



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](mailto: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:

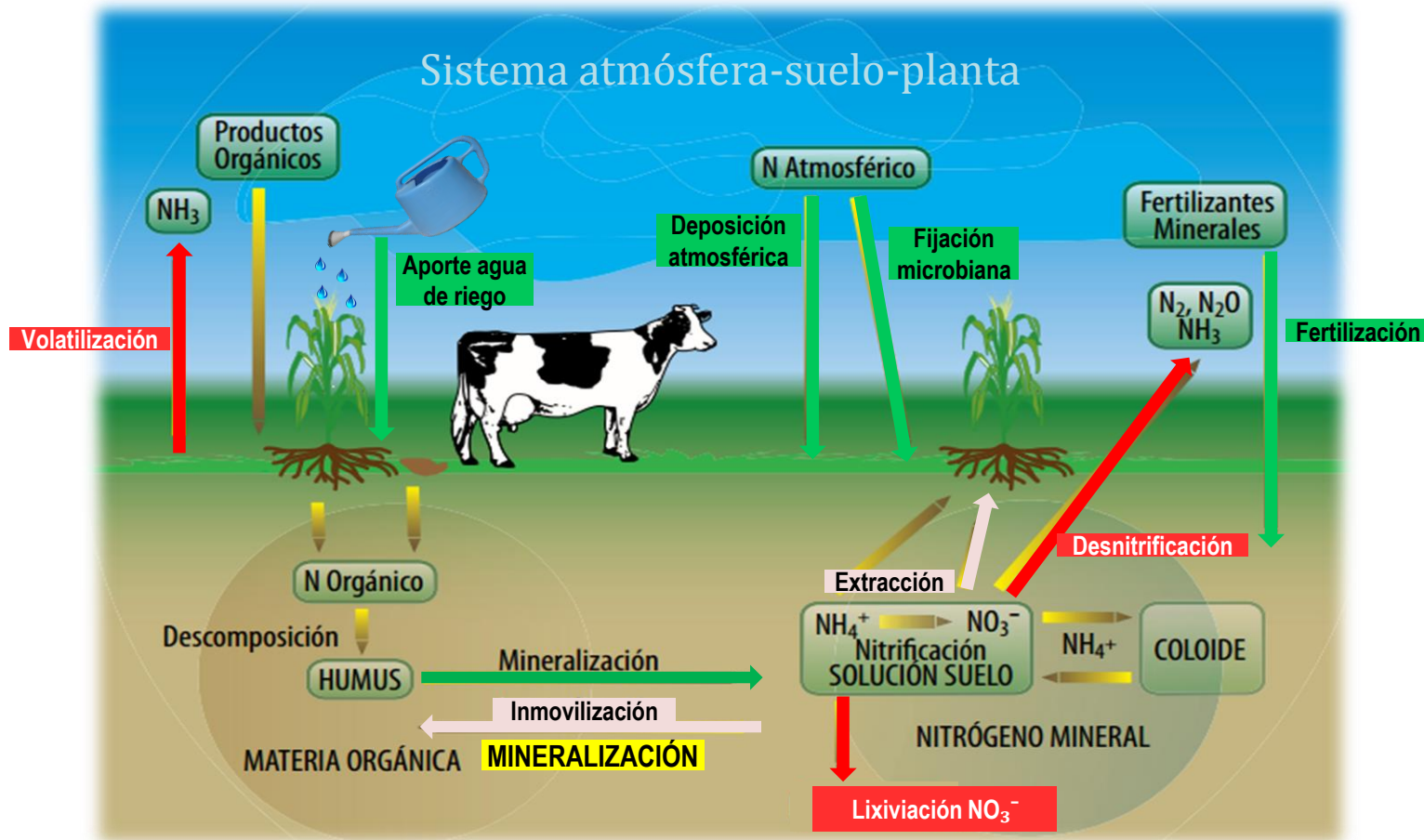
- Sustentabilidad de los ecosistemas
- Absorción gases de efecto invernadero,...

Negativas:

- **Lixiviación de nitrato**
- Emisiones gaseosas ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ ,...)
- 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

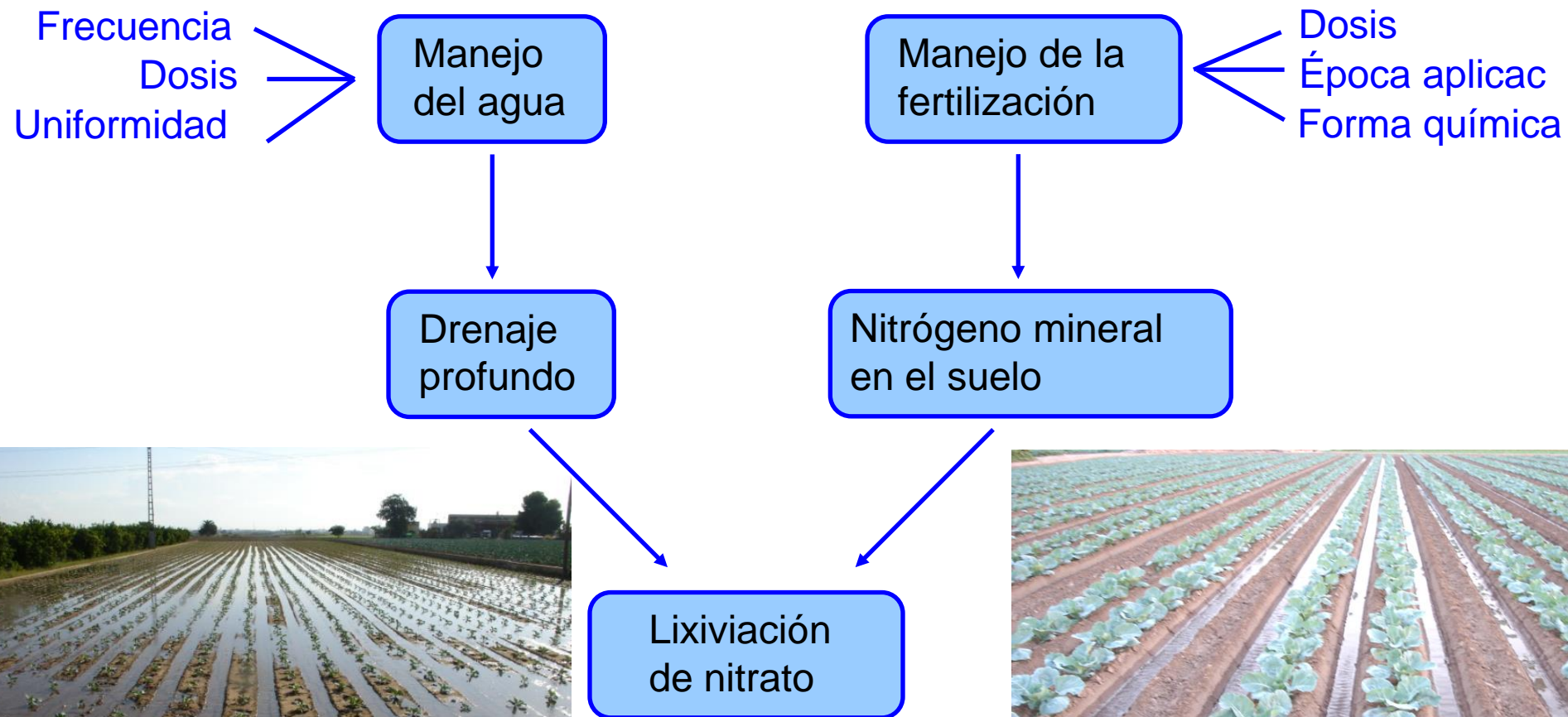


Transporte de N, en forma de nitrato, hacia capas más profundas del suelo, con el agua que se va desplazando por el espacio poroso del suelo.

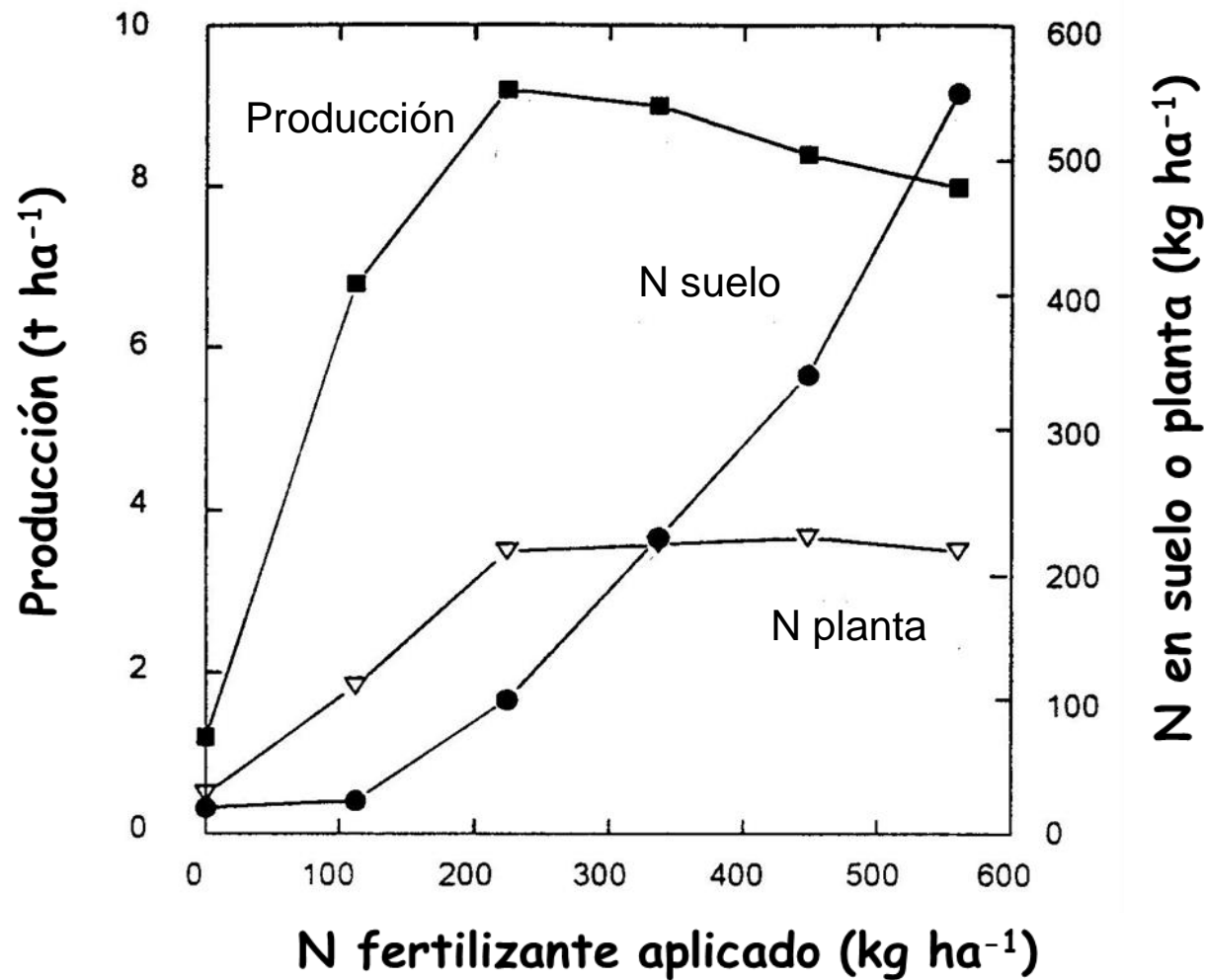
Lixiviación → Drenaje ·  $[NO_3^-]$

# Lixiviación - Factores

LIXIVIACIÓN NITRATO → Drenaje · [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>]

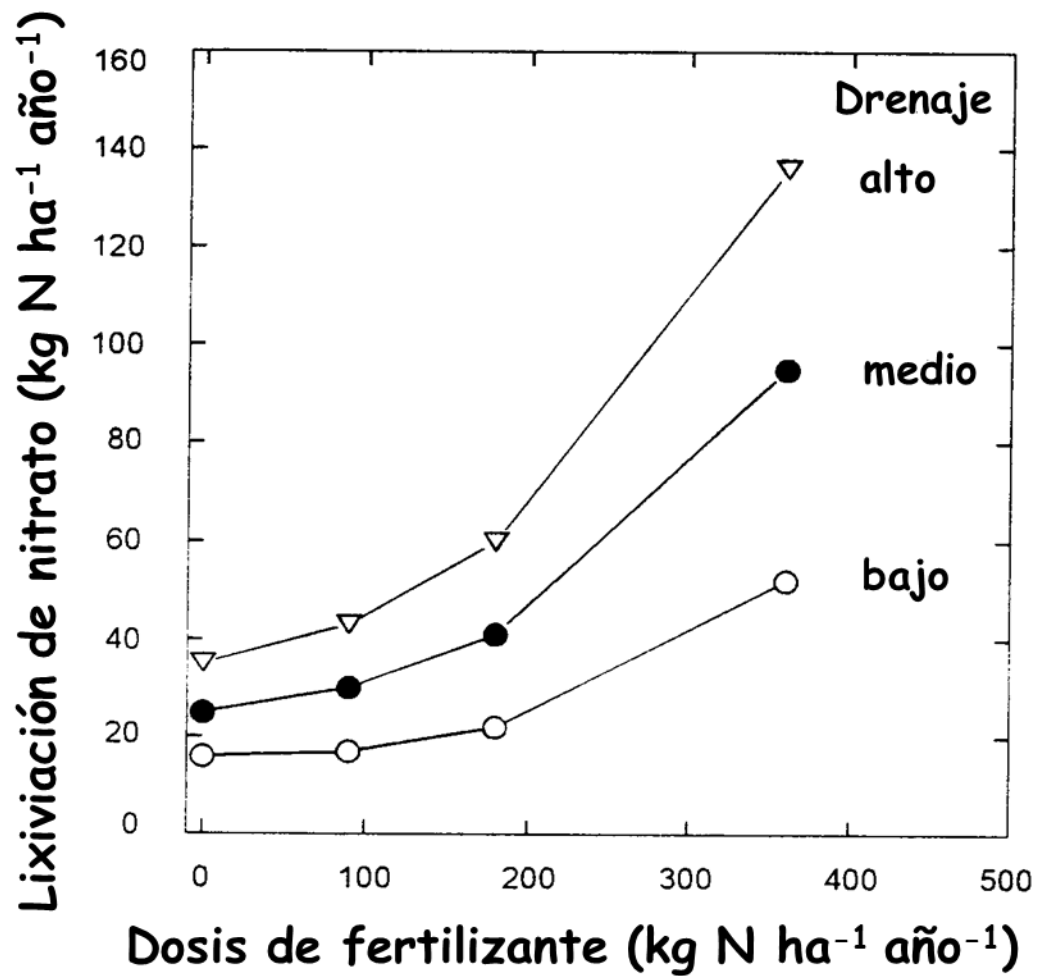


# Lixiviación nitrato - Fertilización



(Adaptado de Broadbent y Carlton, 1978)

# Lixiviación nitrato - Drenaje

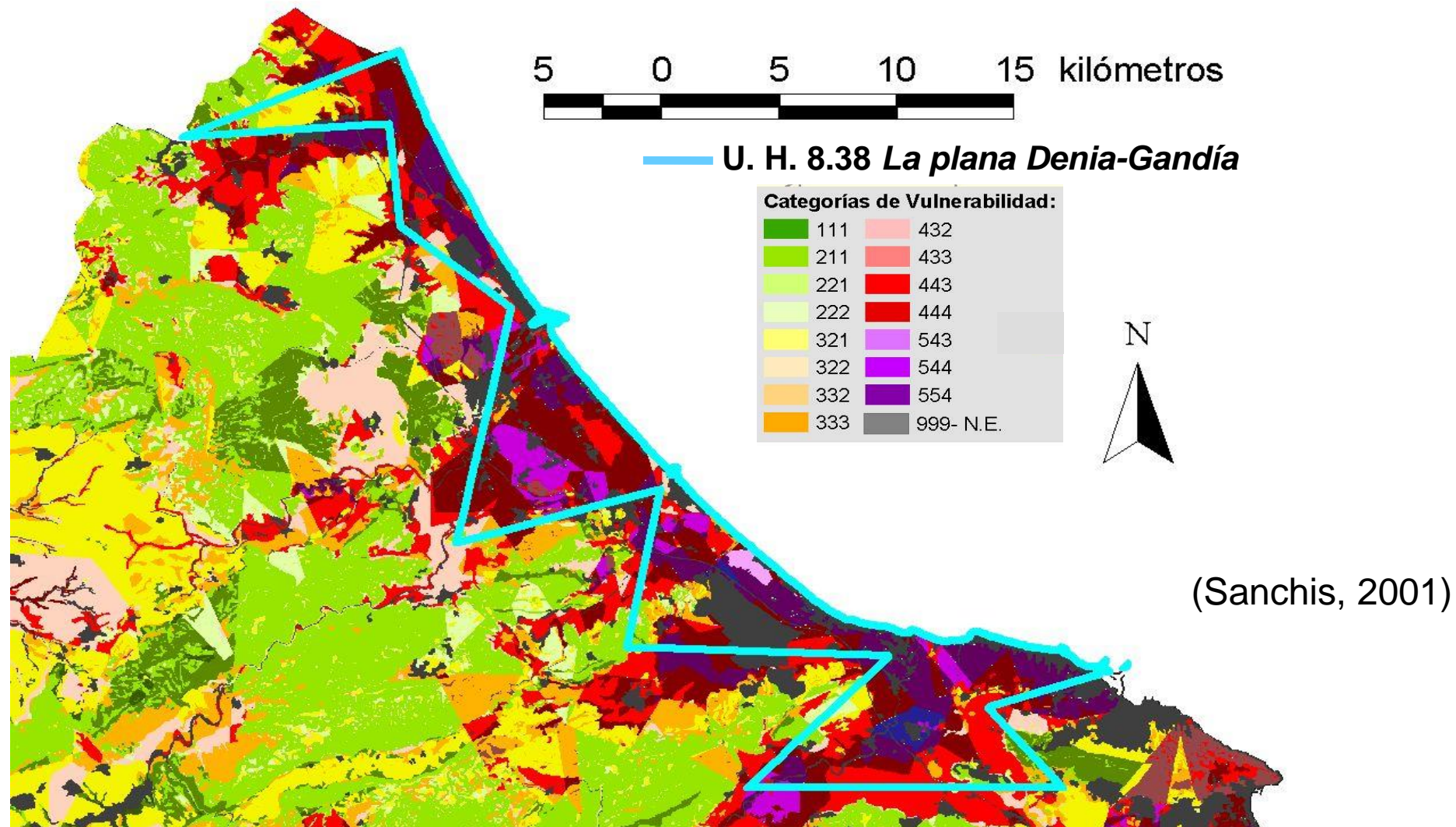


(Pratt, 1984)



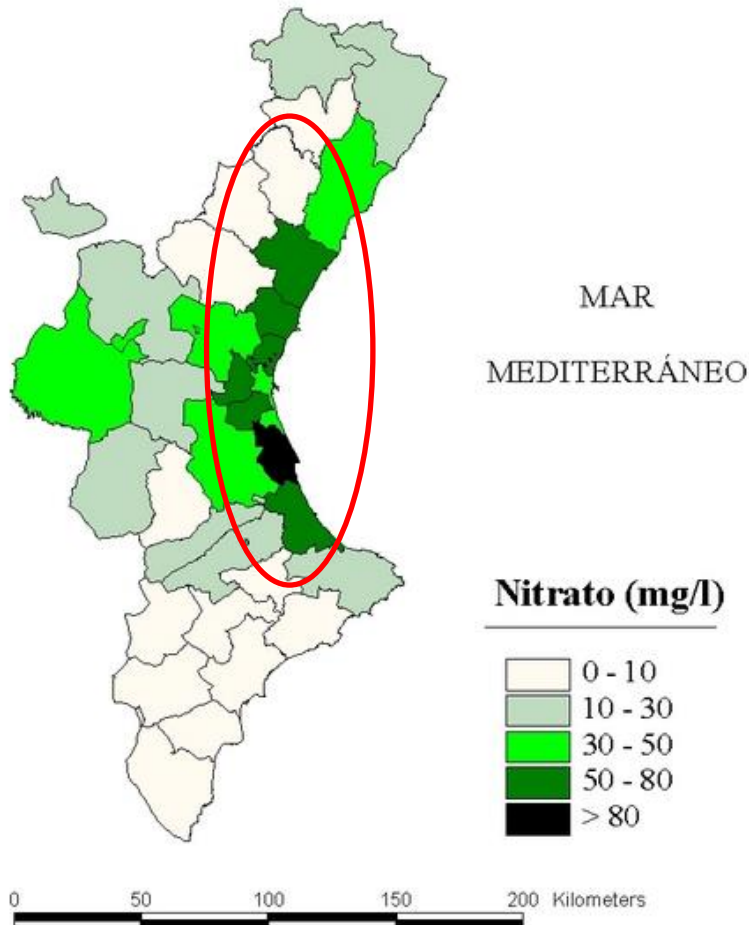
# Importancia de la lixiviación

## ❖ 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.

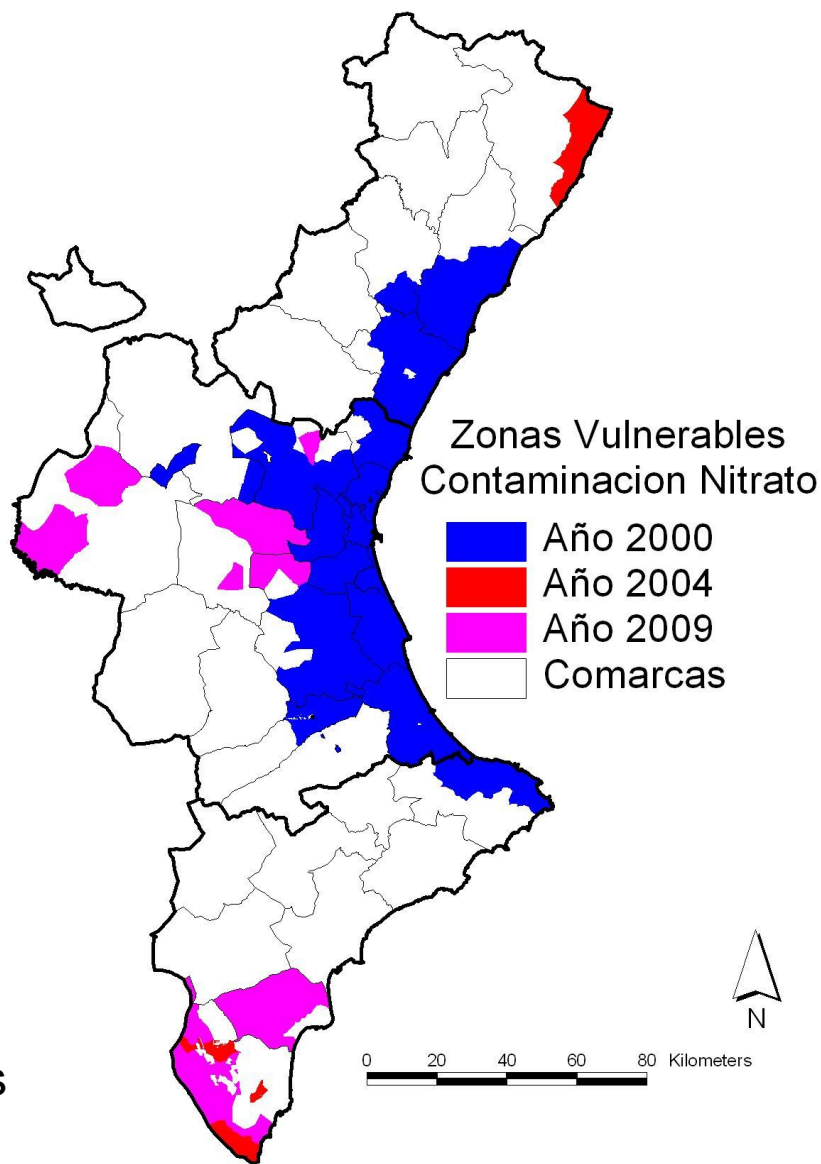
Las zonas más afectadas son:

- 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	<b>525.271</b>	<b>1.945.642</b>	<b>27</b>
Castellón	13/2000	25	451.627		
	11/2004	3	515.129		
	218/2009	0	<b>515.129</b>	<b>601.699</b>	<b>86</b>
Valencia	13/2000	154	2.300.722		
	11/2004	0	2.300.722		
	218/2009	11	<b>2.366.782</b>	<b>2.566.474</b>	<b>92</b>
<b>Total C.V</b>			<b>3.407.182</b>	<b>5.113.815</b>	<b>67</b>

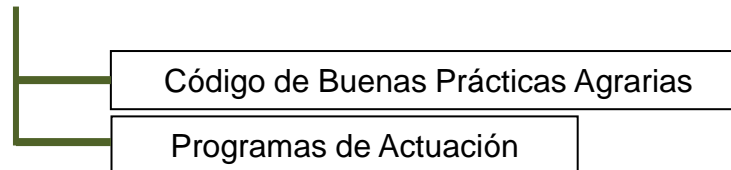
# Legislación



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



50 mg NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>



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

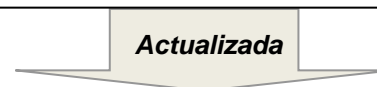


**Decreto 13/2000**  
"Zonas vulnerables a la contaminación  
de las aguas por nitratos procedentes de  
fuentes agrarias"

+ *adición*

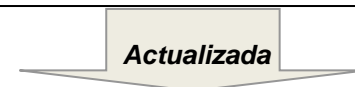
**Decreto 11/2004 y  
218/2009**  
"Se amplian las zonas vulnerables"

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

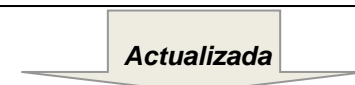


**Orden 7/2010**  
"El Código Valenciano de  
Buenas Prácticas  
Agrarias"

**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<sup>-1</sup>

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<sup>-1</sup>. 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.

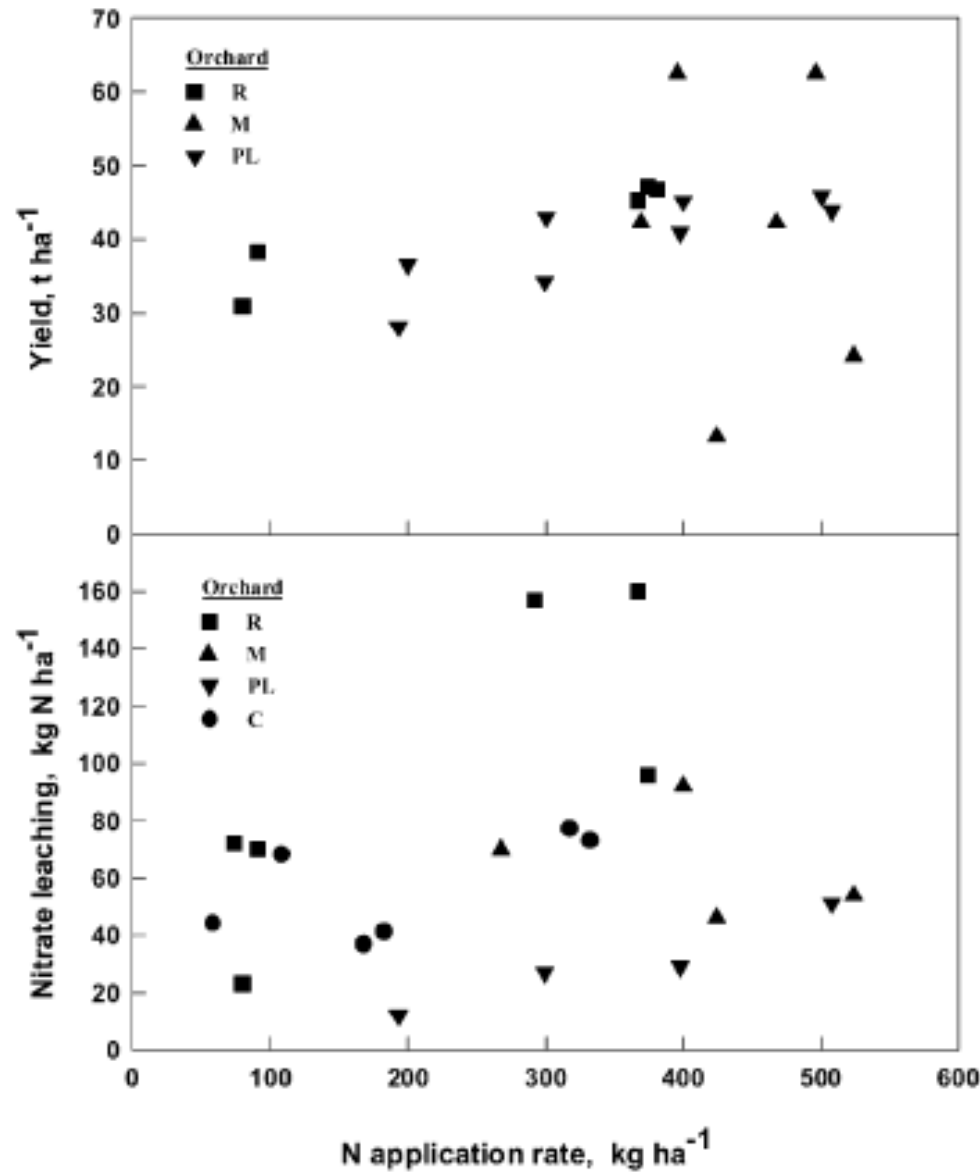


# Lixiviación de $\text{NO}_3^-$ en cultivos típicos C.V.

Crop	Field	Year	$N_{\min}$ initial 0–60 cm ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Applied N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			Yield ( $\text{t ha}^{-1}$ )	Nitrate leaching <sup>b</sup> ( $\text{kg N ha}^{-1}$ )
				Organic <sup>a</sup>	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	$33.9 \pm 6.0^c$	$258 \pm 15^c$
			198	0	150	149	$34.0 \pm 4.6$	$323 \pm 50$
			198	0	277	149	$33.4 \pm 2.3$	$238 \pm 11$
Potato	LL	1999	225	0	68	136	$48.7 \pm 3.3$	$168 \pm 25$
			225	0	180	136	$47.1 \pm 2.5$	$180 \pm 14$
			225	0	292	136	$41.5 \pm 1.8$	$203 \pm 36$
Potato	MAS	1999	90	0	189	56	$43.2 \pm 0.3$	$106 \pm 10$
			90	0	300	56	$45.0 \pm 2.2$	$66 \pm 6$
			90	0	412	56	$41.6 \pm 3.7$	$96 \pm 18$
Onion	FAC	2000	194	0	71	73	$74.5 \pm 1.8$	$253 \pm 25$
			207	0	71	73	$70.9 \pm 2.6$	$246 \pm 48$
			286	0	151	73	$73.2 \pm 2.4$	$338 \pm 136$

# Lixiviación de $\text{NO}_3^-$ en cultivos típicos C.V.

Cítricos

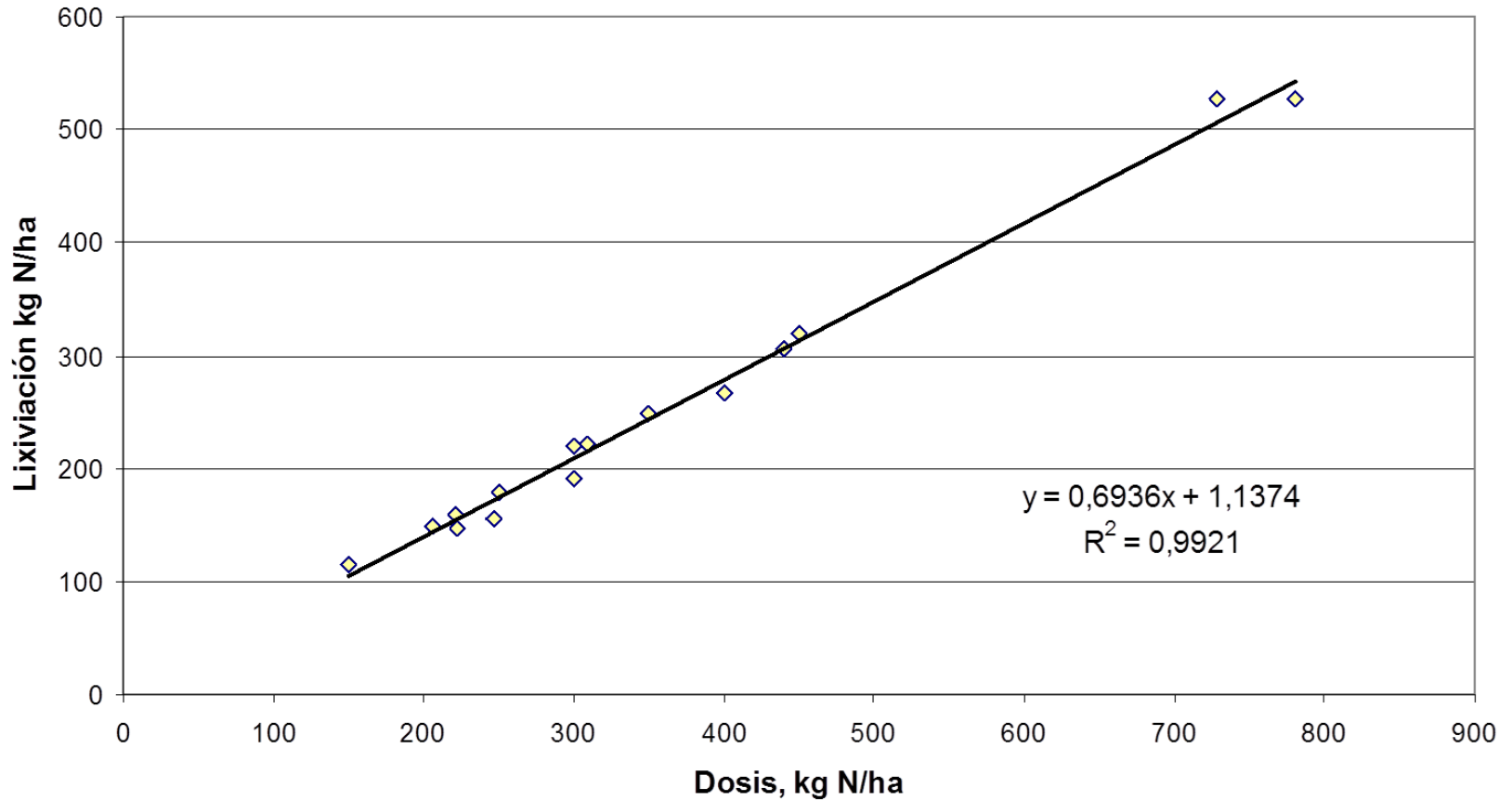


(Ramos et al., 2002)

# 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

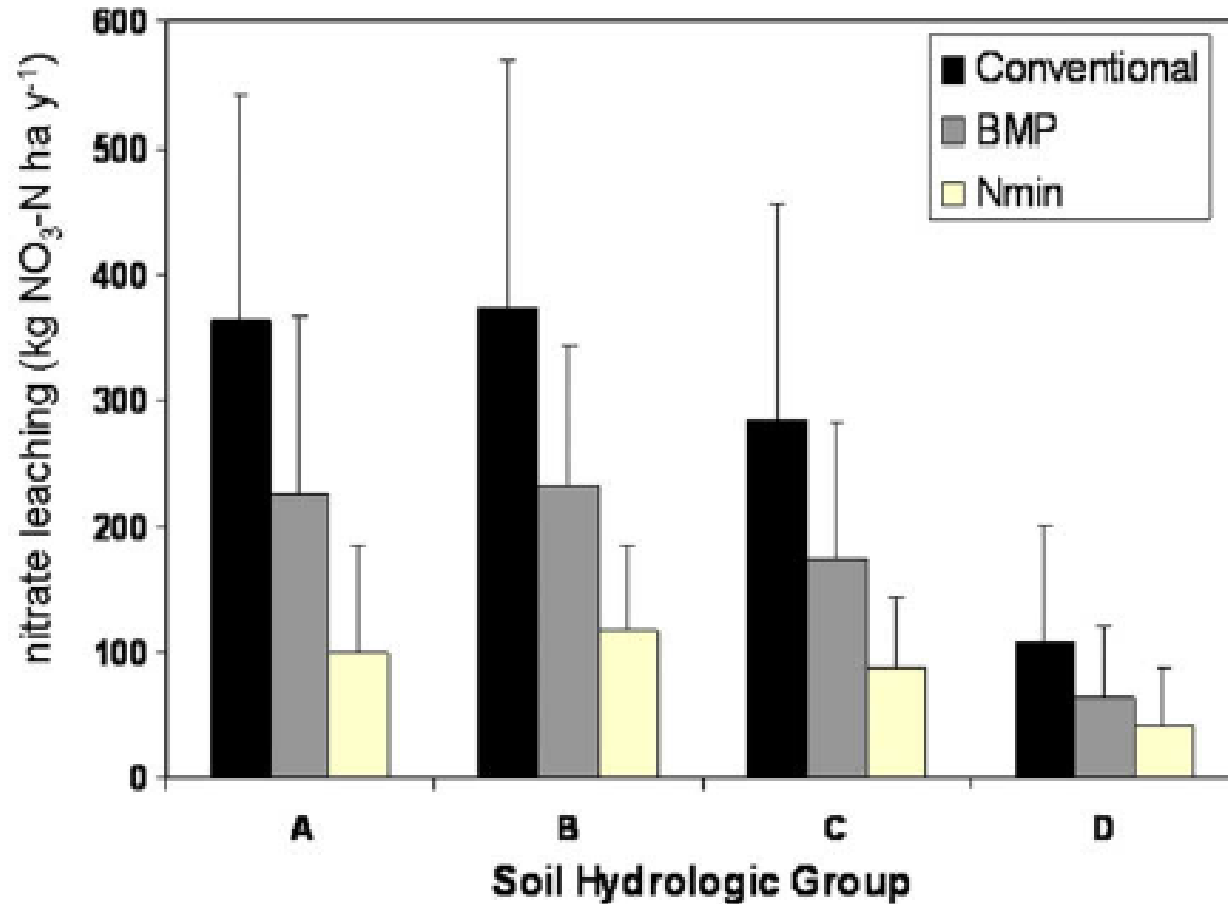
## ❖ PROPUESTAS DE MEJORA EN FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS

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



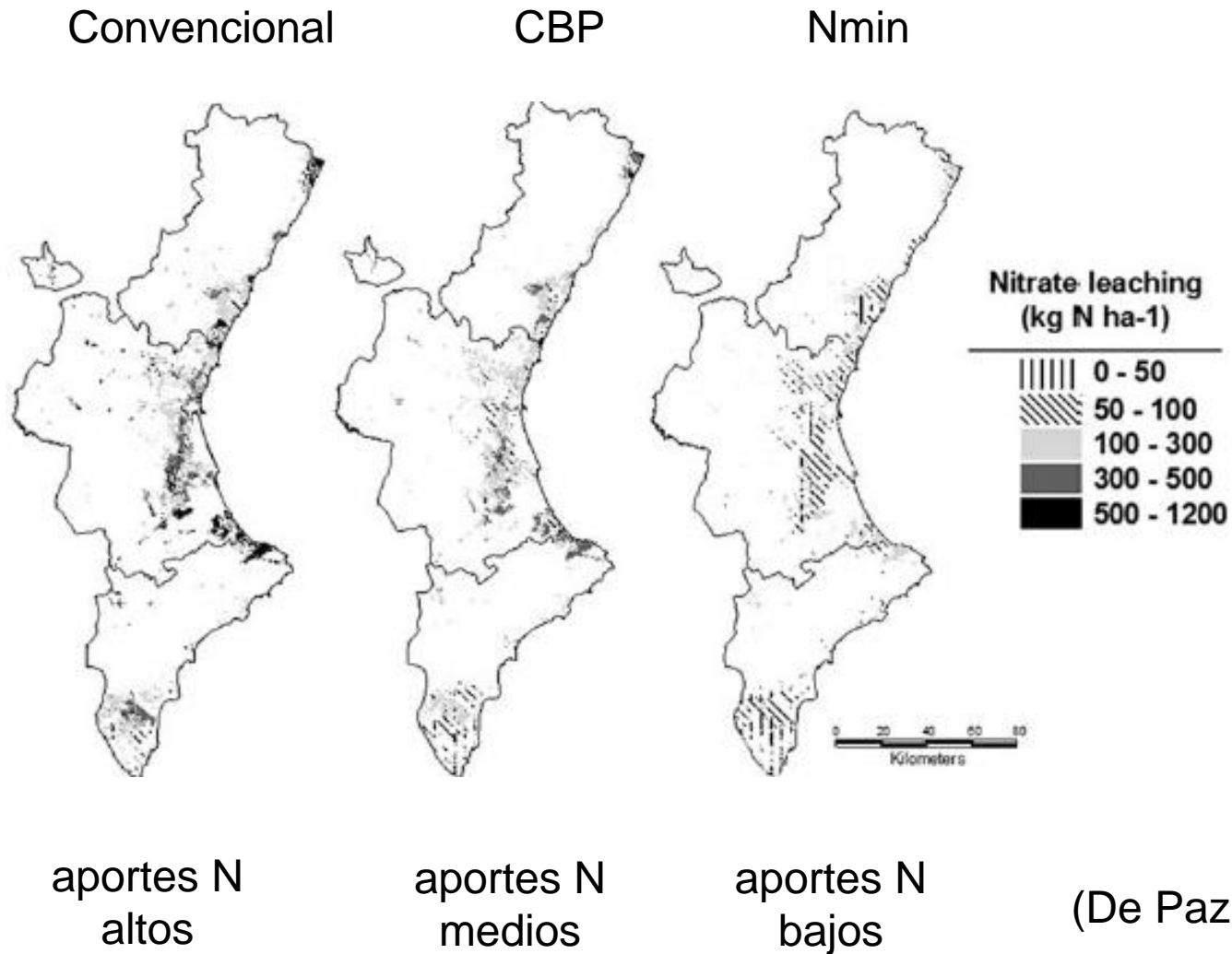
↓ 6,1% lixiviación y se mantiene la misma extracción planta

# Lixiviación - Manejo



(De Paz et al., 2009)

# Lixiviación – Manejo



(De Paz et al., 2009)

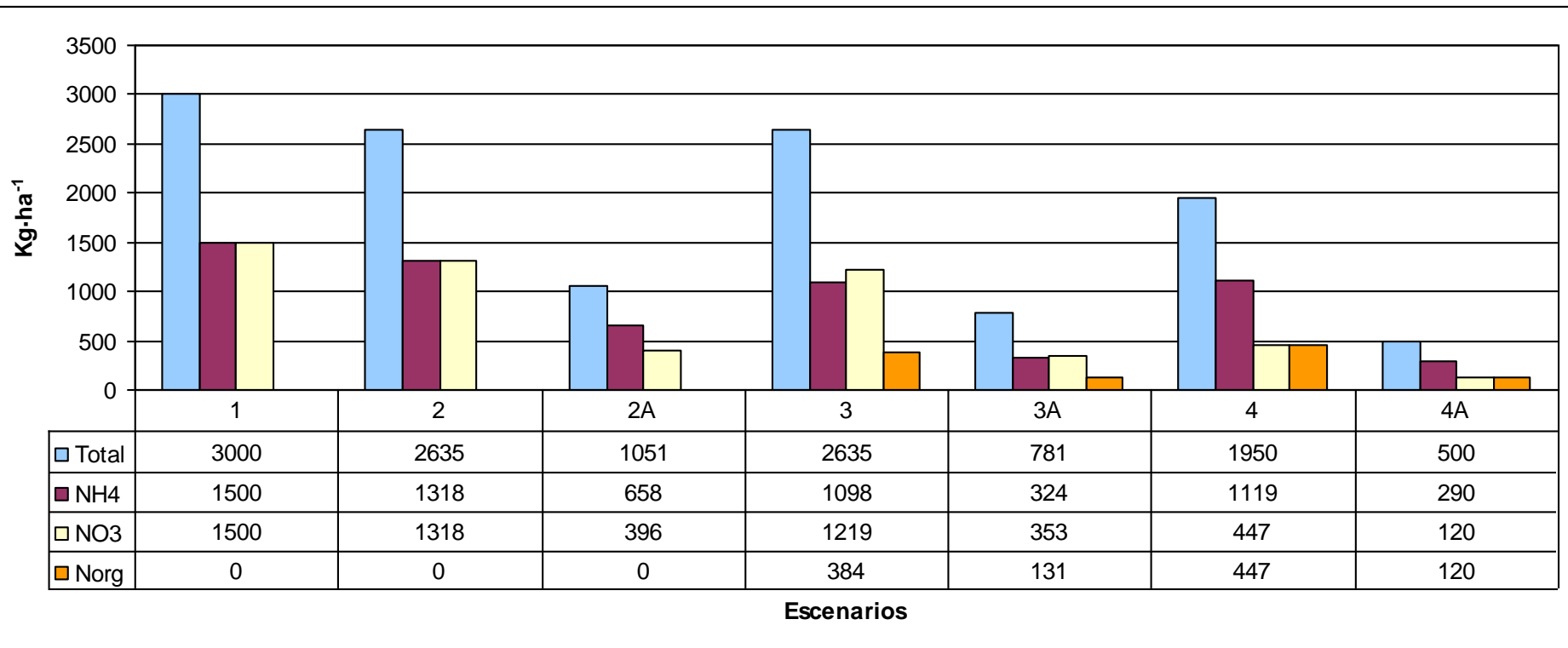


## **Comparación escenarios:**

- **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)

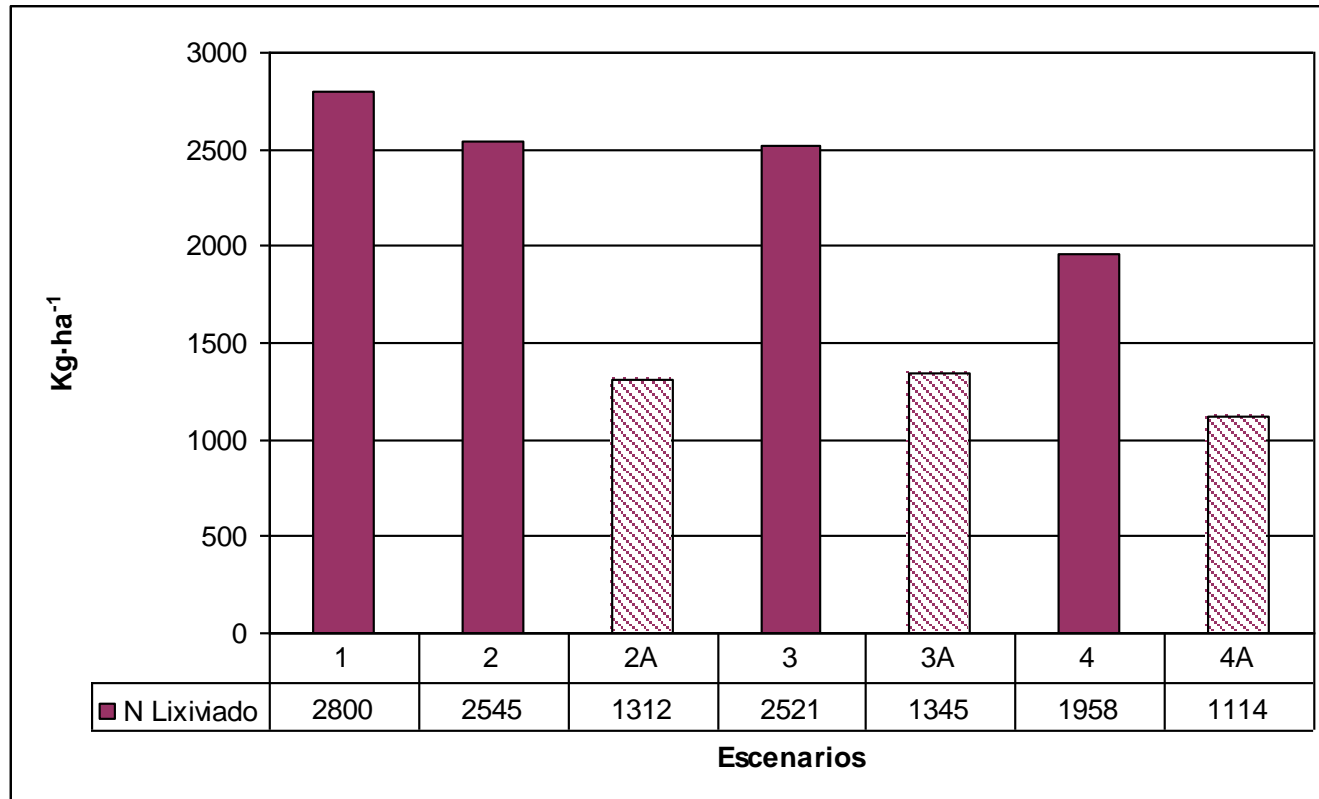
- **Cantidad de nitrógeno aportado ( $\text{kgN}\cdot\text{ha}^{-1}$ )** (Ferrer, 2010)



# Efecto a largo plazo (simulaciones 10 años)

- Lixiviación de nitrato (kg N·ha<sup>-1</sup>)

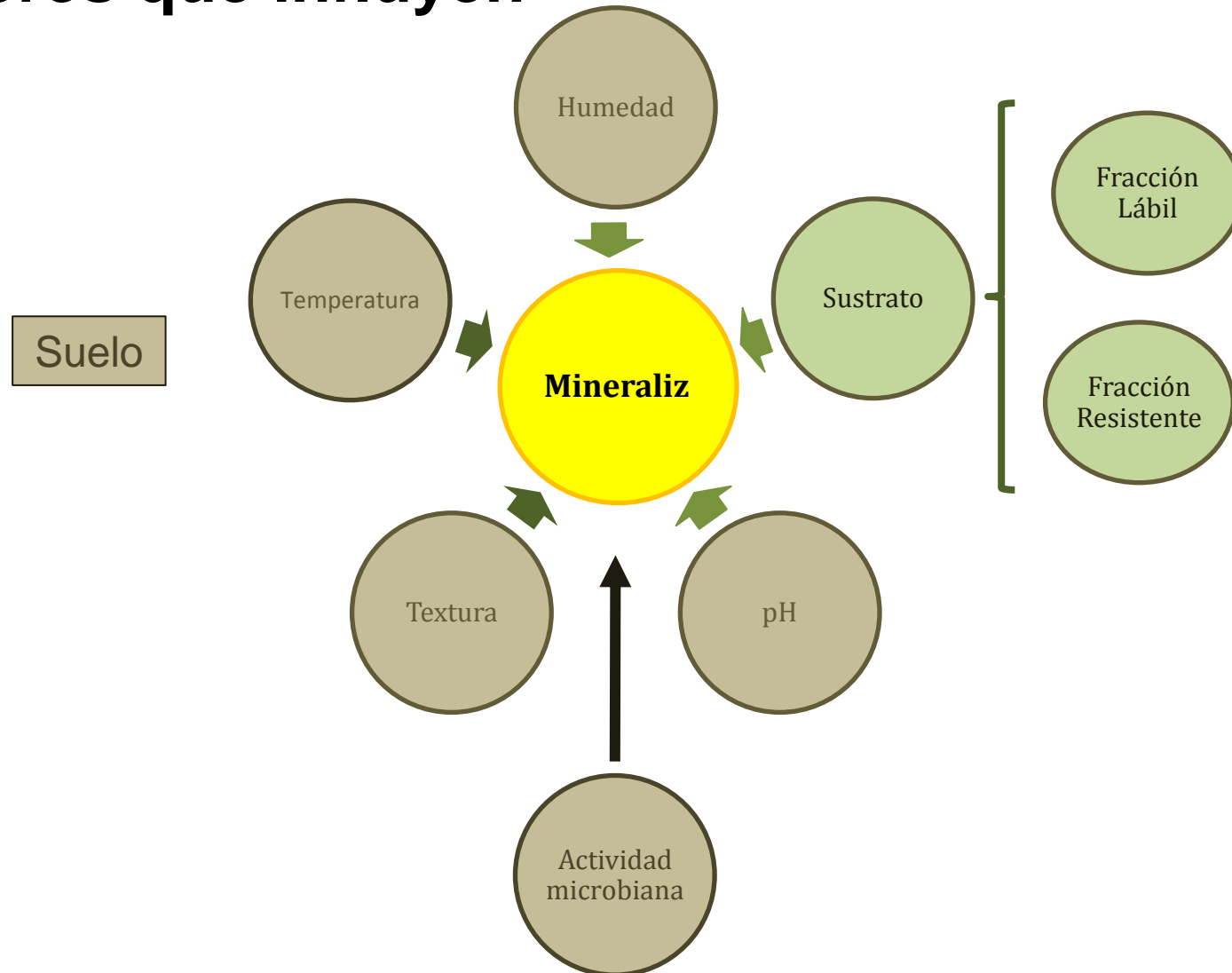
(Ferrer, 2010)



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

# Mineralización

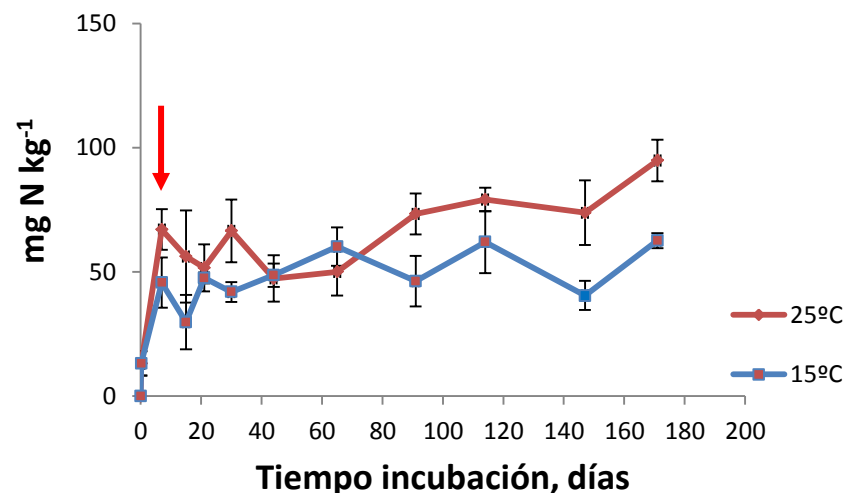
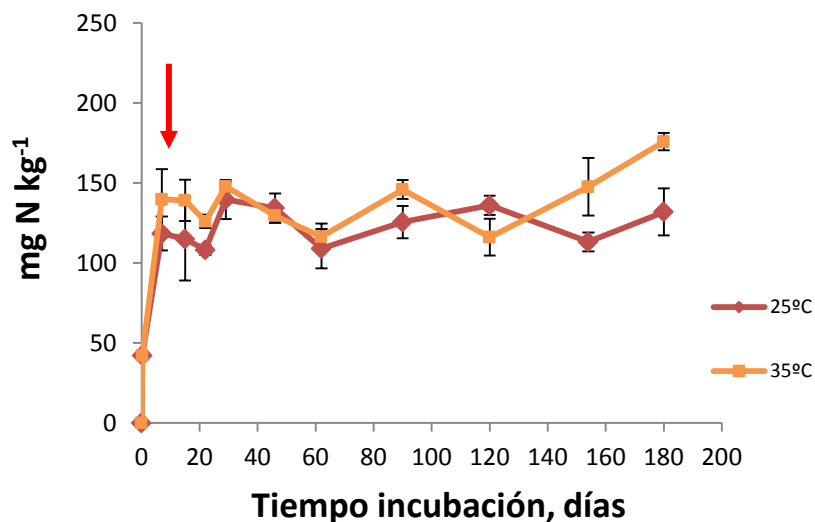
## Factores que influyen



# Mineralización gallinaza

## ENSAYO INCUBACIÓN

0-15 cm ; humedad a capacidad de campo



132 mg N kg<sup>-1</sup>

213 kg N ha<sup>-1</sup>

36%

176 mg N kg<sup>-1</sup>

283 kg N ha<sup>-1</sup>

48%

62 mg N kg<sup>-1</sup>

114 kg N ha<sup>-1</sup>

33%

95 mg N kg<sup>-1</sup>

172 kg N ha<sup>-1</sup>

50%

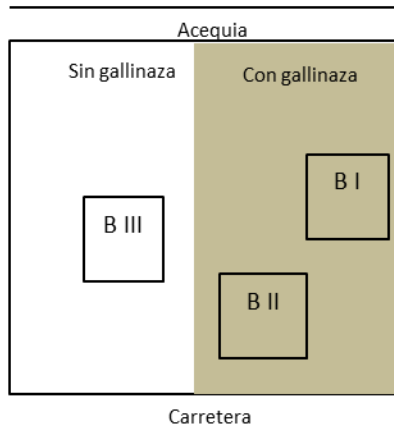
(Jaramillo, 2016)

# Mineralización gallinaza

## ENSAYO CAMPO

## Balace de nitrógeno

### Paterna II



Período	Con gallinaza		Sin gallinaza
	M. mínima kg N ha <sup>-1</sup>	M. mínima kg N ha <sup>-1</sup>	M. mínima kg N ha <sup>-1</sup>
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
<b>15/07/13 - 10/09/13</b>	<b>363</b>	<b>281</b>	<b>110</b>

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

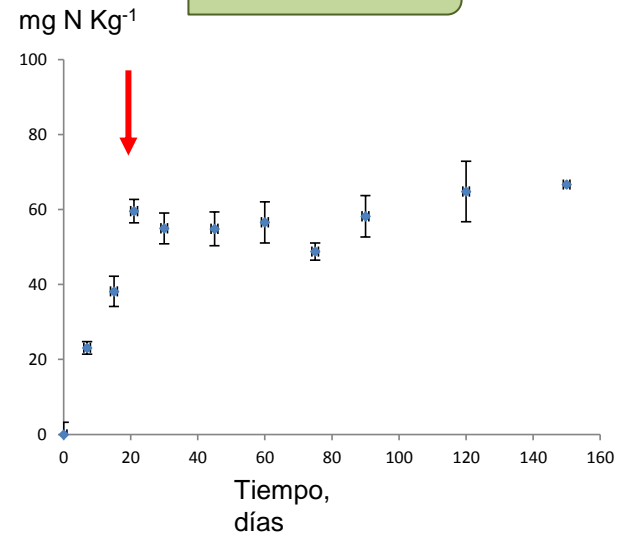
Incubación 0-30 cm = 227 kg N ha<sup>-1</sup>

(Jaramillo, 2016)

# Mineralización restos de cultivo

## ENSAYO INCUBACIÓN

### Burjassot

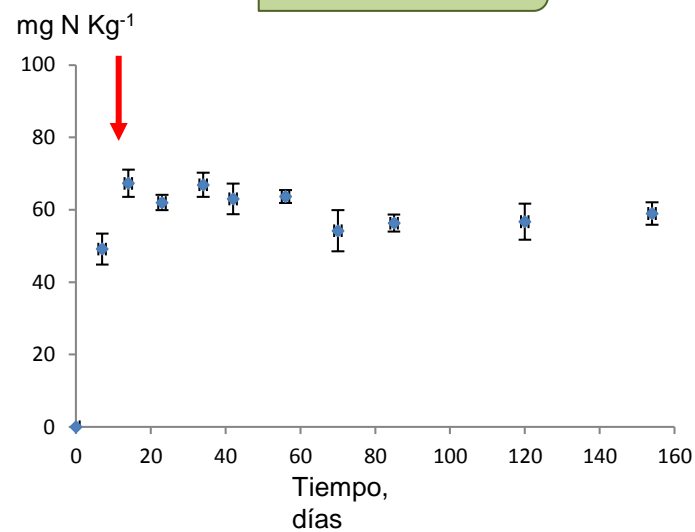


67 mg N kg<sup>-1</sup>

110 kg N ha<sup>-1</sup>

58%

### Paterna I

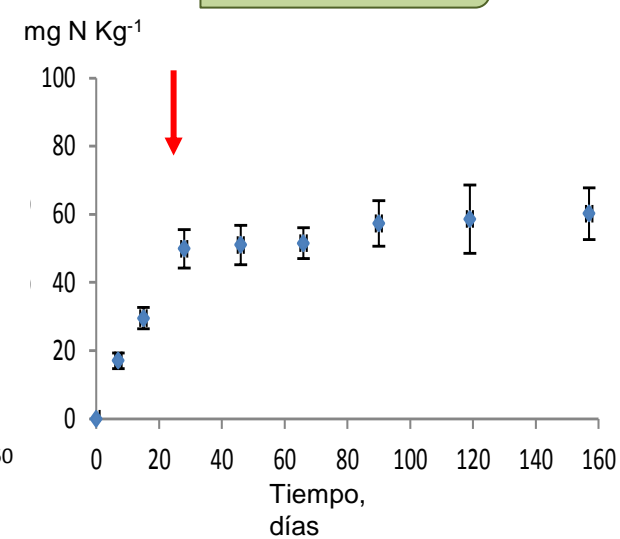


58 mg N kg<sup>-1</sup>

91 kg N ha<sup>-1</sup>

53%

### Paterna II



60 mg N kg<sup>-1</sup>

75 kg N ha<sup>-1</sup>

48%

# Mineralización restos de cultivo

ENSAYO CAMPO

Paterna II

Balace de nitrógeno

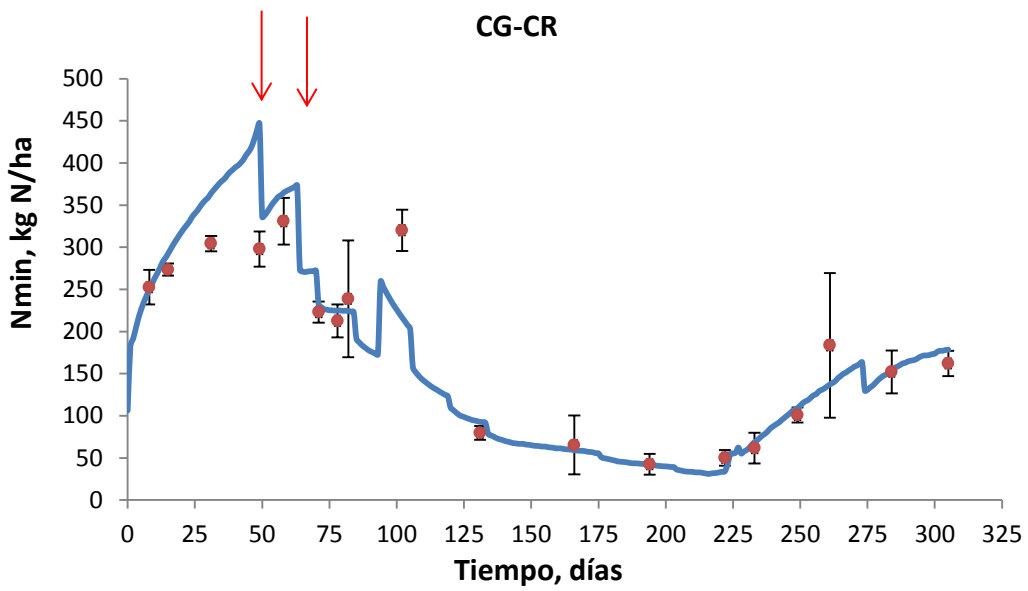
Período	Con				Sin restos			
	Mineraliz		Mineraliz		Mineraliz		Mineraliz	
	B I-CG	B II-CG	B III-SG	B IV-SG	B I-CG	B II-CG	B III-SG	B IV-SG
	kg N ha <sup>-1</sup>		kg N ha <sup>-1</sup>		kg N ha <sup>-1</sup>		kg N ha <sup>-1</sup>	
04/03/14 - 20/03/14	71	51	55	55	8	15	9	19
20/03/14 - 01/04/14	-12	45	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
<b>04/03/14 - 15/05/14</b>	<b>228</b>	<b>187</b>	<b>229</b>	<b>165</b>	<b>114</b>	<b>84</b>	<b>66</b>	<b>105</b>

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

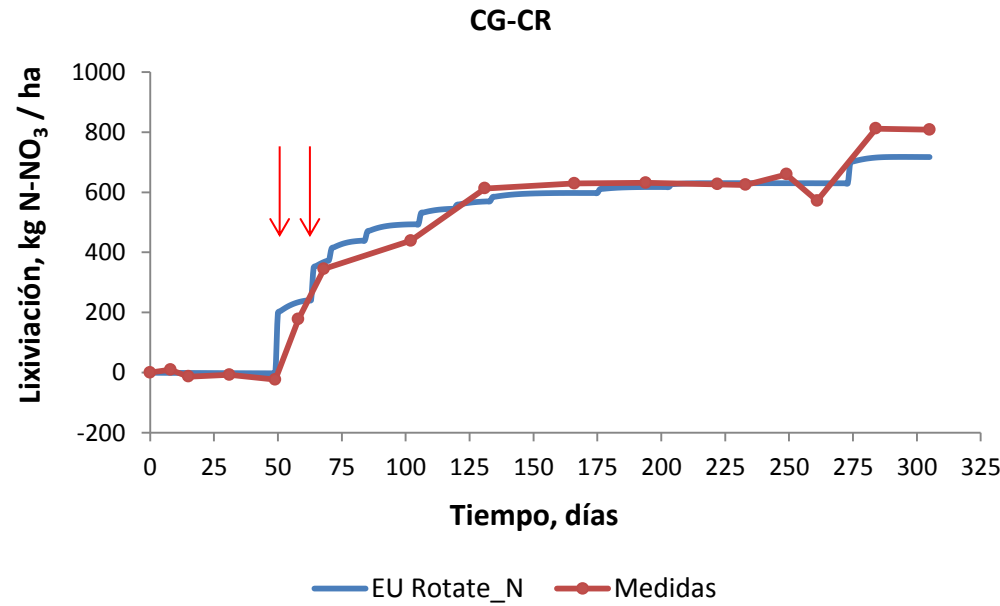
Incubación 0-30 cm = 111 kg N ha<sup>-1</sup>



# 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<sub>min</sub>** 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](mailto: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 $\text{NO}_3^-$

