

*Fertilidad de los suelos*

# Abonado y salinidad en fertirrigación

*El artículo analiza el comportamiento salino de los principales abonos empleados en fertirrigación mediante un estudio de contenidos salinos*

**Antonio L. Alarcón Vera**

Dpto. Química Agrícola, Geología y Edafología.  
Universidad de Murcia.  
E-mail provisional: rmadrid@fcu.um.es

En este artículo se expone un estudio que recoge las curvas de aumento del contenido salino, incremento de conductividad eléctrica (CE) de los abonos más comúnmente empleados en nuestro país bajo técnicas de fertirrigación. Se excluyen los ácidos nítrico, fosfórico y sulfúrico, suficientemente vistos en trabajos anteriores (Horticultura nº 129 y 130).

Se denomina fertilizante o abono a todo producto natural o sintético, orgánico o inorgánico, que se añade al suelo o a las plantas para poner a disposición de éstas nutrientes necesarios para su desarrollo. Los fertilizantes empleados en fertirrigación deben ser abonos líquidos o sólidos especiales de alta solubilidad, es decir, cuyo residuo insoluble en agua a 15°C, a la mayor dosis de empleo recomendada, sea inferior al 0.5%.

## El problema de la salinidad

En las zonas áridas y semiáridas, como la del Sureste español, la salinidad constituye el principal factor limitante de la fertilidad de los suelos. En estas zonas, el riego es una práctica imprescindible y las lluvias son demasiado escasas como para arrastrar las sales lejos del alcance de las raíces, lo mismo que sucede en cultivos protegidos (invernaderos). En condiciones húmedas, las sales solubles originariamente presentes en los materiales del suelo y las formadas por transformación de minerales, son llevadas a capas inferiores, hacia acuíferos subterráneos y finalmente transportadas a los océanos.

La salinización de los suelos agrícolas como consecuencia de la práctica del riego constituye uno de los ejemplos más antiguos de contaminación del suelo. La tercera parte de las zonas de regadío mundiales se encuentran afectadas por contenidos salinos excesivos en la actualidad, y el problema

tiende a crecer, ya que la expansión de los regadíos lleva al uso de suelos marginales hasta ahora no utilizados y a una sobreexplotación de acuíferos subterráneos cada vez con mayor cantidad de sales solubles. La salinidad de un suelo puede tener principalmente tres orígenes diferentes. En primer lugar que se trate de un asentamiento salino de por sí, es decir, suelos formados sobre yacimientos salinos, antiguas cuencas marinas, rocas que liberen gran cantidad de sales solubles, etc. En segundo término que exista una capa freática alta y con elevado contenido en sales, que acumu-



**Generalmente se emplean sólo unos cuantos fertilizantes para la preparación de las soluciones nutritivas madre**

la en el suelo cada vez que crece su nivel. Y en tercer lugar que la salinidad sea debida a los aportes salinos del agua de riego empleada (o a un aporte incontrolado de fertilizantes); esta última forma es la más grave y sobre ella podemos ejercer acciones de control.

Como norma general, los abonos sólidos empleados en fertirrigación son sales altamente disociables, es decir, en disolución se separan en sus correspondientes partes catiónica y aniónica (lo que ya sucede en los abonos líquidos) generando un incremento específico de la CE (ver Horticultura nº 128); ésto conlleva a un aumento de la pre-

sión osmótica de la disolución disponible en el entorno radical, lo que dificulta la absorción hídrica por parte de la planta. En multitud de libros se recogen tablas de sensibilidades, tolerancias y resistencias de diversos cultivos a la salinidad en función de la CE, en este parámetro no sólo hay que considerar la CE del agua de riego, sino que hay que añadir el incremento sufrido en la misma al adicionar los fertilizantes.

De una manera muy genérica, ya que depende de numerosos factores (especie y estado fenológico, técnica de riego, sistema de cultivo, calidad del agua de riego, tipo de suelo/sustrato, condiciones climáticas, etc.) se puede considerar como idónea una CE total de 2-3 mS/cm, con un máximo de incremento de CE debido al abonado de 1 mS/cm.

## Curvas de CE de los principales abonos para fertirrigación

En las figuras 1 a 14 se muestran las curvas de CE correspondientes a los 12 fertilizantes sólidos más empleados en

fertirrigación, más las correspondientes a los dos fertilizantes líquidos de uso más difundido (sin considerar los ácidos minerales nítrico, fosfórico y sulfúrico). Estos valores de CE han sido determinados en laboratorio utilizando agua pura desionizada y concentraciones de abonos que abarcan los rangos reales empleados en fertirrigación, es decir, cantidades muy bajas de fertilizante en agua, las cuales han sido establecidas mediante balanza

**Cuadro 1:**  
**Equivalencias entre los distintos fertilizantes empleados en fertirrigación respecto a sus aportes de elementos nutritivos principales N-P-K**

Equivalencias en cuanto al aporte de nitrógeno (g del fertilizante)										
Abonos 1 g de:	Nitrato cálcico	Nitrato magnesio	Sulfato amónico	Nitrato amónico	Urea cristalina	Fosfato monoam.	Nitrato potásico	Solución N-32	Solución N-20	Ac. nítrico 59%
Nitrato cálcico	1	1.41	0.74	0.46	0.34	1.29	1.19	0.48	0.78	1.18
Nitrato magnesio	0.71	1	0.52	0.33	0.24	0.92	0.85	0.34	0.55	0.84
Sulfato amónico	1.35	1.91	1	0.63	0.46	1.75	1.62	0.66	1.05	1.60
Nitrato amónico	2.16	3.05	1.60	1	0.73	2.79	2.58	1.05	1.68	2.56
Urea cristalina	2.97	4.18	2.19	1.37	1	3.83	3.54	1.44	2.30	3.51
Fosfato monoam.	0.77	1.09	0.57	0.36	0.26	1	0.92	0.38	0.60	0.92
Nitrato potásico	0.84	1.18	0.62	0.39	0.28	1.08	1	0.41	0.65	0.99
Solución N-32	2.06	2.91	1.52	0.96	0.70	2.67	2.46	1	1.60	2.44
Solución N-20	1.29	1.82	0.95	0.60	0.43	1.67	1.54	0.63	1	1.53
Ac. nítrico 59%	0.85	1.19	0.62	0.39	0.28	1.09	1.01	0.41	0.66	1
Equivalencias en cuanto al aporte de fósforo (g del fertilizante)										
Abonos 1 g de:	Fosfato monoamónico	Fosfato biamónico	Fosfato de urea	Fosfato monopotásico	Acido fosfórico 75%					
Fosfato monoamónico	1	1.13	1.36	1.18	1.11					
Fosfato biamónico	0.88	1	1.20	1.04	0.98					
Fosfato de urea	0.73	0.83	1	0.86	0.81					
Fosfato monopotásico	0.85	0.96	1.16	1	0.94					
Acido fosfórico 75%	0.90	1.02	1.23	1.06	1					
Equivalencias en cuanto al aporte de potasio (g de fertilizante)										
Abonos 1 g de:	Cloruro de potasio	Sulfato de potasio	Nitrato potásico	Fosfato monopotásico	Solución ácida de potasio (0-0-10)					
Cloruro de potasio	1	1.15	1.30	1.76	6.00					
Sulfato de potasio	0.87	1	1.13	1.53	5.20					
Nitrato potásico	0.77	0.88	1	1.35	4.60					
Fosfato monopotásico	0.57	0.65	0.74	1	3.40					
Solución ácida de potasio (0-0-10)	0.17	0.19	0.22	0.29	1					

analítica de 0.0001 g de precisión. El hecho de determinar estas curvas en agua pura en lugar de utilizar aguas de riego, obedece a que no existen patrones establecidos para las mismas, es decir, cada agua de riego presenta una composición distinta que interfiere, en mayor o menor medida, en los incrementos de CE ocasionados por la adición de fertilizantes.

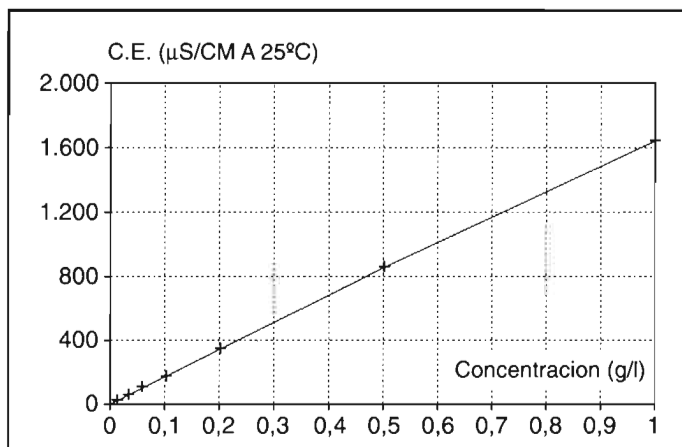
nados por la adición de fertilizantes.

Los valores de CE presentados en las curvas no pueden ser trasladados directamente como aumentos de CE previstos en un agua de riego determinada, ya que éstos dependen directamente de factores intrínsecos del agua de riego, principalmente de su fuerza iónica y del tipo

de iones presentes. En cualquier caso, estas curvas sí pueden emplearse de modo orientativo o aproximado y sirven para comparar los niveles de salinidad inducidos por cada fertilizante estudiado.

Para poder establecer este tipo de comparaciones, resulta interesante tener en cuenta las equivalencias nutritivas de

**Figura 1:**  
**Nitrato amónico 33.5% (16.75% N amoniacal y 16.75% N nítrico)**



C.E.+	0	18,1	45,1	89,5	178,6	347	850	1.614	3.193
g/l	0	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2

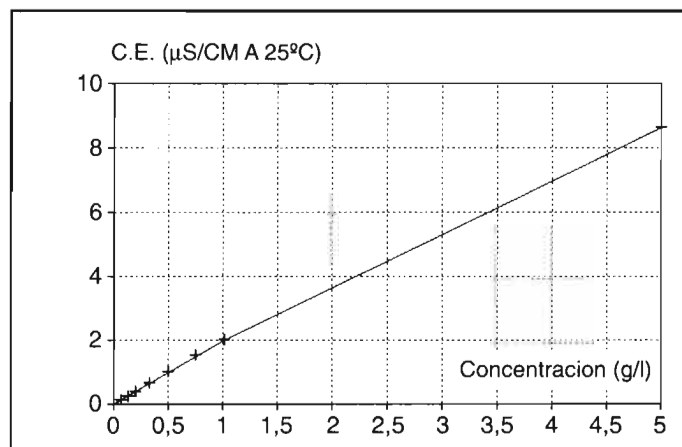
cada uno de los fertilizantes referidos, las cuales quedan recogidas en el cuadro 1. Por ejemplo, una misma cantidad de nitrato amónico proporciona más del doble de nitrógeno que el nitrato cálcico. Cuando se persigue la dosificación exclusiva de este nutriente y los incrementos de CE pueden ser limitantes del cultivo, es preciso tener claro las cantidades relativas de cada abono necesarias para cubrir los requerimientos nutritivos de la plantación.

**Particularidades de empleo de cada fertilizante**

● Nitrato amónico 33.5% N (figura 1): es el conocido 33.5, quizá el abono

sólido más empleado en fertirrigación, con la mitad de su nitrógeno en forma nítrica y la otra mitad en forma amoniacal. Sin embargo en hidroponía su utilización se reduce al empleo de dosis muy pequeñas. Esto es debido a la fitotoxicidad del ion amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Esta forma nitrogenada es directamente asimilable por la planta y, en la zona del sures-te español, por encima de 0.5 mM en la solución nutritiva ya puede presentar problemas de toxicidad, por ello en cultivo hidropónico sólo se utiliza nitrato amónico en situaciones de gran demanda de nitrógeno. Sin embargo, para el cultivo en suelo es un fertilizante cuyo

**Figura 2:**  
**Urea 46% N total amídico**

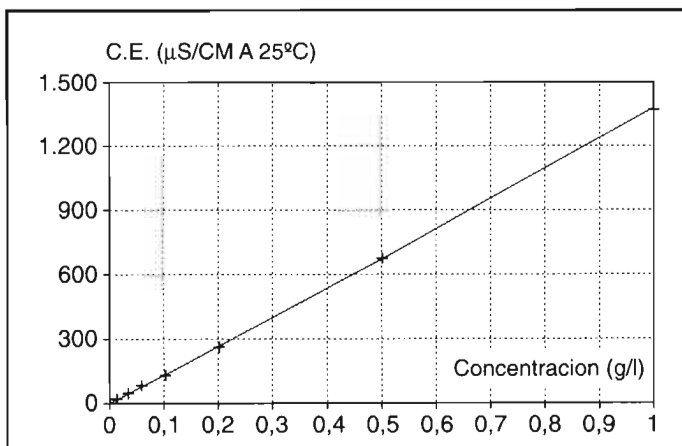


C.E.+	0	0,08	0,17	0,28	0,48	1,07	1,57	2,01	8,56
g/l	0	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	0,75	1	5

empleo ofrece muchas ventajas, es acidificante, de gran riqueza y la forma amónica es retenida por los coloides del suelo (minimizando las pérdidas por lavado del perfil) y es absorbida por la planta a medida que se transforma en ion nitrato mediante el proceso de nitrificación realizado por bacterias nitrificantes. La CE de una solución de nitrato amónico de 0.5 g/l en agua pura es de 850 µS/cm, es decir, provoca aumentos de CE elevados.

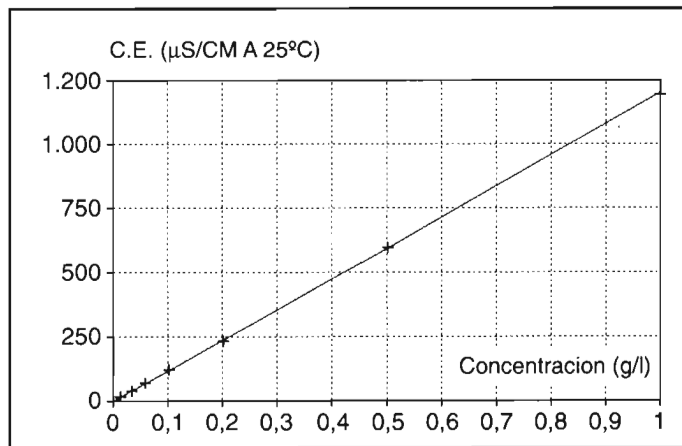
● Urea 46% N (figura 2): es el fertilizante nitrogenado de mayor riqueza, con un 46% de nitrógeno en forma amídica, que debe pasar a ion nitrato para ser ab-

**Figura 3:**  
**Nitrato potásico 13% N nítrico; 46% K<sub>2</sub>O**



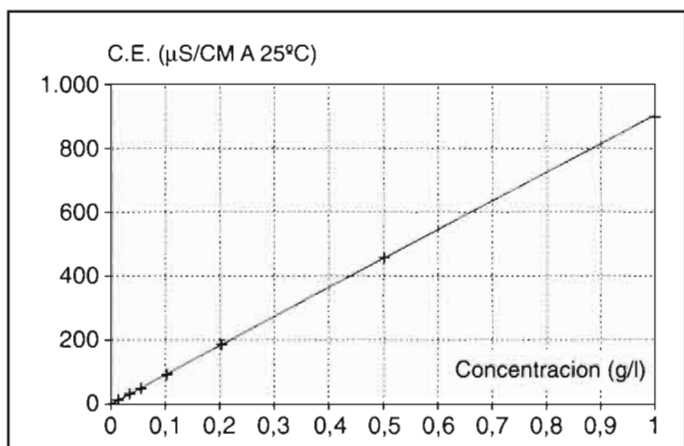
C.E.+	0	14,7	36,5	72,5	144,3	284	693	1.364	2.667
g/l	0	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2

**Figura 4:**  
**Nitrato cálcico 15.5% N (14.4% N nítrico); 27% CaO (19% Ca soluble)**



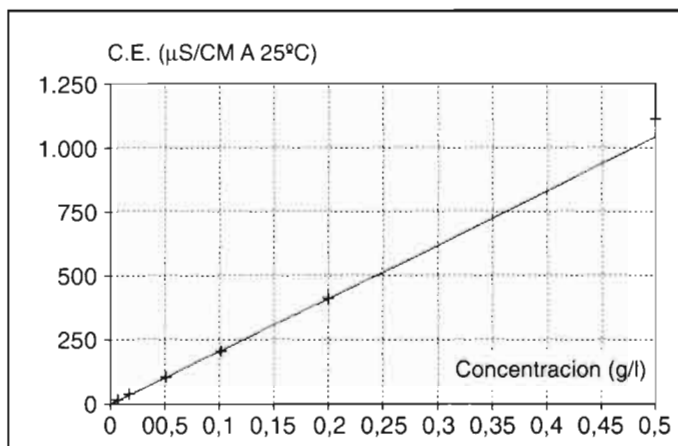
C.E.+	0	13,2	32,9	65,3	129,8	253	605	1.177	2.197
g/l	0	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2

**Figura 5:**  
Nitrato de magnesio 11% N nítrico;  
15.7% MgO



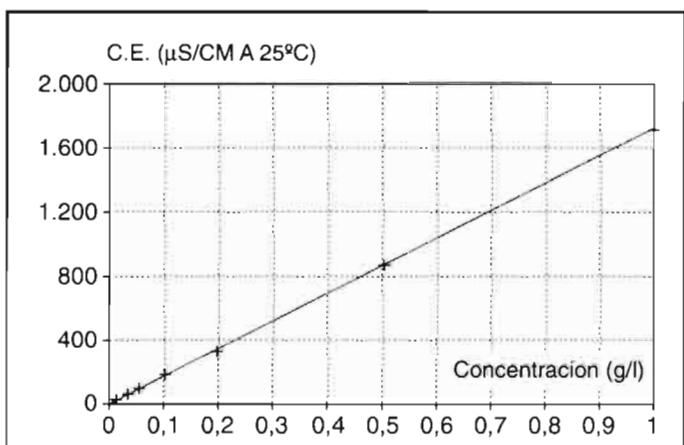
C.E.+	0	10,7	25,2	48,8	96,1	187,3	448	875	1.665	3.768
g/l	0	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	4

**Figura 6:**  
Sulfato amónico 21% N amoniacal;  
58% SO<sub>3</sub>



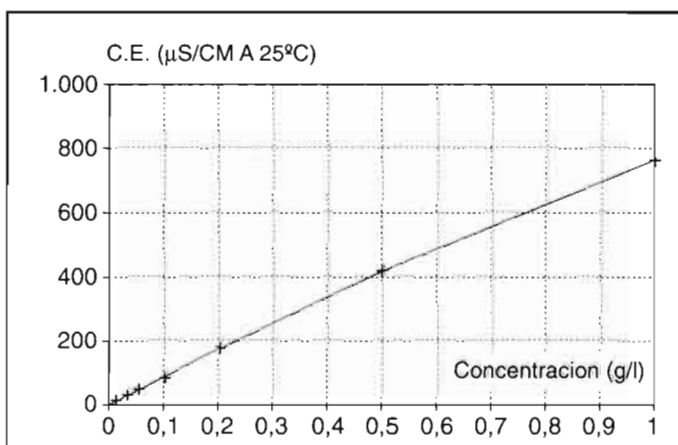
C.E.+	0	24,4	46,4	114,7	221	427	1.033	3.594
g/l	0	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	2

**Figura 7:**  
Sulfato de potasio 50-52% K<sub>2</sub>O;  
46.5-47.5% SO<sub>3</sub>



C.E.+	0	19,1	47,5	94,7	188,4	370	880	1.694	3.082
g/l	0	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2

**Figura 8:**  
Sulfato de magnesio 16% MgO;  
31.7% SO<sub>3</sub>



C.E.+	0	11,1	27,3	51,9	99,2	187,4	410	753	1.338
g/l	0	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2

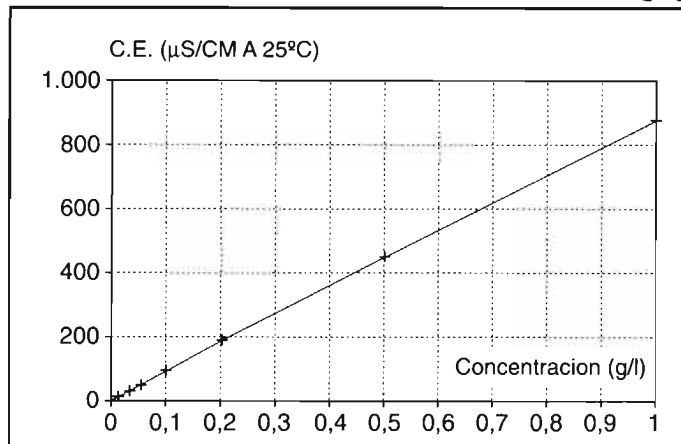
sorbido por el cultivo. No se emplea en cultivo hidropónico, pero sí es muy utilizada en fertirrigación de cultivos en suelo, donde se transforma en la forma nítrica tras un paso intermedio por la forma amoniacal. Estas transformaciones son dependientes de múltiples factores tales como humedad, temperatura, tipo de suelo, contenido en materia orgánica, etc., lo que origina no tener totalmente controlado su grado de aprovechamiento en la nutrición del cultivo. Durante su proceso de fabricación puede quedar contaminada por un compuesto fitotóxico denominado biuret. Este, como norma general, debe

ser inferior al 0.3% para su empleo en fertirrigación. Desde el punto de vista de la CE, constituye una muy ventajosa excepción, al ser una forma orgánica no disociada en disolución, no provoca aumento alguno de la CE al adicionarla al agua de riego.

● Nitrato potásico 13-46-0 (figura 3): constituye la fuente potásica más utilizada en fertirrigación. Frecuentemente se cubren las necesidades de potasio con el uso exclusivo de este fertilizante. Una disolución de 0.5 g/l en agua pura presenta una CE de 693 µS/cm, es decir, muestra incrementos de CE relativamente elevados.

● Nitrato cálcico 15.5% N y 27% CaO (figura 4): es un fertilizante muy empleado en fertirrigación. El suministro de cantidades de calcio adicionales a las presentes en el agua de riego resulta a veces beneficioso ante excesos relativos de sodio (para prevenir la degradación de la estructura del suelo) y de magnesio o para prevenir fisiopatías ocasionadas por deficiencia cálcica tales como el blossom end rot (podredumbre apical) de tomates, pimientos y melones, el tipburn de lechugas o el bitter pit de manzanas. Una pequeña parte de su nitrógeno (alrededor del 1%) está en forma amoniacal, y puede

**Figura 9:**  
**Fosfato monoamónico 12% N amoniacal;**  
**60% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**



C.E.+	0	9,7	24,1	47,9	95,5	189,7	455	889	1.722
g/l	0	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2

ser suficiente para cubrir las exigencias de esta forma nitrogenada en situaciones de gran demanda en cultivo hidropónico. El mayor inconveniente de este fertilizante es su precio. Una disolución de 0.5 g/l presenta una CE de 605 µS/cm, muestra niveles medios de incremento de CE.

- Nitrato de magnesio 11% N y 15.7% MgO (figura 5): abono empleado sólo ante situaciones de potencial carencia de magnesio; su empleo no está muy difundido. Una disolución de 0.5 g/l presenta una CE de 448 µS/cm, es decir, muestra incrementos de CE bajos.

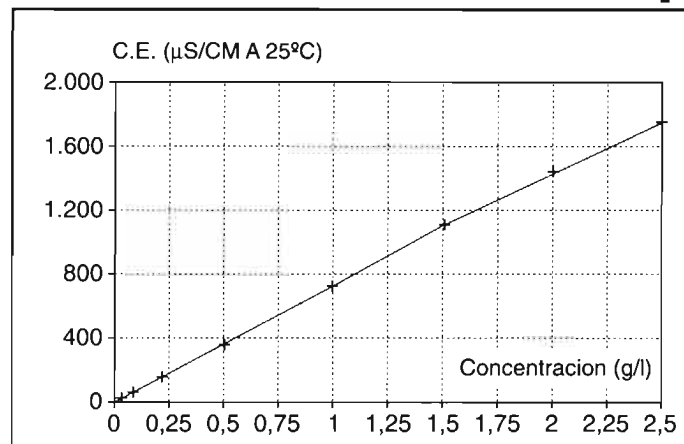
- Sulfato amónico 21%N y 58% SO<sub>3</sub> (figura 6): abono empleado en situaciones de potencial carencia de azufre, es acidificante y su uso en hidroponía está muy limitado por lo anteriormente referido respecto al ion amonio. Una disolu-

ción de 0.5 g/l presenta una CE de 1033 µS/cm, es decir, provoca aumentos de CE extremadamente altos (además de mostrar una riqueza nitrogenada no muy elevada), por lo que su empleo con aguas de riego salinas es poco aconsejable, sobre todo si son ricas en sulfatos.

- Sulfato potásico 50-52% K<sub>2</sub>O y 46.5-47.5% SO<sub>3</sub> (figura 7): es el segundo abono potásico más ampliamente utilizado. Su empleo viene motivado principalmente por situaciones de carencia potencial de azufre o por necesidades de abonado potásico sin incrementos en el aporte de nitrógeno. Una disolución de 0.5 g/l muestra una CE de 880 µS/cm, por lo que provoca aumentos de CE altos, limitando su empleo en aguas de alta salinidad, sobre todo si en ellas predomina el ion sulfato.

- Sulfato de magnesio 16% MgO y

**Figura 10:**  
**Fosfato monopotásico 51% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;**  
**34% K<sub>2</sub>O**



C.E.+	0	39,9	79,3	157,8	375	746	1.099	1.453	1.793	3.370
g/l	0	0,05	0,1	0,2	0,5	1	1,5	2	2,5	5

31.7% SO<sub>3</sub> (figura 8): es generalmente la fuente de magnesio empleada en fertirrigación ante situaciones potenciales de carencia magnésica, ya que se aporta el magnesio adicional necesario sin modificar el equilibrio NPK. Una disolución de 0.5 g/l tiene una CE de 410 µS/cm; es un abono que provoca incrementos de CE bajos.

- Fosfato monoamónico 12% N y 60% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (figura 9): es el abono fosfatado sólido más empleado en fertirrigación. En cultivo hidropónico su uso está limitado ya que la totalidad de su nitrógeno está en forma amoniacal, en suelo. Su empleo está siendo cada vez más desplazado por las múltiples ventajas que supone la utilización de ácido fosfórico como fuente de fósforo. Una disolución de 0.5 g/l muestra una CE en agua pura de 455 µS/cm, es decir, provoca incrementos bajos de CE.

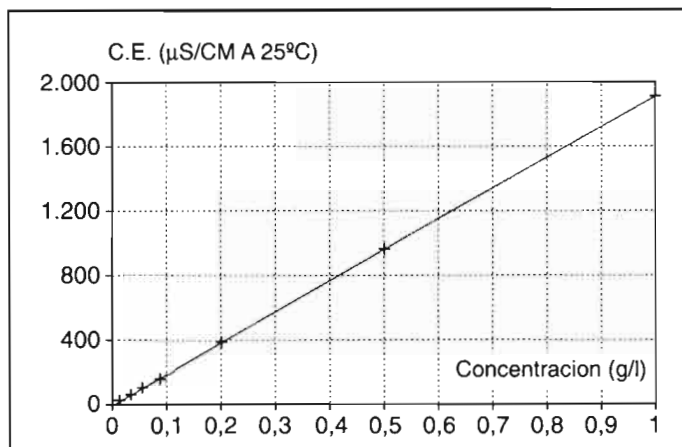
- Fosfato monopotásico 51% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 34% K<sub>2</sub>O (figura 10): se trata de un abono de excelentes cualidades físico-químicas y nutricionales, pero con un precio muy elevado. En hidroponía puede ser empleado con aguas muy buenas, con escasa presencia de bicarbonatos (donde el empleo de ácido fosfórico hace caer el pH hasta valores extremadamente bajos). Una disolución de 0.5 g/l presenta una CE de sólo 375 µS/cm. Es un fertilizante que provoca aumentos de CE muy bajos.

- Cloruro potásico 60% K<sub>2</sub>O (figura 11): fertilizante de gran riqueza en po-



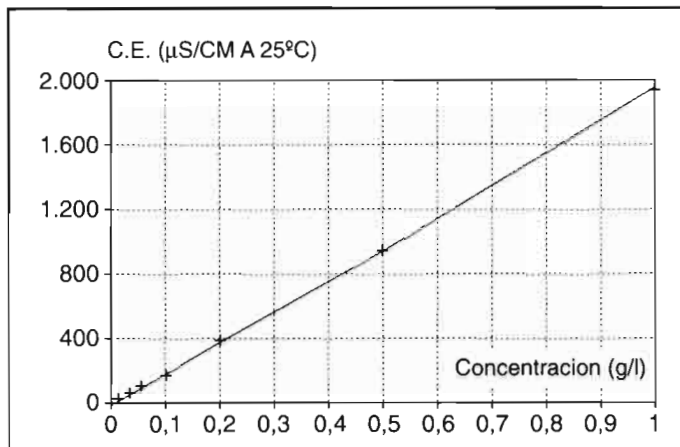
Medida en laboratorio del incremento de CE tras la adición de fertilizantes al agua de riego

**Figura 11:**  
**Cloruro potásico fertilizante 60% K<sub>2</sub>O**



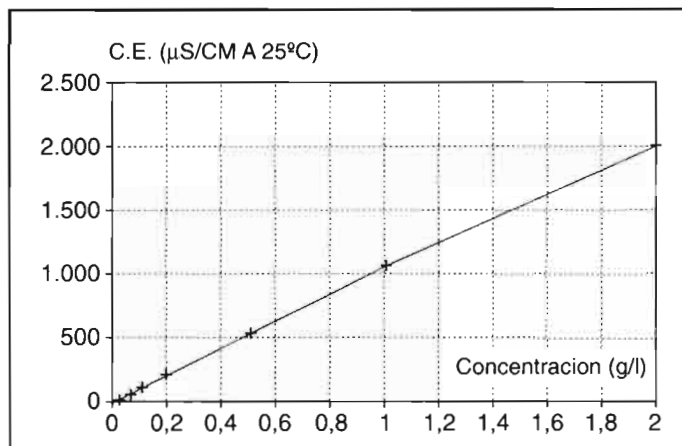
C.E.+	0	20	50,1	99,1	193,9	390	948	1.880	3.625	8.558
g/l	0	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5

**Figura 12:**  
**Cloruro sódico 100% (sal común)**



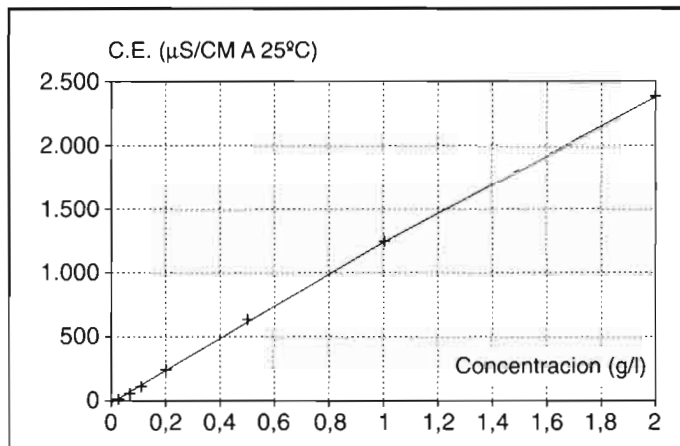
C.E.+	0	110,4	214	411	1003	1.937	3.674	8.732
g/l	0	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5

**Figura 13:**  
**Solución nitrogenada N-32; 16% N ureico, 8% N nítrico, 8% N amoniacal**



C.E.+	0	12,5	27,6	55,1	110,4	214	528	1.051	2.006	4.854
g/l	0	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5

**Figura 14:**  
**Solución nitrogenada N-20; 10% N nítrico, 10% N amoniacal**



C.E.+	0	13,3	33,1	65,3	131,5	254	627	1.241	2.377	5.687
g/l	0	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5

tasio, pero con el inconveniente de aportar gran cantidad de cloruro, con lo que su uso queda restringido a aguas de buena calidad, con niveles de cloruros nulos o muy bajos. Una disolución de 0.5 g/l muestra una CE de 948 μS/cm, provoca incrementos de CE muy altos.

● Cloruro sódico (figura 12): es la conocida sal de mesa o sal común. Se utiliza en situaciones concretas de agua de muy baja CE en cultivos como tomate, que requieren CE relativamente altas para favorecer procesos de maduración, firmeza de la fruta y, sobre todo, elevación de su contenido en azúcares. La CE de una disolución de 0.5 g/l de cloruro sódico en agua pura es de 1003 μS/cm, es decir, se trata de un producto ba-

rato que genera incrementos de CE muy elevados, lo pretendido con su empleo.

● Solución nitrogenada N-32 (figura 13): la utilización de abonos líquidos está ampliamente difundida en las técnicas de fertirrigación, debido a la comodidad de manejo que presentan. A pesar de que en la actualidad es perfectamente factible cargar una solución concentrada a la carta, con el equilibrio nutritivo deseado, existen dos soluciones líquidas nitrogenadas de amplio uso. Una de ellas es la conocida N-32, con un 32% de nitrógeno, la mitad del mismo en forma ureica y la otra mitad a partes iguales de forma nítrica y amoniacal (se trata de una mezcla con nitrógeno procedente a partes iguales de urea y nitrato amónico). Presenta

las mismas características de empleo referidas para la urea y el nitrato amónico; su utilización en hidroponía es muy restringido. Una solución de 0.5 ml/l muestra una CE de 528 μS/cm, debida casi exclusivamente al porcentaje de nitrato amónico (equivalente al 16% N) que contiene.

● Solución nitrogenada N-20 (figura 14): es la otra solución líquida fertilizante de uso más difundido, se trata de una solución de nitrato amónico equivalente al 20% de nitrógeno (la mitad en forma nítrica y la otra mitad en forma amoniacal), por lo que muestra sus mismas características de empleo. Una solución de 0.5 ml/l presenta una CE de 627 μS/cm.