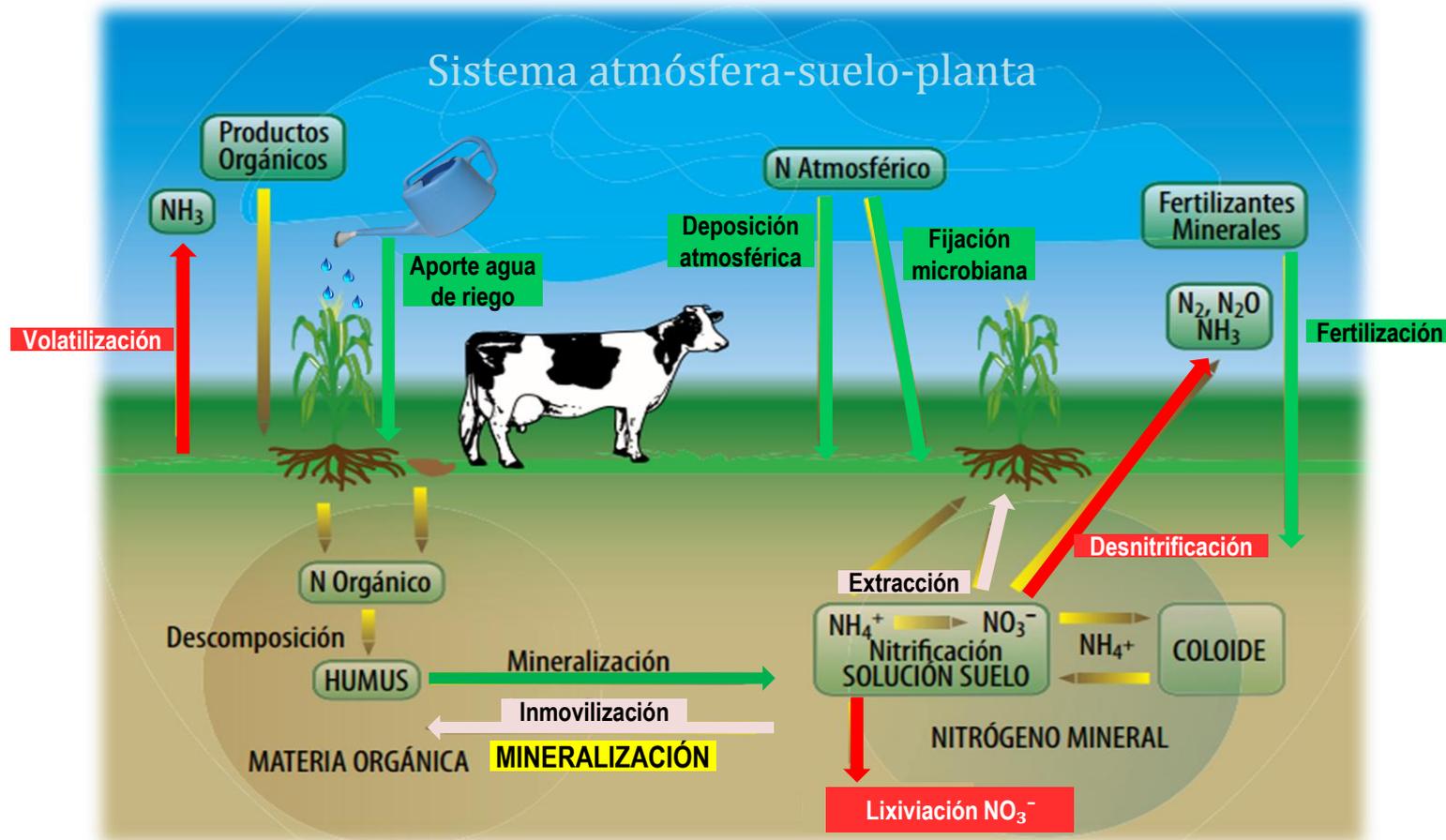
- Sustentabilidad de los ecosistemas
- Absorción gases de efecto invernadero,...

Negativas:

- **Lixiviación de nitrato**
- Emisiones gaseosas (NH_3 , NO_x ,...)
- Producción de residuos tóxicos
- Arrastre de material, erosión
- Pérdida de biodiversidad
- Calidad del paisaje

Pérdida de fertilidad del suelo (física, química, biológica)

Ciclo del N en el suelo

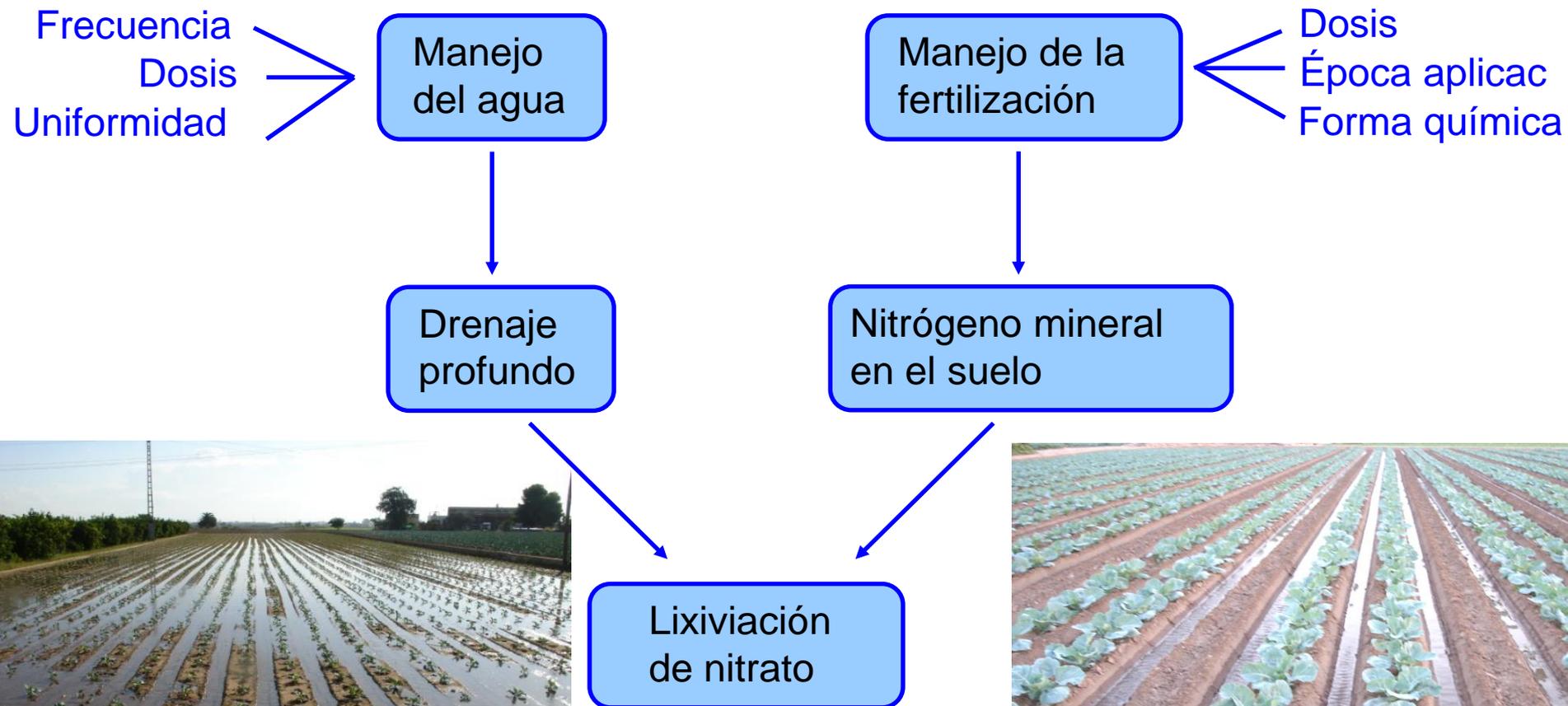


Transporte de N, en forma de nitrato, hacia capas más profundas del suelo, con el agua que se va desplazando por el espacio poroso del suelo.

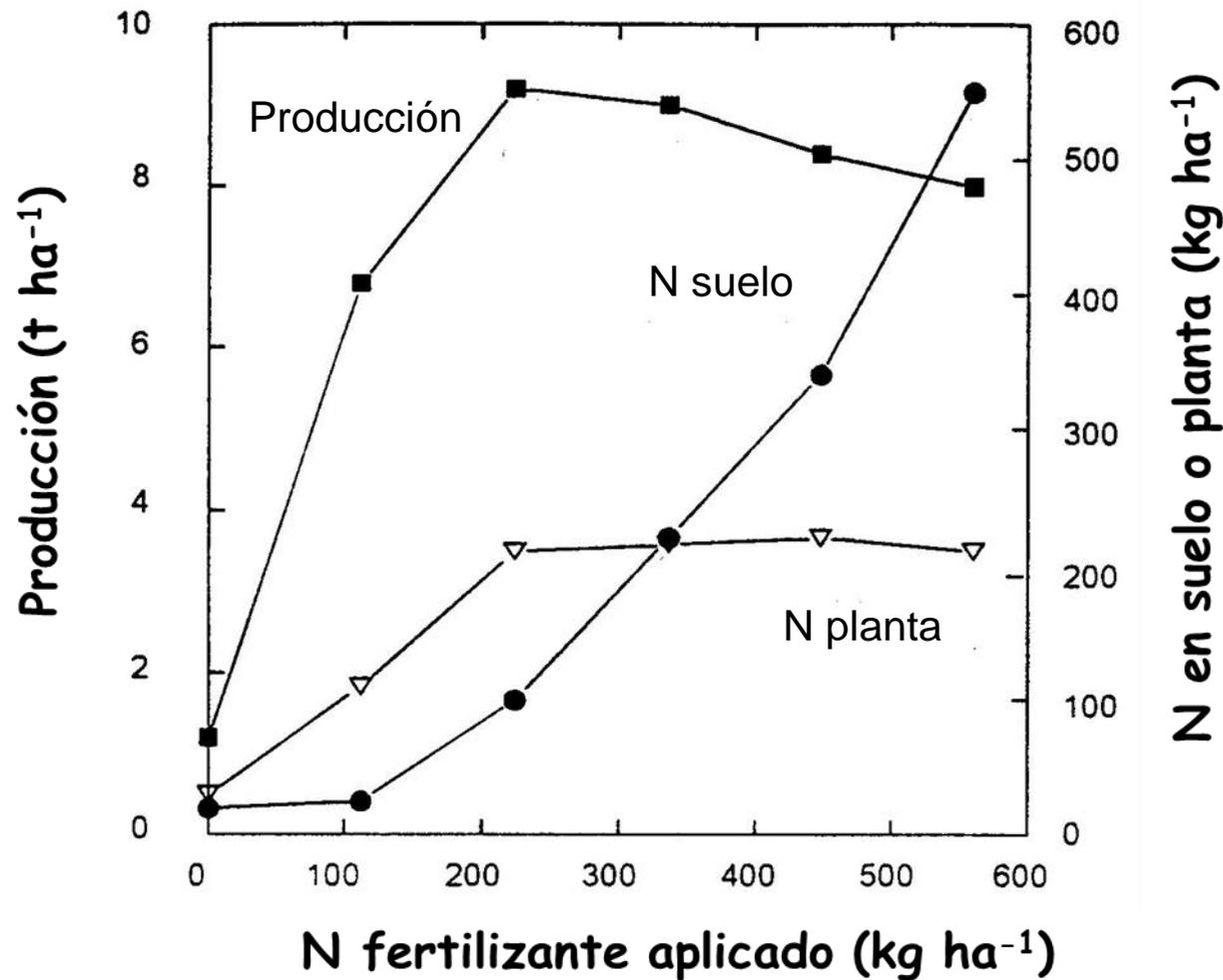
Lixiviación → Drenaje · [NO₃⁻]

Lixiviación - Factores

LIXIVIACIÓN NITRATO → Drenaje · [NO₃⁻]

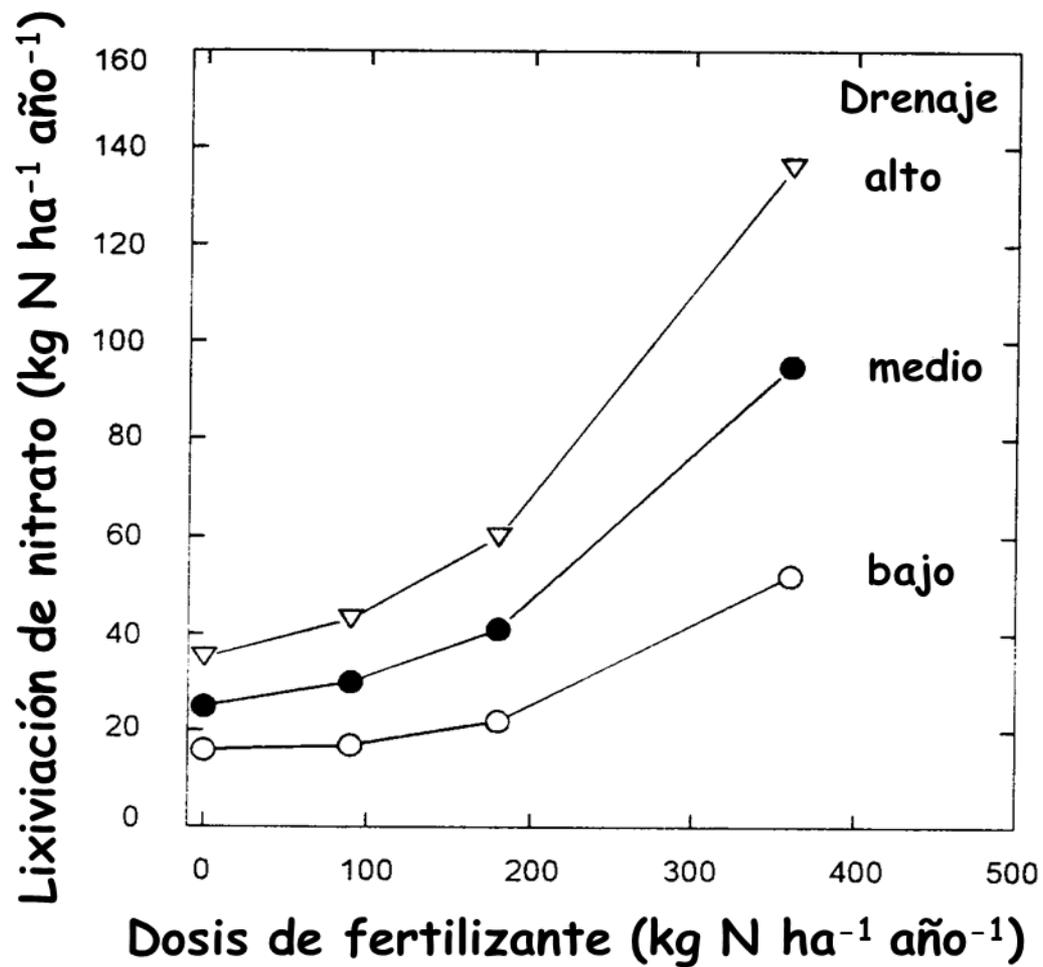


Lixiviación nitrato - Fertilización



(Adaptado de Broadbent y Carlton, 1978)

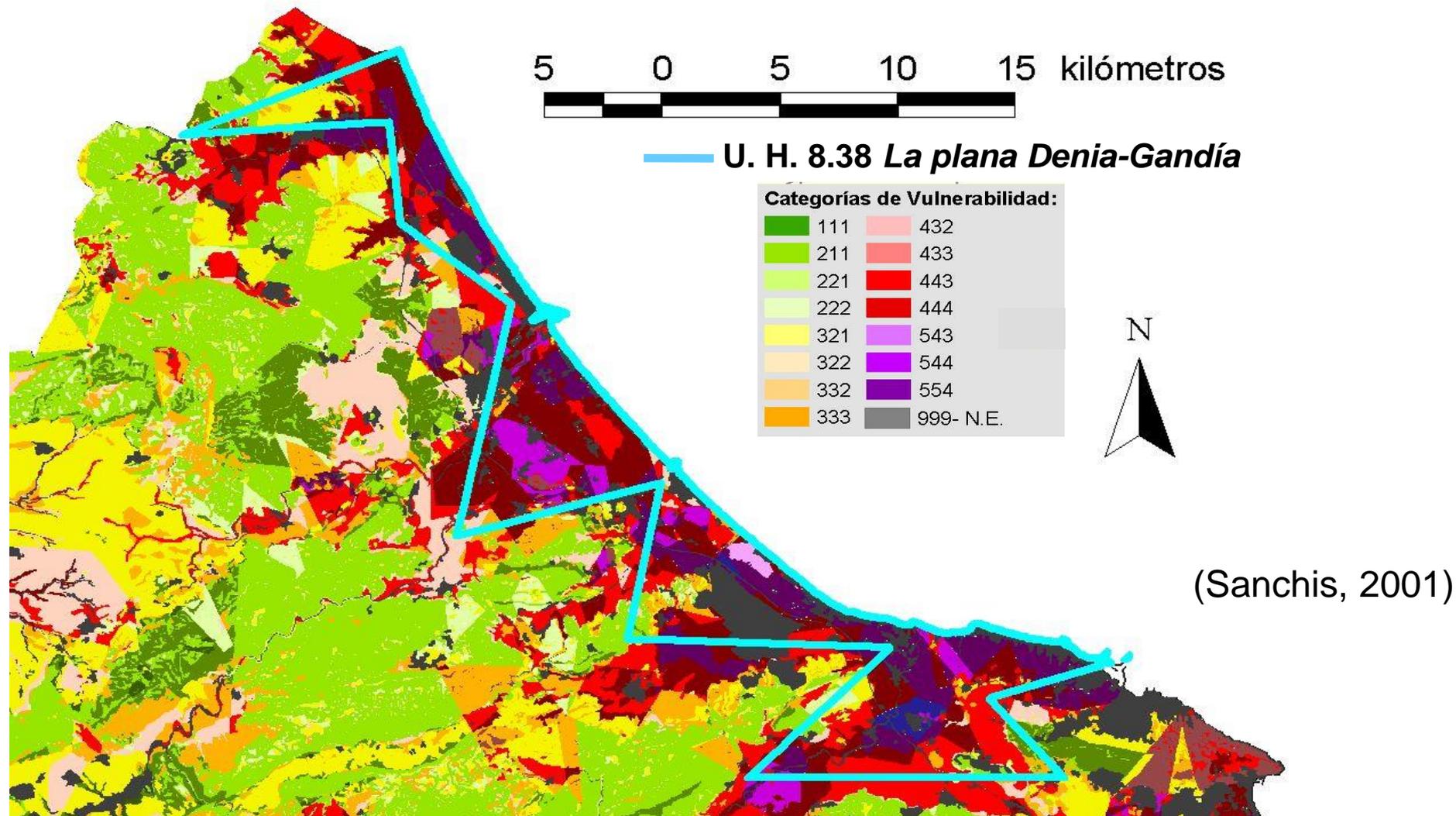
Lixiviación nitrato - Drenaje



(Pratt, 1984)

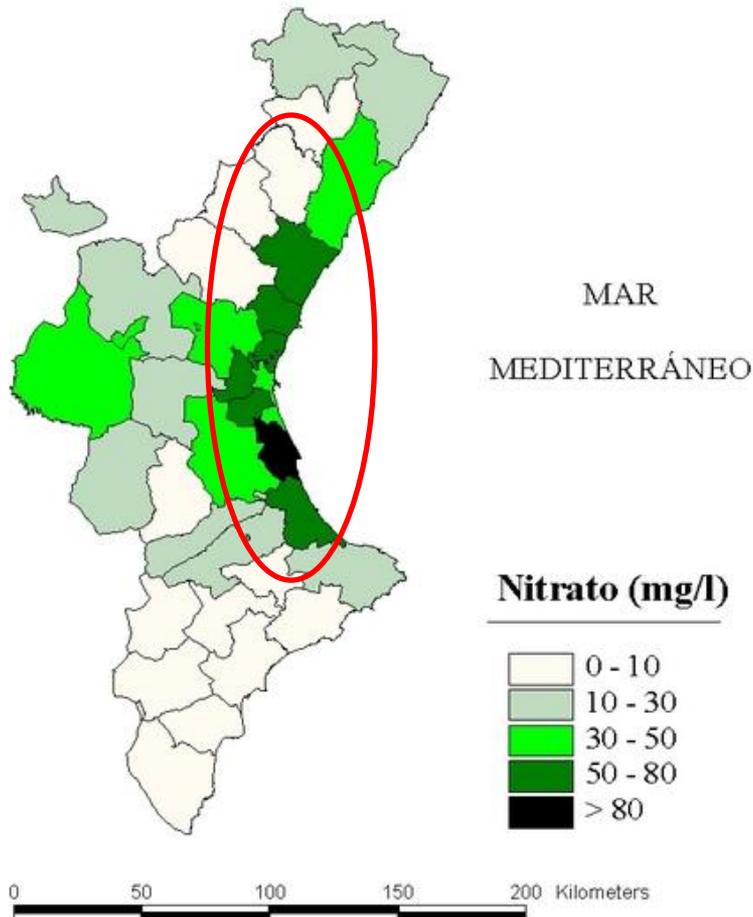
Importancia de la lixiviación

❖ Agua subterránea y nitrato : vulnerabilidad



Importancia lixiviación

CONTENIDO DE NITRATO EN EL AGUA POTABLE DE LAS COMARCAS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA



❖ Agua subterránea y nitrato: situación en la C.V.

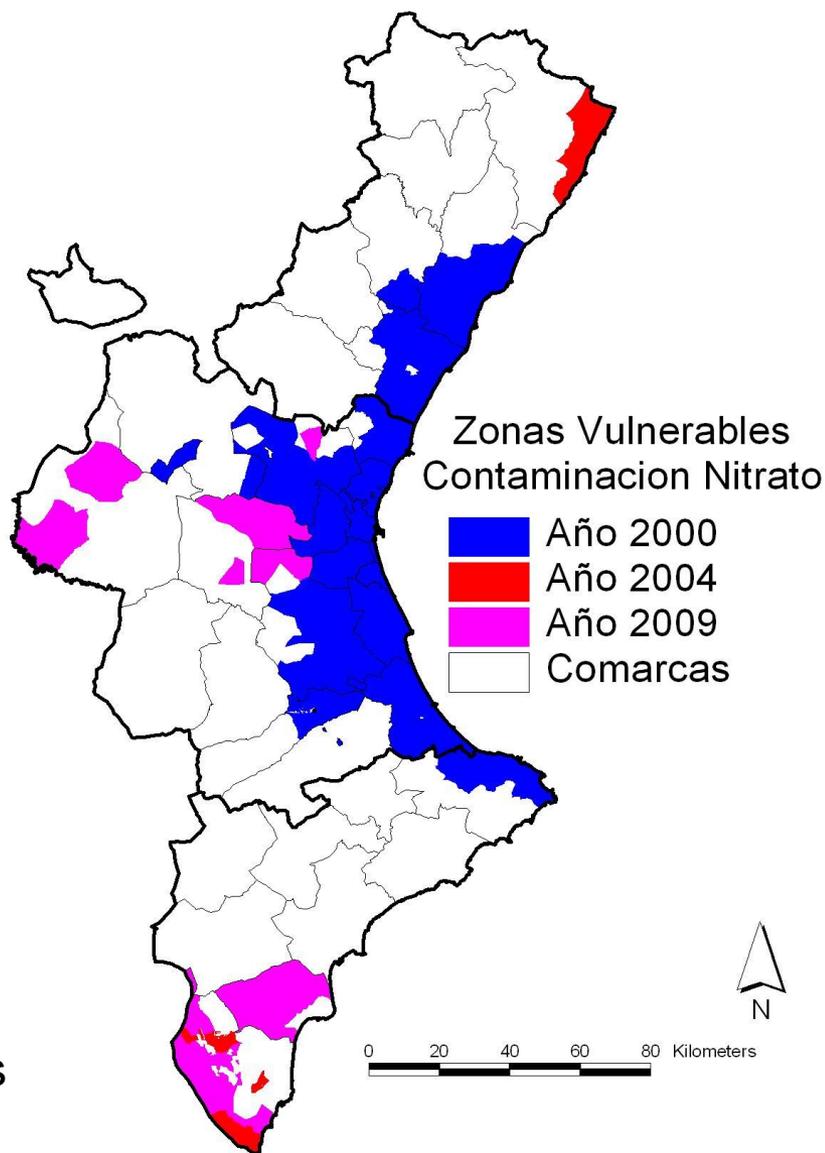
Las zonas más afectadas son:

- Camp de Morverdre
- L'Horta
- Valencia
- La Safor
- La Plana Baixa
- La Ribera Alta y Baixa

coincidiendo con zonas de agricultura intensiva.

Importancia de la lixiviación

❖ Agua subterránea y nitrato : vulnerabilidad



Autor: José Miguel de Paz
<http://www.ivia.es/jmpaz/Mapas>

Importancia lixiviación

Población de la C. Valenciana en Municipios decretados como Zonas Vulnerables

Provincia	Decreto	N. Municipios en zonas vulnerables	Población afectada	Población total	%
Alicante	13/2000	15	119.638		
	11/2004	5	175.405		
	218/2009	3	525.271	1.945.642	27
Castellón	13/2000	25	451.627		
	11/2004	3	515.129		
	218/2009	0	515.129	601.699	86
Valencia	13/2000	154	2.300.722		
	11/2004	0	2.300.722		
	218/2009	11	2.366.782	2.566.474	92
Total C.V			3.407.182	5.113.815	67

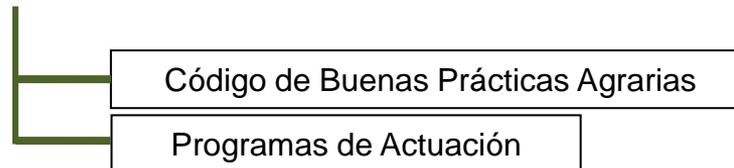
Legislación



Directiva 91/676/CEE
"Protección de las aguas contra la contaminación
producida por nitratos utilizados en la agricultura"



50 mg NO₃ L⁻¹



Real Decreto 261/96
"Protección de las aguas contra la contaminación
por nitratos procedentes de fuentes agrarias"



Decreto 13/2000
"Zonas vulnerables a la contaminación
de las aguas por nitratos procedentes de
fuentes agrarias"

+ *adición*

**Decreto 11/2004 y
218/2009**
"Se amplian las zonas vulnerables"

Orden 29/2000
"El Código Valenciano de
Buenas Prácticas
Agrarias"



Orden 7/2010
"El Código Valenciano de
Buenas Prácticas
Agrarias"

Orden 3/2003
"El Programa de Actuación"



Orden 12/2008
"El Programa de Actuación"



Orden 10/2010
"El Programa de Actuación"

Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació

ORDRE 7/2010 de 10 de febrer, de la Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació, per la qual s'aprova el Codi Valencià de Bones Pràctiques Agràries. [2010/1874]

Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación

ORDEN 7/2010, de 10 de febrero, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se aprueba el Código Valenciano de Buenas Prácticas Agrarias. [2010/1874]

1. **Tipos de fertilizantes** nitrogenados recomendados y su comportamiento en el suelo.
2. **Dosis recomendadas** de aplicación de N, en diversos cultivos.
3. Determinación de la dosis de abonado nitrogenado mineral.
4. **Períodos** en los que se recomienda **no** realizar **fertilización** nitrogenada.
5. Recomendación de **épocas** adecuadas para la aplicación de los abonos nitrogenados minerales y selección del tipo de abono.
6. Recomendaciones para la **aplicación** de fertilizantes nitrogenados.
7. Recomendaciones para efectuar el **riego**.
8. Otras prácticas agrarias recomendadas.

Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació

ORDE 10/2010, de 24 de febrer, de la Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació, per la qual modifica l'Orde de 12 de desembre de 2008, de la Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació, per la qual s'establix el Programa d'Actuació sobre les Zones Vulnerables Designades a la Comunitat Valenciana. [2010/2723]

Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación

ORDEN 10/2010, de 24 de febrero, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se modifica la Orden de 12 de diciembre de 2008, de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se establece el Programa de Actuación sobre las Zonas Vulnerables Designadas en la Comunitat Valenciana. [2010/2723]

Artículo 1. Programa de Actuación

Artículo 2. Cuaderno de Explotación

Artículo 3. Planes de control

Artículo 4. Medidas complementarias

ANEXO I Programa de Actuación en zonas vulnerables de la Comunitat Valenciana

✓ Código de Buenas Prácticas Agrarias (29/03/2000)

Dosis de N recomendadas \Rightarrow 240 – 300 kg N · ha⁻¹

Plantaciones adultas en plena producción y regadas por inundación

$$N_{\min} = N_{\text{recomendado}} - N_{\text{inicial}} - N_{\text{miner M.O.}} - N_{\text{miner enmiendas}} - N_{\text{agua riego}}$$

Época y forma química: primavera (amoniacal o nítrico-amoniacal), verano (nítrico-amoniacal o nítrica). Con el mayor grado de fraccionamiento posible.

✓ Programa de Actuación sobre Zonas Vulnerables (30/12/2008)

Duración: 4 años. De obligado cumplimiento en Z.V. declaradas.

Dosis de N \Rightarrow 240 – 280 kg N·ha⁻¹. Obligatoriedad de no sobrepasar la dosis máxima establecida.

Período de prohibición de fertilización nitrogenada (octubre – febrero).

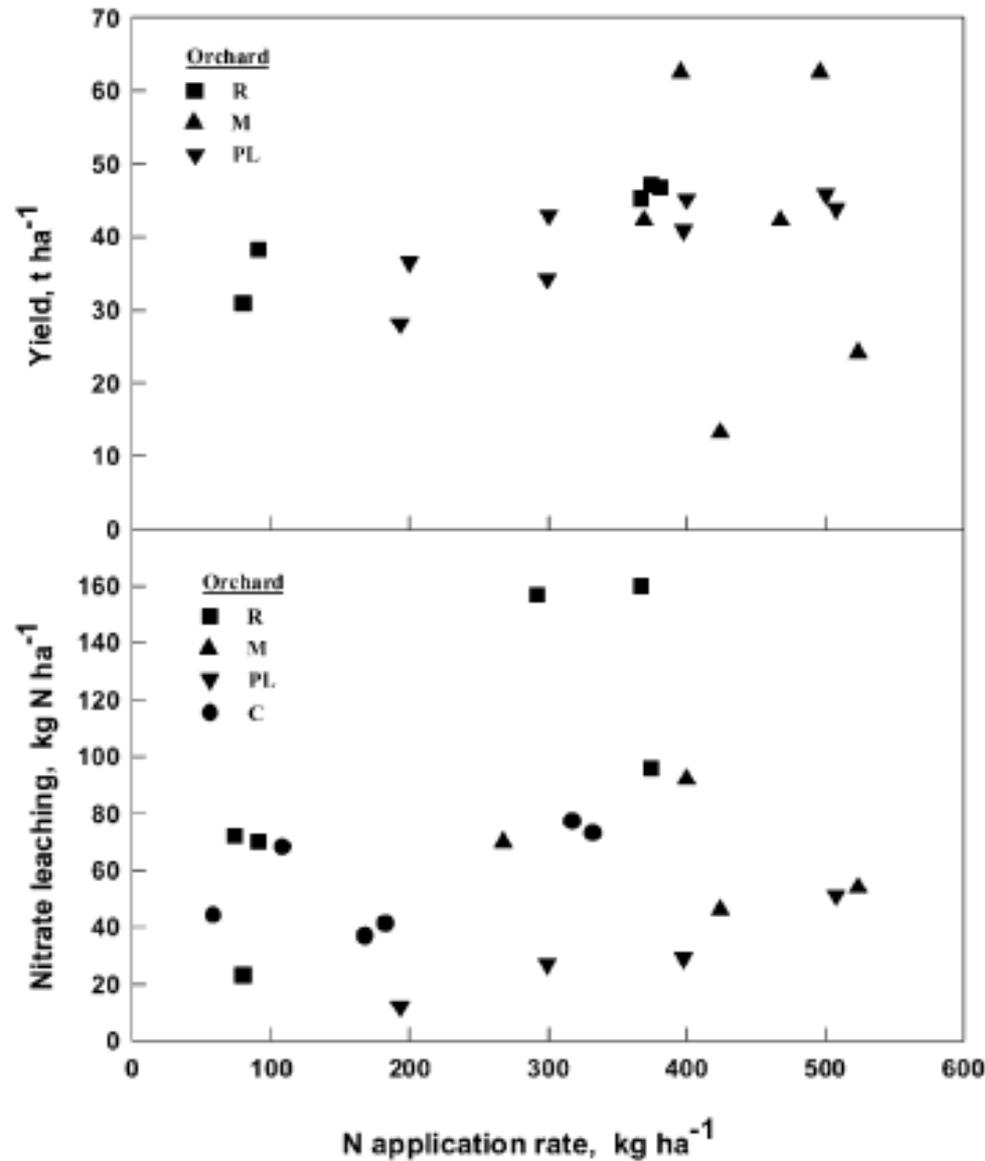
Deberá fraccionarse en al menos dos veces: 40% primavera – 60% verano.

Lixiviación de NO₃⁻ en cultivos típicos C.V.

Crop	Field	Year	N_{\min} initial 0–60 cm (kg ha ⁻¹)	Applied N (kg ha ⁻¹)			Yield (t ha ⁻¹)	Nitrate leaching ^b (kg N ha ⁻¹)
				Organic ^a	Fertilizer	Irrig. water		
Artichoke	A	1993–1994	265	0	830	41	22	406
			187	0	347	41	24	287
Cauliflower	A	1995	410	0	427	84	35	272
			355	0	182	84	34	168
Potato	AC	1994	242	212	325	21	48.4	308
			209	212	200	21	42.1	187
			226	212	0	21	38.5	181
			182	0	325	21	44.8	289
			205	0	200	21	32.0	238
			193	0	0	21	32.3	204
Potato	FAC	1999	198	0	105	149	33.9 ± 6.0 ^c	258 ± 15 ^c
			198	0	150	149	34.0 ± 4.6	323 ± 50
			198	0	277	149	33.4 ± 2.3	238 ± 11
Potato	LL	1999	225	0	68	136	48.7 ± 3.3	168 ± 25
			225	0	180	136	47.1 ± 2.5	180 ± 14
			225	0	292	136	41.5 ± 1.8	203 ± 36
Potato	MAS	1999	90	0	189	56	43.2 ± 0.3	106 ± 10
			90	0	300	56	45.0 ± 2.2	66 ± 6
			90	0	412	56	41.6 ± 3.7	96 ± 18
Onion	FAC	2000	194	0	71	73	74.5 ± 1.8	253 ± 25
			207	0	71	73	70.9 ± 2.6	246 ± 48
			286	0	151	73	73.2 ± 2.4	338 ± 136

Lixiviación de NO_3^- en cultivos típicos C.V.

Cítricos

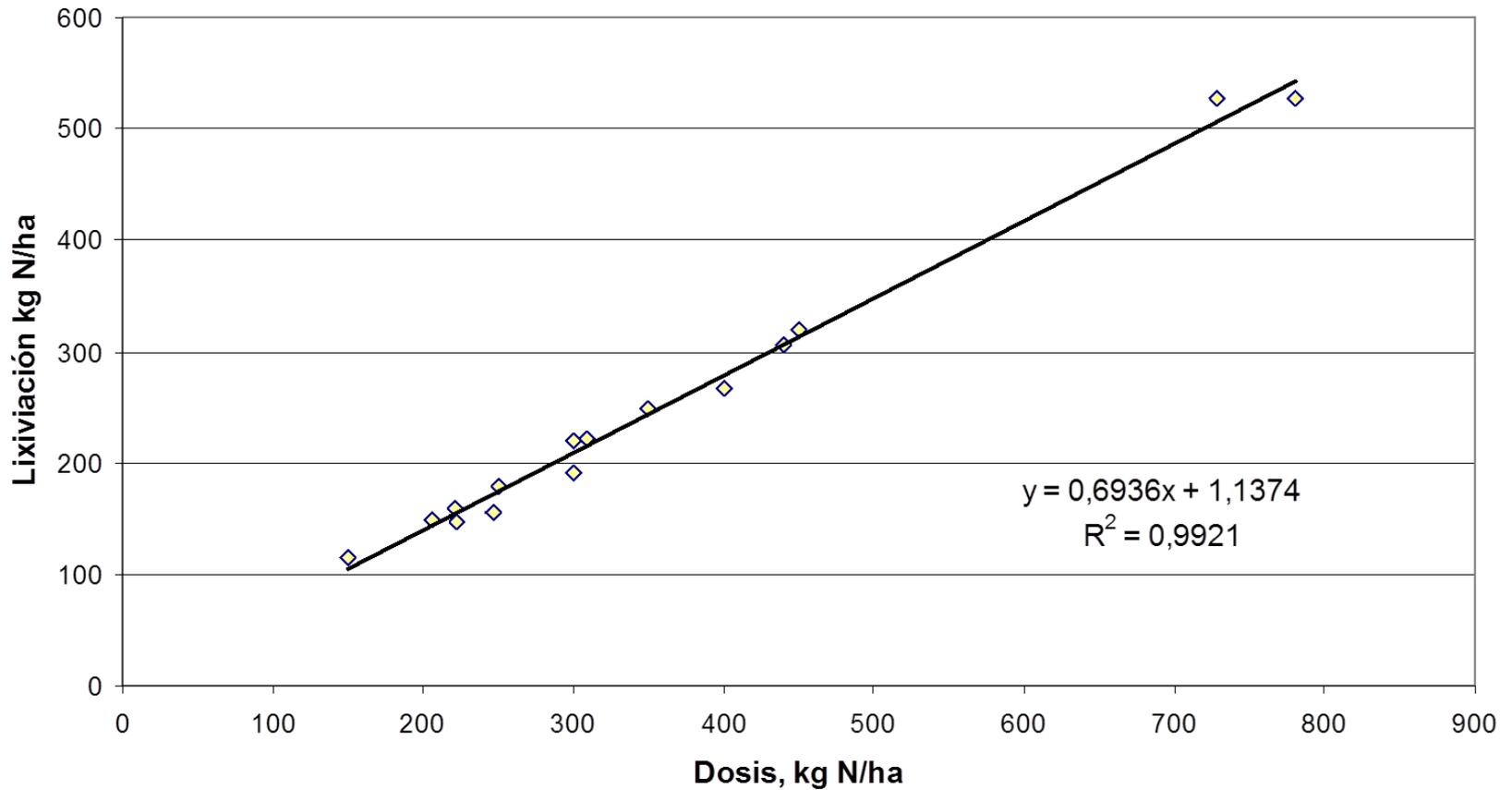


(Ramos et al., 2002)

Modelos matemáticos de simulación



❖ Lixiviación de nitrato vs. dosis de abonado



Lixiviación – fraccionamiento y forma

❖ PROPUESTAS DE MEJORA DE LA FERTILIZACIÓN EN CÍTRICOS

➤ Código Buenas Prácticas:

- **↑ aplicaciones** (40% SA - 30% NA – 30%NA) ⇒
↓ 8% lixiviación y ↑ extracción planta (85 a 93% potencial)

➤ Código Buenas Prácticas tres aplicaciones:

- **Cambio en la forma** (40% SA - 30% SA – 30%NA) ⇒
↓ 11% lixiviación y ↑ extracción planta (85 a 93% potencial)

➤ Código Buenas Prácticas tres aplicaciones:

- **Cambio porcentajes aplicación** (40% SA - 40% SA – 20%NA) ⇒
↓ 16% lixiviación y ↑ extracción planta (85 a 92% potencial)

Lixiviación – Nmin en el suelo

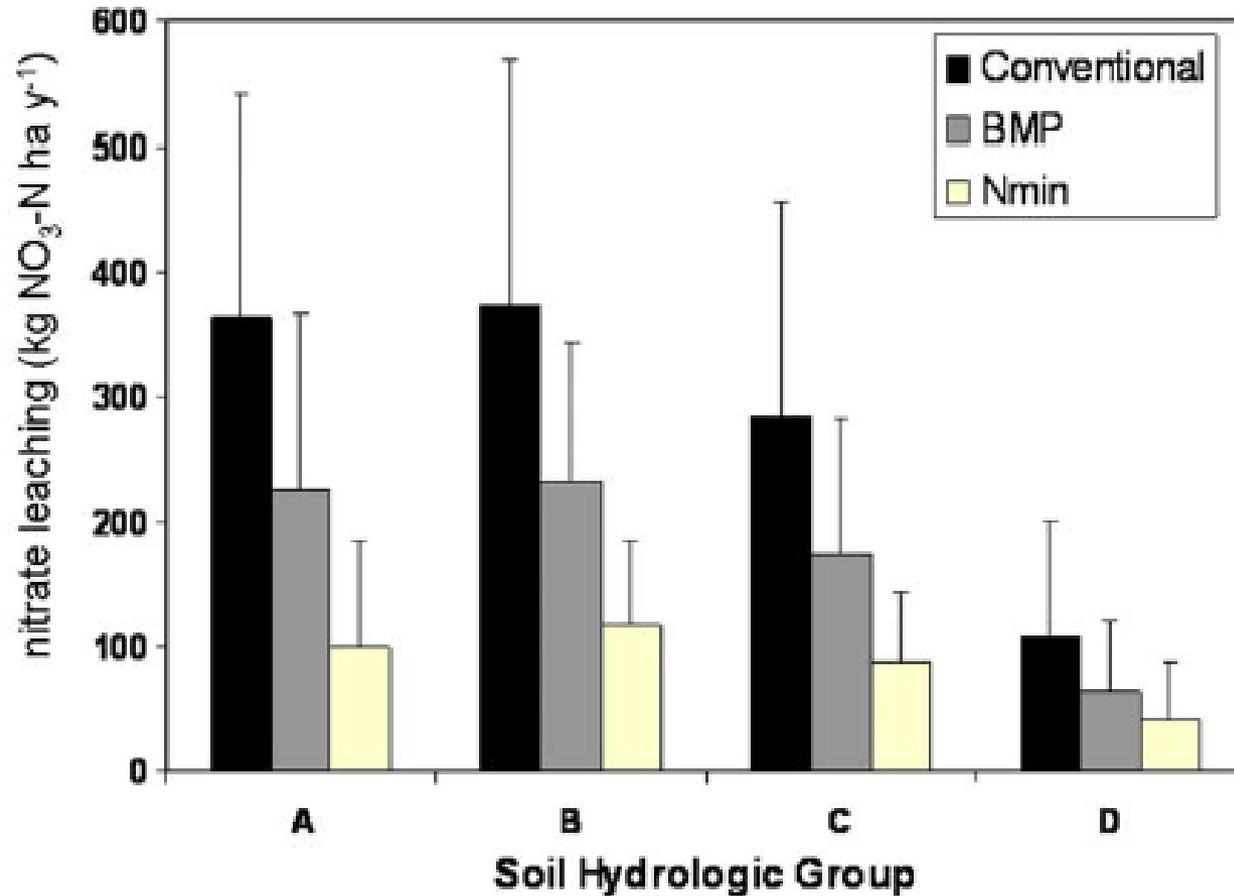
❖ PROPUESTAS DE MEJORA EN FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS

- ❖ Tratamiento nº 8 (223 kg N·ha⁻¹, 3 aplicaciones FBA / 20-10-5-2 / SA):
 - ↓ 50% 1ª aplicación tras años secos



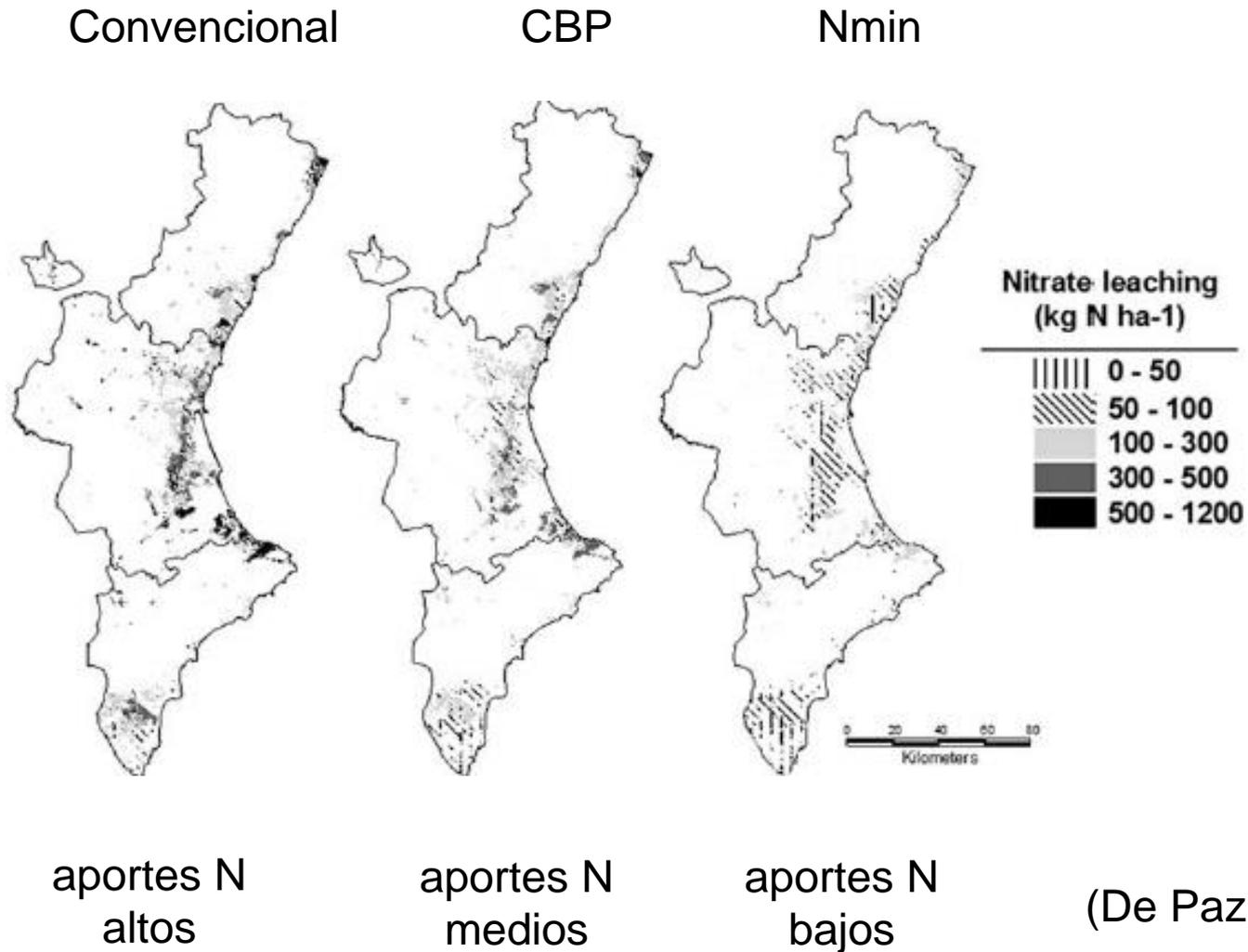
↓ 6,1% lixiviación y se mantiene la misma extracción planta

Lixiviación - Manejo



(De Paz et al., 2009)

Lixiviación – Manejo



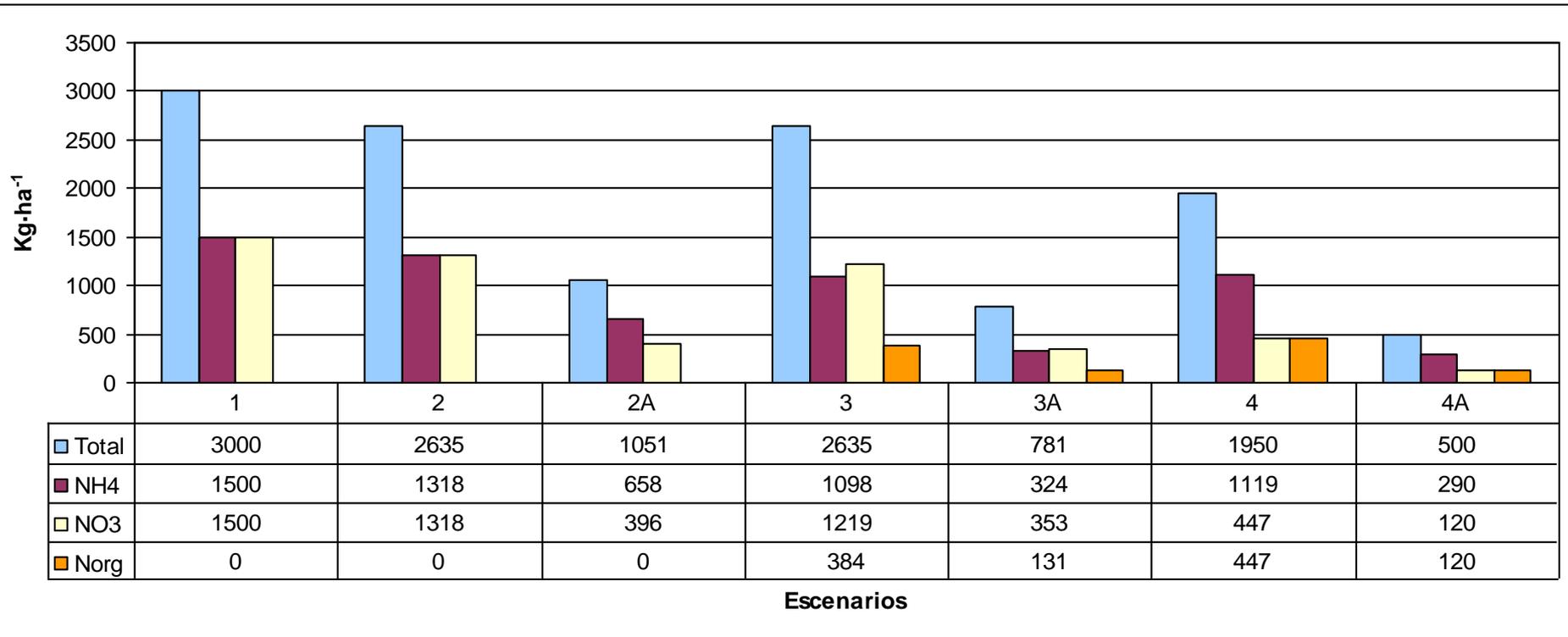
(De Paz et al., 2009)

Comparación escenarios:

- **Escenario 1: Fertilización mineral tradicional**
- **Escenario 2: Fertilización mineral según legislación**
- **Escenario 2 ajustado: Fertilización mineral según legislación**
- **Escenario 3: Fertilización mineral y orgánica según legislación**
- **Escenario 3 ajustado: Fertilización mineral y orgánica según legislación**
- **Escenario 4 ajustado : Fertilización orgánica según legislación**

Efecto a largo plazo (simulaciones 10 años)

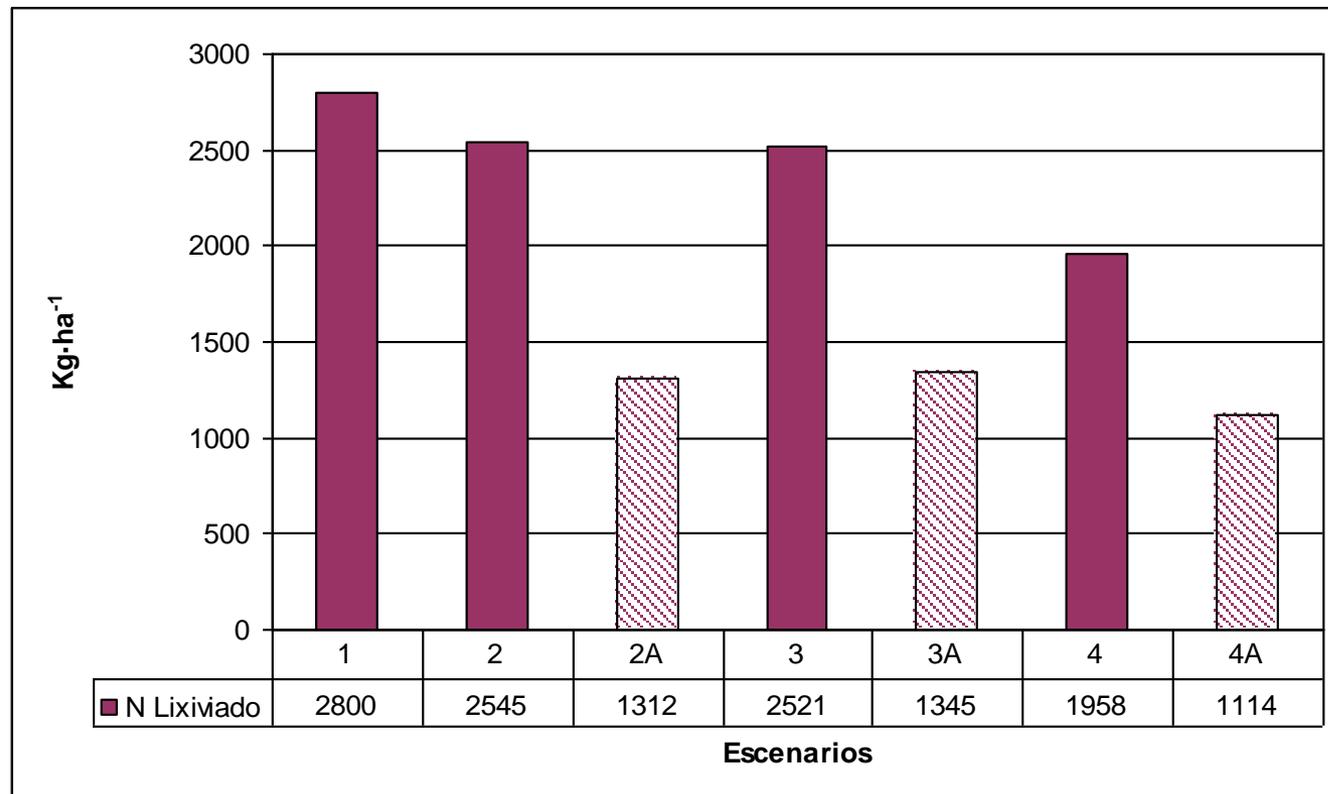
- **Cantidad de nitrógeno aportado ($\text{kgN}\cdot\text{ha}^{-1}$)** (Ferrer, 2010)



Efecto a largo plazo (simulaciones 10 años)

- Lixiviación de nitrato ($\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$)

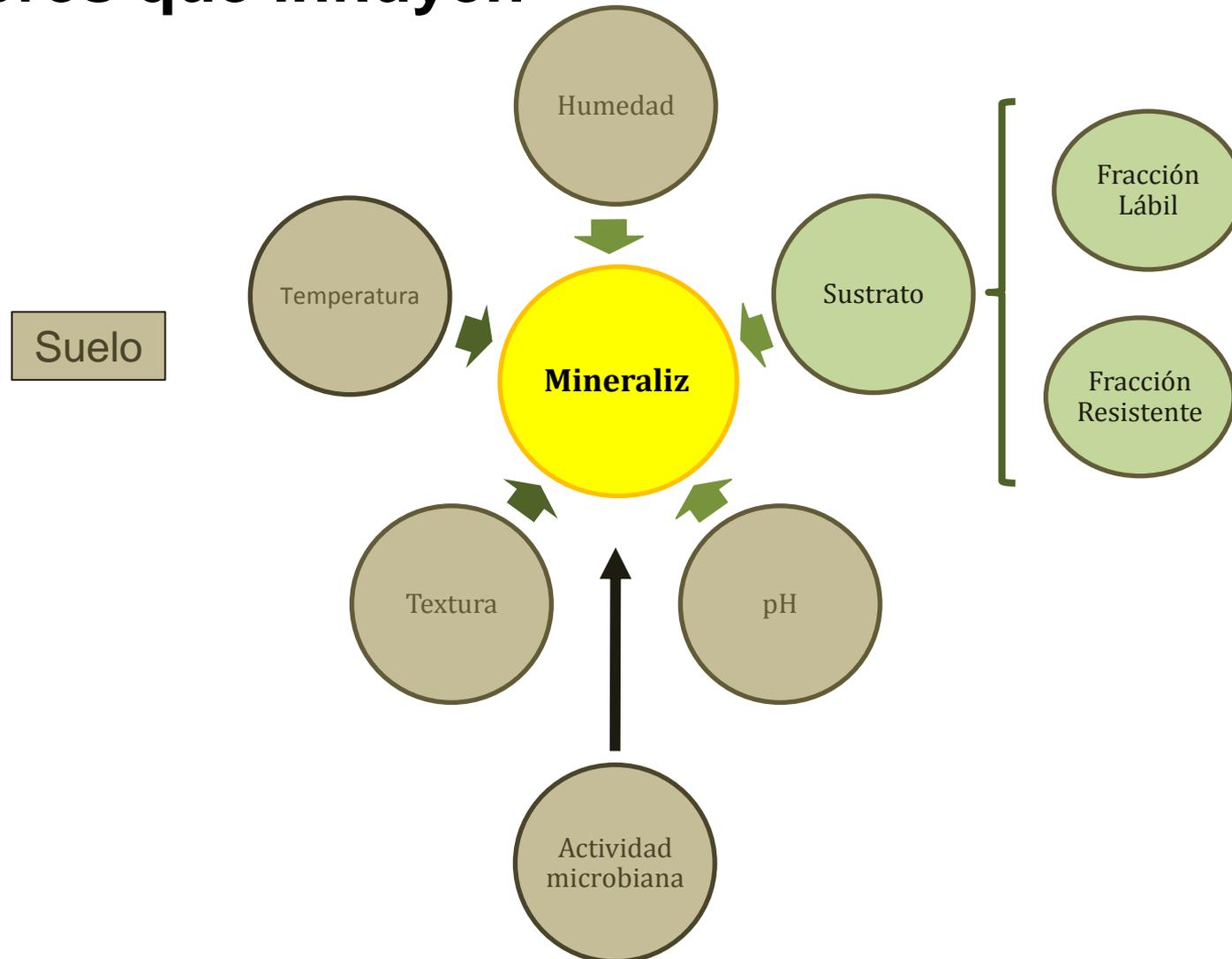
(Ferrer, 2010)



La lixiviación se reduce considerablemente con el cumplimiento estricto de la legislación

Mineralización

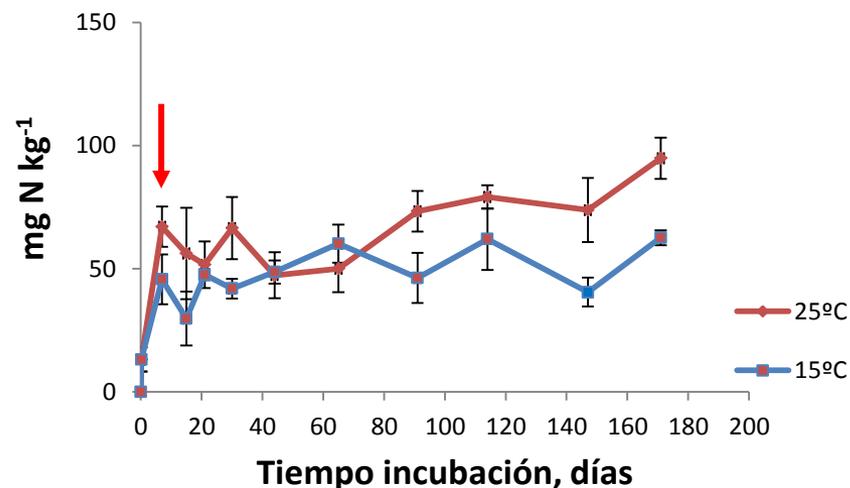
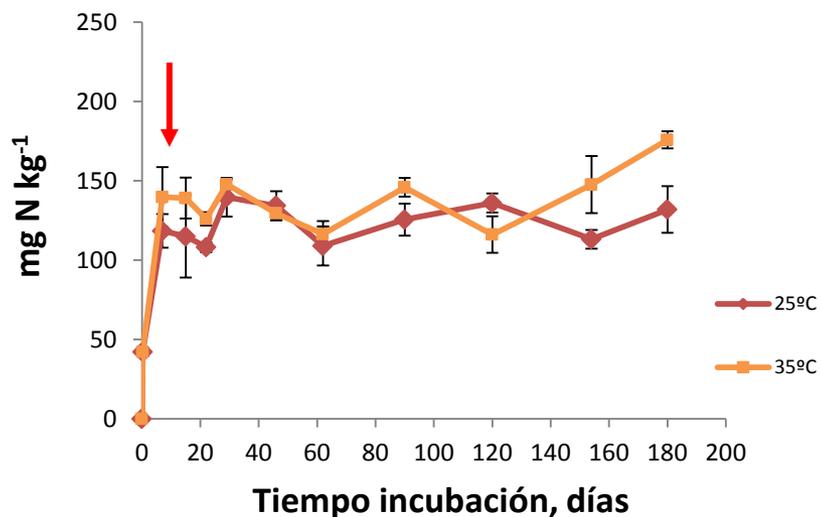
Factores que influyen



Mineralización gallinaza

ENSAYO INCUBACIÓN

0-15 cm ; humedad a capacidad de campo



132 mg N kg⁻¹

213 kg N ha⁻¹

36%

176 mg N kg⁻¹

283 kg N ha⁻¹

48%

62 mg N kg⁻¹

114 kg N ha⁻¹

33%

95 mg N kg⁻¹

172 kg N ha⁻¹

50%

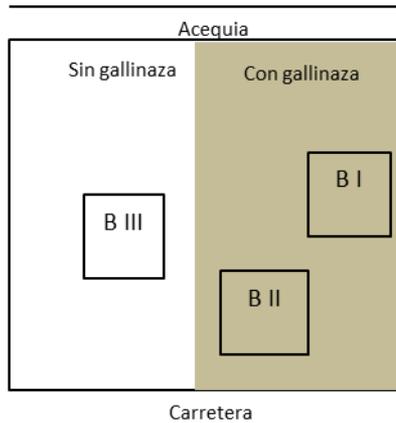
(Jaramillo, 2016)

Mineralización gallinaza

ENSAYO CAMPO

Balace de nitrógeno

Paterna II



Período	Con gallinaza		Sin gallinaza
	M. mínima kg N ha ⁻¹	M. mínima kg N ha ⁻¹	M. mínima kg N ha ⁻¹
15/07/13 - 22/07/13	115	85	-14
22/07/13 - 29/07/13	-26	9	11
29/07/13 - 14/08/13	38	36	19
14/08/13 - 02/09/13	-8	7	14
02/09/13 - 10/09/13	245	143	80
15/07/13 - 10/09/13	363	281	110

$$322 - 110 = 212 \quad \text{kg N ha}^{-1} \quad \mathbf{32\%}$$

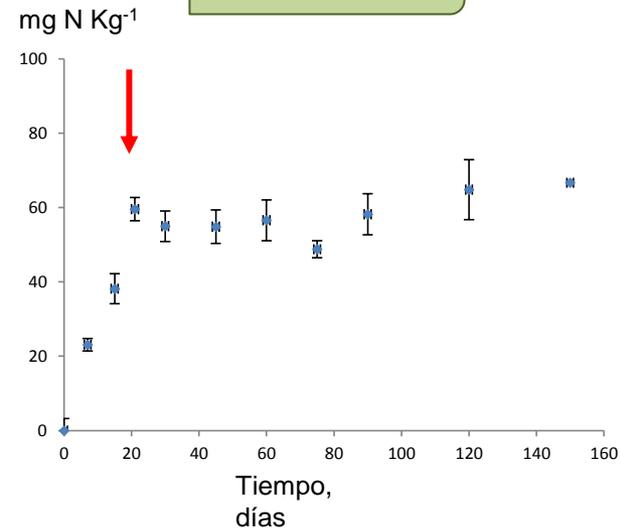
Incubación 0-30 cm = 227 kg N ha⁻¹

(Jaramillo, 2016)

Mineralización restos de cultivo

ENSAYO INCUBACIÓN

Burjassot

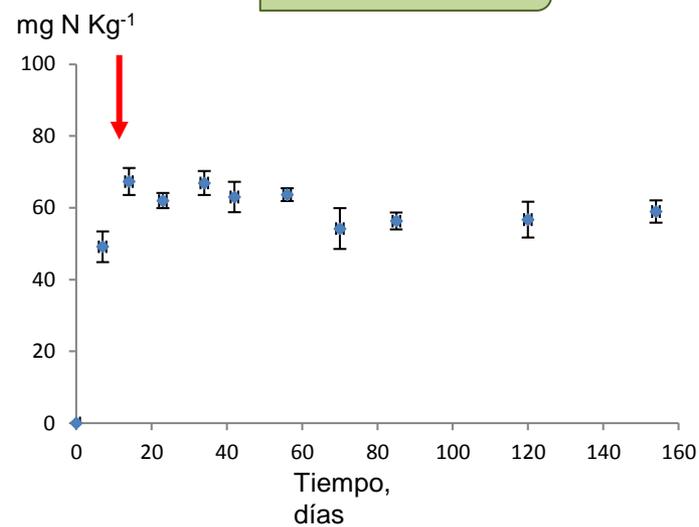


67 mg N kg⁻¹

110 kg N ha⁻¹

58%

Paterna I

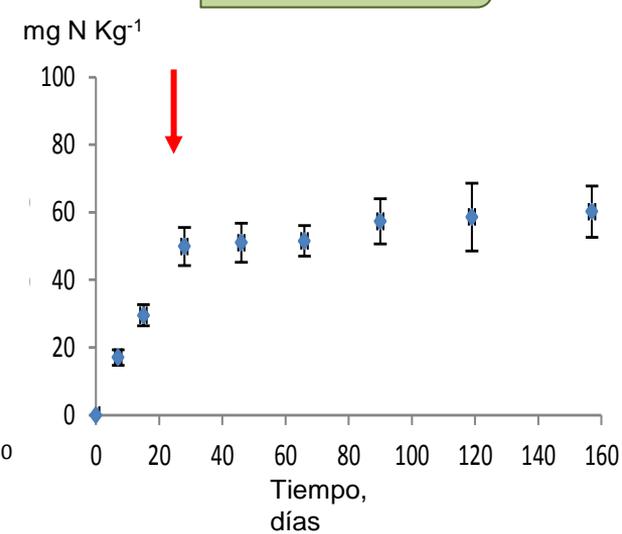


58 mg N kg⁻¹

91 kg N ha⁻¹

53%

Paterna II



60 mg N kg⁻¹

75 kg N ha⁻¹

48%

Mineralización restos de cultivo

ENSAYO CAMPO

Paterna II

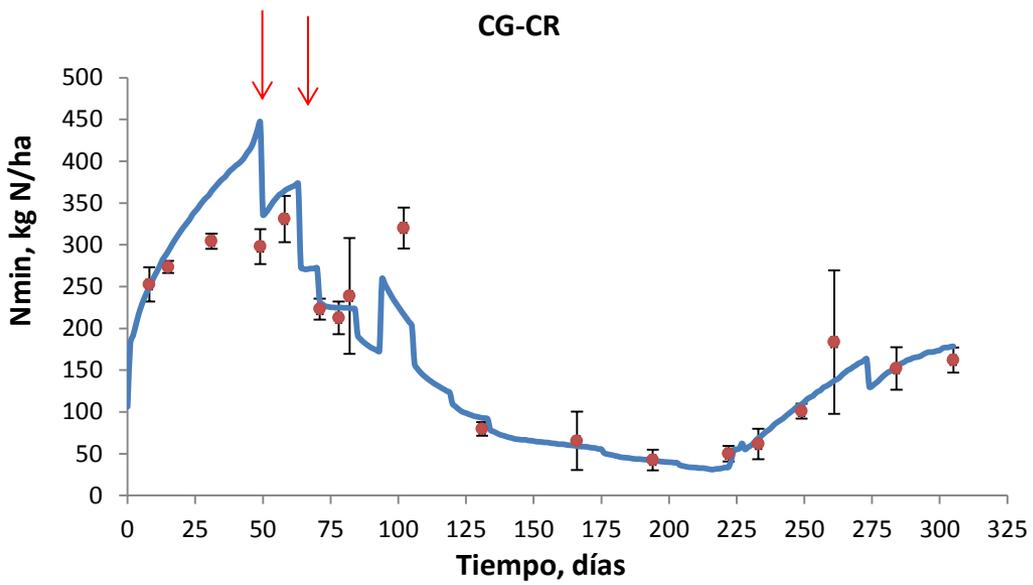
Balace de nitrógeno

Período	Con				Sin restos			
	Mineraliz		Mineraliz		Mineraliz		Mineraliz	
	B I-CG	B II-CG	B III-SG	B IV-SG	B I-CG	B II-CG	B III-SG	B IV-SG
	kg N ha ⁻¹		kg N ha ⁻¹		kg N ha ⁻¹		kg N ha ⁻¹	
04/03/14 - 20/03/14	71	51	55	55	8	15	9	19
20/03/14 - 01/04/14	-12	45	69	34	22	29	29	40
01/04/14 - 24/04/14	168	69	90	48	90	40	32	53
24/04/14 - 15/05/14	1	22	16	28	-7	1	-5	-7
04/03/14 - 15/05/14	228	187	229	165	114	84	66	105

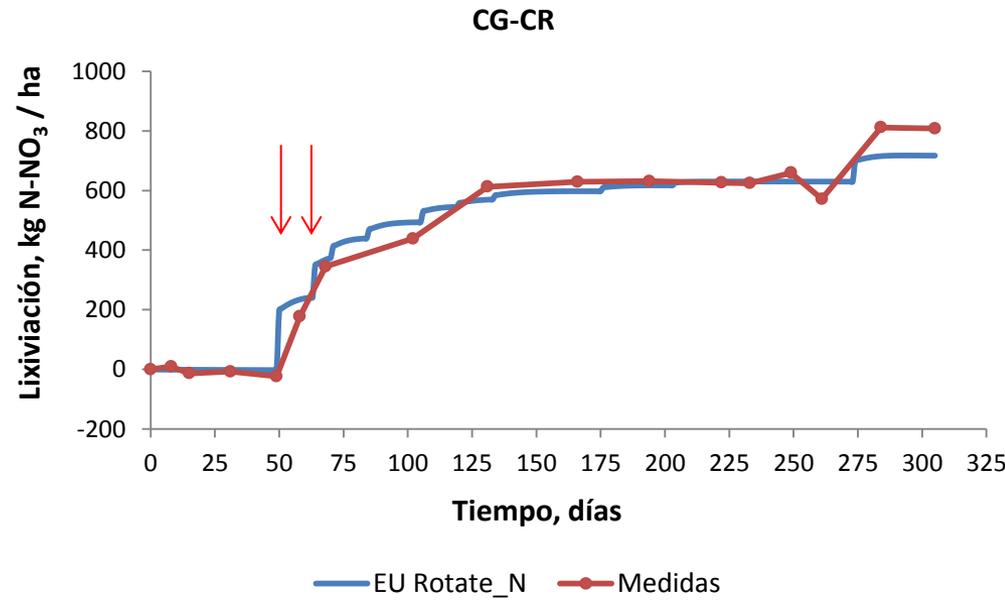
$$202 - 92 = 110 \quad \boxed{62\%}$$

Incubación 0-30 cm = 111 kg N ha⁻¹

Ensayo mineralización cultivo coliflor



Aporte gallinaza: 15 julio
Plantación coliflor: 15 septiembre
Cosecha: 15 febrero
Enterrado restos: 3 marzo
Fin ensayo: 15 mayo



(Jaramillo, 2016)

CONCLUSIONES

- ✓ La lixiviación de nitrato es **un proceso más del ciclo** del N en el suelo. Se ve afectado por prácticas culturales como la **fertilización** y el **riego**.
- ✓ La reducción de dosis de N fertilizante reduce la lixiviación. La forma de N utilizada y el fraccionamiento también permiten disminuir el lavado de nitrato → **USO EFICIENTE**
- ✓ Es muy importante considerar el **contenido de N_{min}** en el suelo al comienzo del cultivo.
- ✓ La **mineralización** es un proceso clave a considerar en la fertilización si se quiere disminuir riesgo de lixiviación de nitrato.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Antonio L. Lidón Cerezuela. alidon@qim.upv.es

JORNADA TÉCNICA SOBRE GESTIÓN DE SUELOS

Panel 1. Problemáticas y propuestas para el manejo de los suelos agrícolas



CENCA, San Fernando de Henares
14 Julio de 2016



ELIMINACIÓN NO_3^-

