



HOJA
DIVULGADORA

ABONADO SOSTENIBLE DEL TOMATE.

Real Decreto sobre nutrición sostenible de los suelos
agrarios (R.D. 1051/2022 de 27 de diciembre)

ABONADO SOSTENIBLE DEL TOMATE.
**Real Decreto sobre nutrición sostenible de los
suelos agrarios (R.D. 1051/2022 de 27 de
diciembre)**

Autores:

Belarmino Santos Coello

*Agente de Extensión Agraria.
Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural.
Cabildo Insular de Tenerife.*

Domingo J. Ríos Mesa

*Agente Superior
Unidad de Experimentación y Asistencia Técnica Agraria.
Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural.
Cabildo Insular de Tenerife*

Edita: Cabildo Insular de Tenerife. Consejería Insular de Industria, Comercio, Sector Primario y Bienestar Animal. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural.

Esta publicación es gratuita. Se permite su reproducción nombrando a sus autores.

INTRODUCCIÓN

En esta publicación vamos a intentar realizar los cálculos necesarios en la fertirrigación del tomate teniendo en cuenta la nueva legislación sobre nutrición sostenible de los suelos agrarios (R.D. 1051/2022 de 27 de diciembre). Esta legislación fija como debe realizarse el cálculo de los aportes totales de nitrógeno, fósforo y potasio teniendo en cuenta las cantidades aportadas por la materia orgánica añadida, los contenidos en nutrientes del agua de riego y los datos del suelo.

En esta hoja divulgativa vamos a intentar responder a tres preguntas:

- ¿Cuánto abonar?
- ¿Cuándo abonar?
- ¿Qué fertilizantes puedo usar en fertirrigación?

Finalizaremos con un ejemplo práctico para una finca tipo en fertirrigación con condiciones medias.



¿CÚANTO ABONAR?

Se puede calcular una aproximación a las cantidades de abono necesarias a partir de las cantidades de nutrientes que se sacan del sistema (extracciones del cultivo) y de la cosecha esperada. La normativa (RD 1051/2022) obliga a que los aportes de nitrógeno, fósforo y potasio se tengan que referir a las extracciones y a la cosecha esperada, no pudiendo superar un 20% esas cantidades en el caso del nitrógeno y del 30% en el del fósforo (en 5 años consecutivos) y del 20% en el potasio (en 5 años consecutivos).

Los datos de las extracciones se encuentran en la bibliografía, aunque no suelen ser datos únicos sino intervalos. En el caso del tomate, los valores pueden variar ligeramente en función del tipo varietal que se plante y de las condiciones de cultivo. En la tabla 1 se presentan los valores de extracciones de los macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, obtenidos de varias fuentes. Los datos se presentan como kg de nutriente extraídos por cada tonelada de cosecha.

Tabla 1: Extracciones de tomate en kilogramos de nutriente por tonelada de fruta recolectada (Rincón, 2003; Peet, 2005; MARM, 2010; Segura y Contreras, 2014)

Nutriente	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)
kg/t	2,2 a 3,1	0,7 a 1,3	3,1 a 4,9	1,8 a 3,2	0,6 a 1,9

Estos intervalos, sin embargo, nos pueden servir para ajustar las cantidades finales en función de los contenidos de nutrientes del suelo, como serían el fósforo, potasio, calcio y nitrógeno. Los suelos donde se cultivan hortalizas de Tenerife se podrían caracterizar normalmente por:

- Valores altos de fósforo, con más de 150 ppm en muchos casos.
- Valores altos de potasio, teniendo la inmensa mayoría de los suelos cultivados más del 12% de la capacidad de intercambio catiónico (CIC).
- Valores a altos de magnesio, con más del 20% de la CIC en muchos casos.
- Contenidos en calcio por debajo de lo recomendable, estando los valores por debajo del 50% de la CIC en la mayoría de los suelos.
- En el caso del nitrógeno, no se han hecho campañas de muestreo y tampoco se ha ajustado los contenidos recomendables para nuestros suelos.

Los condicionantes anteriores nos permitirían poder irnos a las partes bajas de los intervalos de fósforo y potasio, magnesio y las altas de calcio.

Por último, hay una serie de pérdidas inevitables de nutrientes que dependerán del tipo de suelo y del sistema de riego. Se podría estimar en una pérdida mínima de un 10% para riego por goteo bien diseñado y mantenido.

Como propuesta de necesidades de nutrientes por cosecha teniendo en cuenta todo lo anterior, vamos a usar valores en el rango alto de los intervalos para el calcio, en el medio para el nitrógeno y potasio y en el bajo para el fósforo y magnesio. Estos valores se presentan en la tabla 2.

Tabla 2: Propuesta de extracciones de tomate (kilogramos por tonelada) para las condiciones más normales de suelos cultivados de Tenerife.

Nutriente	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)
kg/t	2,9	0,8	4,7	2,2	0,6

Estas cantidades tendrán que ser ajustadas en función de:

- Las analíticas foliares del cultivo que además ayudarán para para ajustar también las relaciones entre nutrientes.
- La evolución de los valores analíticos del suelo.
- Las cosechas realmente obtenidas.

Con los valores de la tabla 2 y estimando la cosecha que se espera obtener, tendríamos la cantidad de nutrientes a aportar. En el ejemplo 1 se realiza el cálculo para una producción esperada.

Ejemplo 1: Con los valores de extracciones de la tabla 2 y para una cosecha prevista de tomates de 7,5 kg/planta y una densidad de plantación de 2 plantas/m², calcular los aportes a tener en cuenta de los principales macronutrientes.

Primero calculamos la producción esperada: 7,5 kg/planta x 2 plantas/m² = 15 kg/m² = 150 t/ha.

Si multiplicamos las extracciones en kg/t por la cosecha en t/ha, sacaríamos los aportes en kg/ha:

Para el N: 2,9 kg/t x 150 t/ha = 435 kg/ha.

Para el resto de macronutrientes, el cálculo sería el mismo:

Aportes totales de nutrientes para una cosecha prevista de 150 t/ha					
Nutriente	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)
kg/ha	435	120	705	330	90

Estas serían las necesidades totales de nutrientes a aportar para compensar las extracciones de la cosecha de tomate y NO las cantidades de abonos minerales a aportar.

Por otra parte, el tomate es un cultivo relativamente tolerante a la salinidad: a partir de una conductividad eléctrica (CE) de 2,50 dS/m en el suelo (que correspondería a estar regando de forma continuada con un agua de 1,70 dS/m), la productividad puede comenzar a bajar, siendo recomendable no sobrepasar 4,0 dS/m en el suelo y 2,5 dS/m en el agua. Los abonos solubles suben la salinidad del agua con la que se regarán los tomates y si se aplican de forma excesiva, terminarán por subir también la del suelo.

Se puede estimar el aumento de salinidad del agua por los abonos, dividiendo la cantidad total de abono entre 0,85:

$$\text{Aumento CE} = \text{Cantidad total abono} / 0,85;$$

$$\Delta\text{CE} = \frac{\text{cantidad total abono}}{0,85}$$

Las aguas de riego utilizadas en tomate varían bastante en calidad. No es recomendable sobrepasar una cantidad total de abono superior a 1,0 gramo de abono/litro de agua (equivalente a subir la CE del agua por los abonos en 1,2 dS/m), siendo recomendable estar entre 0,6 y 0,8 g/L (subidas de 0,7 - 0,9 dS/m). Por otra parte, hay un efecto de la salinidad sobre:

- El desarrollo de la planta. En algunas condiciones, se usa la CE para disminuir el crecimiento de la planta. Esto suele ser frecuente en invernaderos con cubiertas sucias. Puede ser más conveniente en estos casos la limpieza de la malla o plástico, ya que se sube la CE a costa de aumentar los aportes de fertilizantes (mayores costes, probabilidad de contaminación de acuíferos, salinización del suelo y otros problemas a medio plazo).
- El calibre de la fruta. Para un cultivar determinado, a mayor CE, menor calibre.
- La calidad: A mayor CE, para un cultivar determinado, mayor dureza de la fruta, mayor valor de sólidos solubles disueltos (grados brix) y en algunos casos, mejor color.

Cuando se preve condiciones de alta demanda evaporativa (baja humedad relativa y alta temperatura) y para evitar problemas de problemas de necrosis apical, achaque o "BER" (fig. 1) no es recomendable ir a CE altas, sería recomendable bajar los aportes de fertilizantes a unos 0,4 g/L. (un aumento máximo de CE de 0,5 dS/m). Estas concentraciones también serían las recomendables en ciclos de verano, donde las dosis de riego suelen ser más altas.



Figura 1: Sintomatología de necrosis apical

Otra precaución en condiciones favorables para necrosis apical es bajar los aportes de nitrógeno amoniacal al mínimo posible ya que este ion interfiere en la absorción de calcio, así como bajar las cantidades de potasio y magnesio, que también interfieren (este fenómeno se llama antagonismo).

Una vez cuantificados estos datos, habría que tener en cuentas las posibles entradas de nutrientes al cultivo antes de determinar las cantidades de abono en fertirrigación.

Agua de riego:

Las aguas de riego, en especial las de galería, tienen un aporte importante de magnesio y en menor medida de potasio y de calcio. En aguas regeneradas también es normal encontrar concentraciones apreciables de nitrógeno y de fósforo. Por ello, es importante disponer de un análisis del agua de riego que vamos a usar en fertirrigación para ajustar la nutrición, así como conocer los aportes de agua aplicados. El tomate tiene un ciclo largo por lo que hay vigilar posibles cambios significativos en los valores de nutrientes.

En la tabla 3 se presentan las equivalencias para de las unidades usadas en los análisis de agua a los nutrientes:

Tabla 3: Paso de unidades en análisis de agua.

Nutriente	Análisis de agua	Nutriente
Magnesio (Mg^{2+})	1 meq/L Mg^{2+} =	20,1 miligramos/litro (mg/L) MgO
Potasio (K^+)	1 meq/L K^+ =	47,1 mg/L K_2O
Calcio (Ca^{2+})	1 meq/L Ca^{2+} =	28,1 mg/L CaO
Amonio (NH_4^+)	1 meq/L NH_4^+ =	14,0 mg/L N
Nitrato (NO_3^-)	1 meq/L NO_3^- =	14,0 mg/L N
Fosfato (PO_4^{3-})	1 meq/L fosfato ≈	23,7 mg/L P_2O_5

En las condiciones normales en Tenerife, el aporte de magnesio del agua de riego suele ser mayor que las necesidades del cultivo. Con dotaciones de agua mayores o iguales a 500 litros/m², las necesidades totales de magnesio se podrían completar con concentraciones de magnesio en el agua superiores a 0,70 meq/L.

Ejemplo 2: Se espera que un cultivo de tomate en una finca determinada consuma 500 litros de agua de riego por metro cuadrado durante todo el cultivo. El análisis del agua señala que tiene 2,40, 0,32 y 0,46 meq/L de magnesio, potasio y calcio respectivamente. ¿Cuánto magnesio, potasio y calcio está aportando el agua de riego al cultivo en kg/ha?. ¿Qué porcentaje de los aportes del cultivo del ejemplo 1 se completarían?:

En primer lugar, calculamos la concentración de MgO

$2,4 \text{ meq/L Mg} = 2,4 \times 20,1 = 48,2 \text{ mg/L MgO} = 48,2 \text{ gramos/metro cúbico (g/m}^3\text{) MgO}$ (1 mg/L = 1 g/m³)

En segundo lugar, calculamos los aportes de MgO sabiendo la cantidad de agua que hemos aportado.

$500 \text{ L/m}^2 = 5000 \text{ m}^3/\text{ha}$ (1 litro/m² = 10 m³/ha)

$5000 \text{ m}^3/\text{ha} \times 48,2 \text{ g/m}^3 = 241000 \text{ g/ha} = \mathbf{241 \text{ kg /ha MgO}}$. Esto supone un 268% del magnesio necesario para la cosecha de 7,5 kg/planta

Realizamos el mismo proceso para el potasio y el calcio:

$0,32 \text{ meq/L K} = 0,32 \times 47,1 = 15,1 \text{ mg/L K}_2\text{O} = 15,1 \text{ (g/m}^3\text{)}$

$5000 \text{ m}^3/\text{ha} \times 15,1 \text{ g/m}^3 = 75500 \text{ g/ha} = \mathbf{76 \text{ kg/ha K}_2\text{O}}$; esto supone el 11% del potasio necesario

$0,46 \text{ meq/L Ca} = 0,9 \times 28,0 = 12,9 \text{ mg/L CaO} = 12,9 \text{ g/m}^3 \text{ CaO}$

$1500 \text{ m}^3/\text{ha} \times 25,2 \text{ g/m}^3 = 64400 \text{ g/ha} = \mathbf{64,4 \text{ kg/ha CaO}}$; esto supone el 19% del calcio necesario

Estiércoles y compost:

La aplicación de estiércoles y compost siempre supone que una parte se descompondrá terminando en nutrientes (mineralización). En función de la dosis y del tipo de material, los aportes de nutrientes pueden ser bastante importantes o incluso completar las necesidades. Hay grandes diferencias entre distintos materiales, como se observa en la tabla 4 donde se presentan seis materias orgánicas usadas en cultivos hortícolas en Tenerife.

Hay que tener en cuenta que no toda la cantidad total de nutrientes del estiércol o compost van a estar disponibles para la planta. Por otra parte, la pauta de liberación de los nutrientes varía en función del tipo de estiércol y de las condiciones de clima y el suelo. No se han hechos estudios sobre la liberación de los nutrientes (en especial del nitrógeno) en nuestras condiciones.



Figura 2: El estiércol o compost se puede aplicar a toda la superficie o solo a la zona que va a estar mojada por el goteo.

Tabla 4: Valores analíticos de varios compost y estiércoles utilizados en horticultura (datos propios obtenidos de análisis o de las etiquetas de productos comerciales).

Parámetro	tipo estiércol						
	1	2	3	4	5	6	
pH	4,6	7,0	9,3	8,3	8,9	6,0	
Humedad (%)	38	10	68	32	56	30	
Materia orgánica	% sobre materia seca (sms)	77	75	50	54	60	41
Nitrógeno total (N)		3,57	3,60	1,40	2,40	2,00	5,30
Fósforo (P ₂ O ₅)		1,98	3,00	0,31	1,01	1,40	1,95
Potasio (K ₂ O)		1,71	2,50	4,50	3,13	3,40	2,77
Calcio (CaO)		0,09	1,00	1,30	3,50	4,60	2,52
Magnesio (MgO)		0,23	1,00	0,59	1,21	1,10	0,95
Clase según Metales pesados*	A	A	A	A	A	B**	
Aporte de N en 1 kg/m ² ***	155	227	31	114	84	260	

1: compost comercial de una empresa de la zona sur de Tenerife

2: abono orgánico comercial comercializado en pellets

3: Estiércol de oveja húmedo.

4: Estiércol cabra seco.

5: Estiércol vaca lechera húmedo.

6: estiércol pollo con cama seco.

* RD 506/2013: Las clasificaciones (A, B y C) dependen de las cantidades de metales pesados, de menor a mayor concentración: A es la mejor clasificación, con menores contenidos de metales pesados.

** Pasa de clase A á B sólo por el cinc

*** Se tiene en cuenta para el cálculo el % de humedad y de N del estiércol y que se mineralizará un 70% del total.

Teniendo en cuenta la falta de datos experimentales en Canarias, la duración del ciclo del tomate y **para simplificar el cálculo**, en esta publicación se va a estimar que:

- Una aportación **anual** de estiércol bien hecho o compost va a liberar los nutrientes de forma constante durante todo el año, considerando que no van a haber diferencias grandes de temperatura del suelo en las distintas estaciones. Se va a considerar una mineralización del nitrógeno, fósforo, calcio y el magnesio será un 70%, mientras que en el caso del potasio se considerará un 100% de disponibilidad.
- En el caso de usar un estiércol de aves, se considerará que en 4 meses se ha mineralizado el 70% del nitrógeno, fósforo y calcio, así como el 100% del potasio.

En el ejemplo 3 se presentan los aportes de nutrientes de una cantidad determinada de un estiércol comercial pelletizado y la estimación de los aportes de nutrientes.

Ejemplo 3: Usando estiércol en pellet, con la analítica del producto nº2 de la tabla 4, a una dosis antes de la plantación de 1 kg/m² (500 gramos por planta para 2 plantas/m²) ¿cuánto nitrógeno, potasio, calcio y magnesio se añadirían en kilogramos por hectárea? ¿En cuánto podríamos estimar la liberación mensual de nutrientes?

Los porcentajes de nutrientes en los análisis se expresan sobre materia seca, por lo que tenemos que tener en cuenta la humedad del estiércol (este valor es bastante importante: para la misma cantidad aportada, cuánto más "seco" esté el estiércol, más nutrientes va a aportar)

10% de humedad corresponde a tener $100 - 10 = 90\%$ de materia seca:

$1 \text{ kg/m}^2 \text{ de material comercial} \times 90/100 = 0,9 \text{ kg/m}^2 \text{ de material comercial} = 9000 \text{ kg/ha}$

Con este dato calculamos las cantidades de cada nutriente con los porcentajes de cada uno de la tabla 2 y con las estimaciones de disponibilidad durante el cultivo:

Nitrógeno: $9000 \text{ kg} \times 3,6/100$ (% N del estiércol) $\times 70/100$ (porcentaje mineralización N) = **227 kg/ha de N**. Estaríamos aportando $227/12 = 19 \text{ kg/ha N}$ y mes.

Fósforo: $9000 \text{ kg} \times 3,0/100 \times 70/100 = \mathbf{189 \text{ kg/ha P}_2\text{O}_5} \approx 16 \text{ kg/ha P}_2\text{O}_5$ y mes

Potasio: $9000 \text{ kg} \times 2,5/100 \times 100/100 = \mathbf{225 \text{ kg/ha K}_2\text{O}} \approx 19 \text{ kg/ha K}_2\text{O}$ y mes

Calcio: $9000 \text{ kg} \times 1,0/100 \times 70/100 \times = \mathbf{63 \text{ kg/ha CaO}} \approx 5 \text{ kg/ha CaO}$ y mes

Magnesio: $9000 \text{ kg} \times 1,00/100 \times 70/100 = \mathbf{63 \text{ kg/ha MgO}} \approx 5 \text{ kg/ha MgO}$ y mes

Para un ciclo de 6 meses, ¿en cuánto se podría estimar los aportes de nutrientes de la materia orgánica usada?

Estamos aportando 19 kg/ha y mes $\times 6$ meses = 114 kg/ha de N (un 26% de las necesidades totales calculadas en el ejemplo 1). Haríamos la misma operación para el resto de nutrientes, obteniendo:

96 kg/ha de P_2O_5 (80% de las necesidades totales ejemplo 1)

114 kg/ha de K_2O (16% de las necesidades totales ejemplo 1)

30 kg/ha de CaO (10% de las necesidades totales ejemplo 1)

30 kg/ha de MgO (33% de las necesidades totales ejemplo 1)

Los estiércoles poco hechos y los procedentes de aves en general, liberan cantidades apreciables de nitrógeno amoniacal. Esta forma de nitrógeno puede provocar daños en fruta por necrosis apical y compite por la absorción de potasio, dando problemas de color y dureza en la fruta (fig. 3). Por lo tanto, en principio no sería recomendable el uso de esos materiales a dosis altas, sobre todo en condiciones de alta demanda evaporativa favorables para necrosis apical.



Figura 3: Sintomatología falta de potasio en fruta "Blotchy ripening". Esta sintomatología es similar a la causada por algunos virus (PepMV)

Teniendo en cuenta lo anterior, puede ser más conveniente el uso de estiércoles bastante hechos o compost que liberen el nitrógeno de forma relativamente constante.

En el caso de usar estiércoles de aves, se recomienda usar dosis relativamente bajas para evitar los problemas de calidad de fruta. Aplicando 500 g/m^2 del estiércol nº6 de la tabla 3 estaríamos aportando 130 kg/ha de nitrógeno amoniacal. Se podría contemplar la aplicación de forma escalonada a lo largo del cultivo.

La adición de materia orgánica de forma periódica al suelo ayuda a que tenga una buena estructura, una mejor retención de agua y una mejora en la actividad microbológica del suelo. Esto último es imprescindible para obtener buenas cosechas a medio y largo plazo

Reserva del suelo:

Ya vimos antes que hay que contemplar las cantidades de potasio, fósforo, calcio, magnesio y nitrógeno disponibles en el suelo a la hora de hacer los aportes. No hay indicadores claros para nuestras condiciones que relacionen las cantidades de nutrientes en los análisis de suelos con los aportes de nutrientes que habría que aplicar a los cultivos.

Una parte de la materia orgánica del suelo se va mineralizando, por lo que también hay un aporte de nutrientes. En el caso del nitrógeno, esta mineralización depende fundamentalmente de la aireación y la temperatura del suelo (en condiciones normales de pH), siendo estimada en función de la textura del suelo (arenoso, franco o arcilloso).

De forma muy general se puede estimar que por cada 1% de materia orgánica del suelo se mineralizan de forma anual 20 kg/ha de N en un suelo franco (25 kg/ha en suelos arenosos y 15 kg/ha en arcillosos). Si hacemos la misma asunción que con la aplicación de estiércoles y compost (liberación constante mensual) podríamos considerar 1,3 a 2,1 kg/ha y mes de N por cada 1% de materia orgánica que tenga el suelo. Para un suelo franco con un 3% de materia orgánica y para un ciclo de 5 meses, el aporte de nitrógeno sería 25 kg/ha. De nuevo, para poder aplicar una abonada en fertirrigación, o de cualquier tipo, es muy importante tener los resultados de un análisis reciente.

En su Agencia de Extensión Agraria le podemos asesorar cómo tomar las muestras para análisis de tierras, aguas, hojas y estiércol, recogerlas para su análisis y ayudarle en su interpretación.

Restos de cultivos anteriores incorporados:

La incorporación de restos de cultivos anteriores también debería tenerse en cuenta, ya que supone una entrada de nutrientes. En cultivos de invernadero, la cantidad de masa vegetal creada hace especialmente interesante el aporte al suelo de esos restos, usando técnicas que separen el material de entutorado de lo que se va a enterrar o usando materiales biodegradables. Sin embargo, en el caso de algunas plagas y enfermedades, el enterrado de los restos de cultivo puede no ser recomendable.

En la tabla 5 se presentan los datos de cantidad de restos y de los nutrientes que se aportarían al incorporar algunos cultivos frecuentes en invernadero (Datos obtenidos en Almería). Si se espera una menor cantidad de residuos, se reducirían de forma proporcional los aportes de nutrientes.

A los efectos de cálculo, podríamos considerar una pauta de mineralización similar a un estiércol poco hecho para simplificar donde quedarían disponibles un 70% del nitrógeno, fósforo y calcio y un 100% del potasio durante los 5 a 7 meses de cultivo.

Tabla 5: Cantidades de nutrientes en los residuos de cosecha de algunos cultivos hortícolas de Almería (Marín *et al.*, 2023)

Cultivo	Residuo cosecha	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)
	t/ha	kg/ha				
Tomate	37	82	41	113	177	92
Pimiento	37	171	19	260	128	77
Calabacín	45	80	29	149	181	50
Melón	33	46	18	118	101	33
Habichuela enrame	27	68	15	82	164	30

Ejemplo 4: Se pica e incorpora un cultivo de calabacín tras terminar la cosecha. Considerando los valores de la tabla 5 y para una pauta de mineralización del 70% del nitrógeno, fósforo y calcio y 100% del potasio. ¿Cuántos nutrientes disponibles quedarían para el cultivo siguiente? ¿Qué porcentaje de los aportes del cultivo del ejemplo 1 se completarían?:

Se incorporarían 80 kg/ha de N, de los que quedarían disponibles un 70%: $80 \times 70/100 = 56 \text{ kg N/ha}$, que serían el 13% del N que necesitaría la cosecha del ejemplo 1. Realizamos el mismo proceso para el resto de nutrientes:

$29 \text{ kg/ha P}_2\text{O}_5 \times 70/100 = 20 \text{ kg/ha P}_2\text{O}_5$; 17% del fósforo necesario para la cosecha

$149 \text{ kg/ha K}_2\text{O} \times 100/100 = 149 \text{ kg/ha K}_2\text{O}$; 22% del potasio necesario para la cosecha

$181 \text{ kg/ha CaO} \times 70/100 = 127 \text{ kg/ha CaO}$; el 38% del calcio necesario para la cosecha

$50 \text{ kg/ha MgO} \times 70/100 = 35 \text{ kg/ha MgO}$; 39% del magnesio necesario para la cosecha

Es muy recomendable tener una rotación de cultivos en las parcelas. Plantar "tomate sobre tomate" lleva a que el control de plagas como *Tuta absoluta* sea prácticamente imposible, a la aparición de enfermedades foliares y de suelo y a una cierta degradación del suelo, lo que lleva a una pérdida de producción

¿CUÁNTO ABONAR?

Una de las ventajas principales de la fertirrigación es que permite suministrar los nutrientes en los momentos en los que la planta los necesita. Esto es especialmente importante en cultivos de ciclo largo como el tomate.

Existen bastantes estudios donde se observa la absorción de nutrientes durante el ciclo de cultivo del tomate. En la figura 4 se presenta dos ejemplos experimentales donde se observan los patrones de absorción de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio: en un cultivo de tomate en ciclo corto de verano (junio – septiembre) (izquierda) y en un cultivo de otoño en ciclo largo (trasplante a principios de octubre y 220 días de ciclo) (derecha).

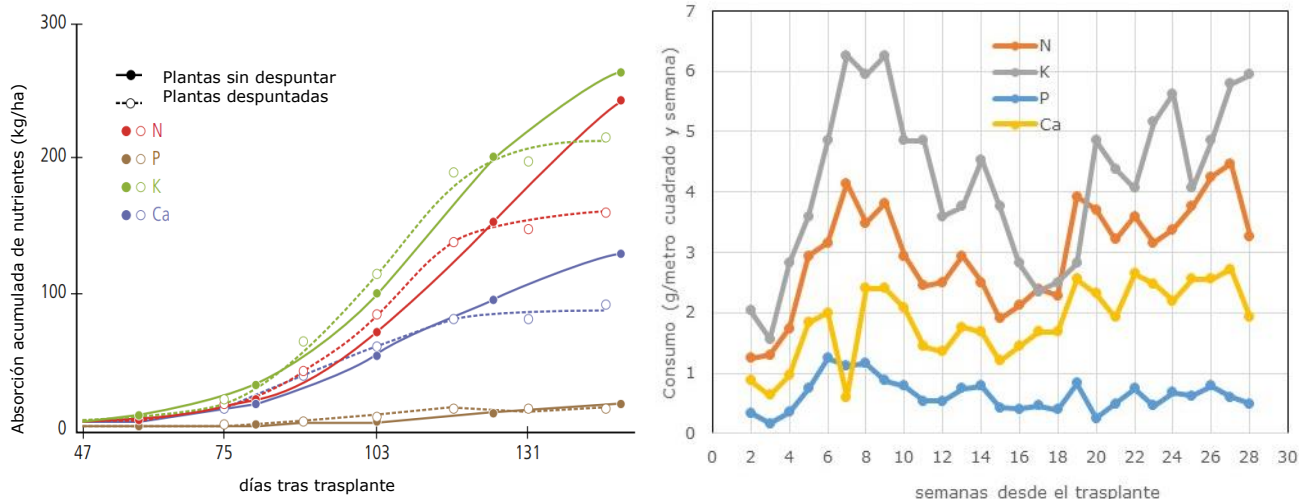


Figura 4: Pautas de absorción de nutrientes en tomate. Izquierda: datos acumulados ciclo corto de verano (adaptado de Tanaka *et al.*, 1974). Derecha: datos semanales ciclo largo de invierno (adaptado de Pérez *et al.*, 2008).

Se tiene que considerar, entre otros factores:

- La absorción máxima del nitrógeno y del potasio están relacionados con la cantidad de luz que llega al cultivo. De ahí la subida de absorción en ciclo de invierno a partir de la semana 20 (Fig. 4 derecha), cuando comienza a aumentar la radiación con la primavera
- La absorción de potasio está muy relacionada con el cuaje de los racimos.
- Una vez realizado el despunte, el consumo de nutrientes se desacelera (Fig. 4 izquierda).

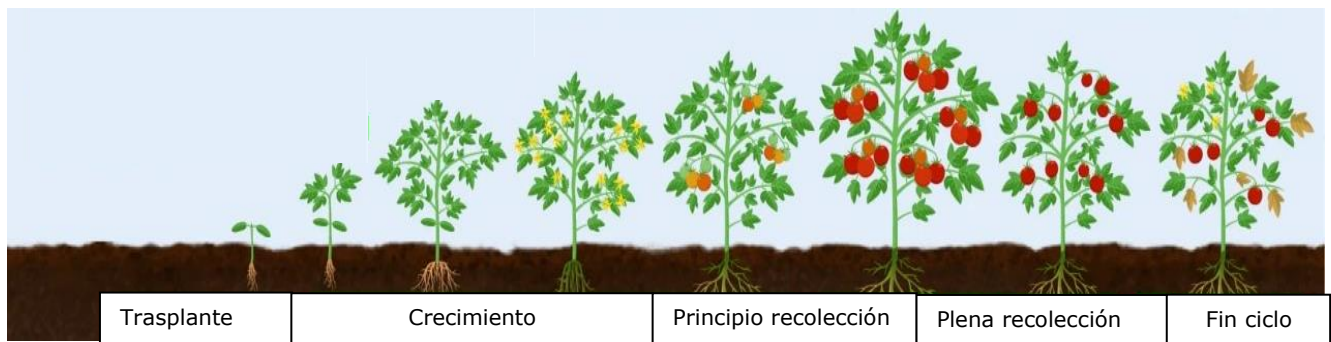


Figura 5: Estados fenológicos del cultivo de tomate (adaptado de Bayer Colombia, 2024)

En función de esa absorción, tenemos que establecer la pauta de aportes de cada nutriente. Cuanto más compliquemos la pauta, más ajustamos la nutrición, pero más dificultamos el manejo, al tener que ir cambiando las cantidades de cada nutriente en cada estado. De forma práctica se pueden establecer 4 periodos. Una propuesta podría estar basada en los estados fenológicos (fig. 5).

Para un cultivar con entutorado normal (alambres a 2 m de altura y sin descolgado) podríamos establecer 4 estados a efectos de la fertilización (la duración de cada estado

va a depender fundamentalmente de la temperatura):

- **1^{er} estado (crecimiento):** Este periodo comenzaría con el trasplante y finalizaría al comenzar la recolección. Puede durar de 45 – 50 días en trasplantes de primavera – verano a 60 - 80 días en el caso de otoño - invierno.
- **2^o estado (principio de la recolección):** Este periodo transcurriría desde el comienzo de la recolección hasta que el cultivo alcanza los 2 m. La planta sigue creciendo de forma muy activa. Se podría considerar una duración de este ciclo en el entorno de 60 a 90 días.
- **3^{er} estado (plena recolección):** Este periodo empezaría cuando la planta ya alcanzó el entutorado horizontal y está madurando varios racimos a la vez. Esta fase puede durar unos 45 a 60 días. En el caso de ciclos largos o descolgado, el periodo se puede alargar bastante más.
- **4^o estado (fin de ciclo):** En ciclos cortos o medios, se suele despuntar el hijo principal entre uno a cuatro racimos tras alcanzar el entutorado horizontal para completar la maduración de la fruta que quede en la planta. Se suele forzar la fertilización para que termine de madurar la fruta que queda en la planta, aportando algo más de potasio y algo menos de nitrógeno. Esta fase suele ser relativamente corta, unos 30 - 40 días.

Una vez establecidos los estados, tenemos que llegar a hacer un reparto de las cantidades de macronutrientes que vamos a aportar en función de trabajos como el que vimos anteriormente donde se estudia la absorción de los nutrientes en función del tiempo. En la tabla 6 se presenta una propuesta de reparto basada en la bibliografía y la experiencia de los autores. Se considera que las necesidades de magnesio se completan con los aportes del agua de riego.

Tabla 6: Propuesta de reparto en fertirrigación de macronutrientes en porcentaje del total a aplicar en los diferentes estadios para un cultivo de ciclo medio y entutorado normal con despunte entre 1 y 4 racimos tras alcanzar el entutorado superior (Bar Yosef,1999; Kafkaki y Tarchitzky, 2011; Segura y Contreras, 2014; Haifa, 2024)

Estado	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (CaO)
Crecimiento	10	15	5	10
Principio de la recolección	50	50	45	50
Plena recolección	35	30	40	35
Tras el despunte	5	5	10	5

En función de esta propuesta de reparto y teniendo en cuenta las cantidades de macroelementos a aportar, los equilibrios nitrógeno: fósforo: potasio: calcio para las condiciones de suelo y agua normales en los cultivos de tomate para un ciclo donde no se haya aportado materia orgánica ni abonados de fondo, durante cada periodo serían:

- De trasplante a comienzo de recolección: 1 : 1,5 : 0,8 : 0,2 (N : P₂O₅ : K₂O : CaO)
- Recolección y crecimiento vegetativo: 1 : 0,6 : 1,4 : 0,6
- Plena recolección: 1 : 0,5 : 1,8 : 0,4

- Tras el despunte: 1 : 0,2 : 2,0 : 0,3

En el caso de trabajar con soluciones nutritivas (bien en cultivo sin suelo o en suelo), se podrían recomendar las soluciones nutritivas basadas en datos experimentales de absorción de nutrientes en Tenerife de la tabla 7.

Tabla 7: Propuesta de solución nutritiva en fertirrigación en tomate de invierno a aplicar en los diferentes estadios (a partir de datos de Pérez *et al.*, 2008)

Estado de desarrollo	CE	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻
	dS/m ^a	mmol/L ¹						
Crecimiento	2,0 - 2,5 ^b	10,0	0,5	1,5	5,0	3,0	2,0 ^c	0,5
Principio de la recolección	2,0	11,0	0,5	1,2	6,0	4,0	2,0 ^c	0,5
Plena recolección	2,0 - 2,5 ^d	9,0	0,5	1,0	7,0 ^d	4,0	2,0 ^c	0,5

a: Concentración total (agua + fertilizantes). Estos valores están pensados para aguas con CE en el entorno de 1,0 dS/m.

b: El valor superior se usaría si la planta alarga mucho los entrenudos (más frecuente con cubiertas sucias).

c: En la inmensa mayoría de las aguas de riego de Tenerife, la concentración de magnesio es más alta del valor consignado. Se recomienda mantener una relación Ca/Mg superior a 1, sobre todo en cultivo sin suelo.

d: Se puede subir en media unidad de forma puntual si hay problemas de color y/o dureza.

En el caso de usarse solución nutritiva en suelo con aportación de estiércoles, se debe bajar la concentración en función de los aportes de nutrientes de esos materiales. Los factores de conversión para pasar de concentración de iones (mmol/L) a mg/L de N, P₂O₅, K₂O, CaO y MgO se pueden encontrar en Santos y Ríos (2025). Sabiendo las dotaciones de riego durante cada periodo se podrían calcular las cantidades totales aportadas de cada nutriente durante el cultivo.

¿QUÉ ABONOS UTILIZAMOS EN FERTIRRIGACIÓN?

Los fertilizantes usados en fertirrigación deben tener como característica fundamental su solubilidad. En la etiqueta tienen que especificarse las denominaciones "**crystalino soluble**" o "**soluble para fertirrigación**". La elección de los abonos para confeccionar una abonada dada depende de seis factores principales:

- La disponibilidad de ese fertilizante en la zona.
- Las características químicas en función del agua y del suelo.
- El mejor ajuste posible en la abonada en la que se vaya a trabajar.
- El precio del fertilizante.
- Las peculiaridades del cabezal de fertirrigación.
- La formación de la persona que maneje el cabezal de fertirrigación.

En la tabla 8 vienen reflejadas las riquezas en nitrógeno (como nitrógeno amoniacal y nítrico), fósforo y potasio de los principales fertilizantes simples usados en fertirrigación.

Tabla 8: Riquezas usuales de los fertilizantes solubles usados para aportar nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O).

Fertilizante	% N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O	% otros
Ácido nítrico	12 – 12,5 ¹	0	0	0
Nitrato cálcico ²	15,5-17,0	0	0	27 – 33 CaO
Nitrato potásico	13 – 13,5	0	46 – 46,5	0
Nitrato amónico	33,5 – 34,5	0	0	0
Urea	46 ³	0	0	0
Sulfato amónico ²	21	0	0	22 S
Fosfato monoamónico	12	60 – 61	0	0
Urea fosfato	17,5 – 18,0 ³	44	0	0
Ácido fosfórico	0	44 – 72 ¹	0	0
Fosfato monopotásico	0	52	34 – 34,5	0
Sulfato potásico ²	0	0	50 – 53	18 S

1: variable en función de la densidad y riqueza. 2: Existen productos con el mismo nombre no solubles. 3: procedente de urea

Los cálculos más comunes con los fertilizantes y las riquezas de los nutrientes pueden ser dos:

1. Calcular la cantidad de nutriente que tiene una cantidad dada de fertilizante (ejemplo 5):

$$\text{Cantidad de fertilizante} \times \text{riqueza del fertilizante} / 100$$

2. Calcular la cantidad de fertilizante necesaria para aportar una cantidad dada de nutriente (ejemplo 6):

$$\text{Cantidad de nutriente} \times 100 / \text{riqueza del fertilizante en ese nutriente}$$

Ejemplo 5: ¿Cuánto nitrógeno (N) y calcio (CaO) aportan 75 kg de nitrato de calcio?:

El nitrato de calcio que tiene la finca tiene un 15,5% de N y un 27% de CaO

$$75 \text{ kg de abono} \times 15,5 \text{ (riqueza N abono)} / 100 = 75 \times 15,5/100 = \mathbf{11,6 \text{ kg N}}$$

$$75 \text{ kg de abono} \times 27 \text{ (riqueza CaO abono)} / 100 = 75 \times 27/100 = \mathbf{20,3 \text{ kg CaO}}$$

Ejemplo 6: Queremos aportar 10 gramos de potasio (K₂O) usando sulfato potásico. ¿Cuánto fertilizante necesitaríamos?

El sulfato potásico disponible tiene un 50% de K₂O:

$$10 \text{ g K}_2\text{O} \times 100/50 \text{ (riqueza del sulfato potásico en K}_2\text{O)} = 10 \times 100/50 = \mathbf{20 \text{ gramos de sulfato potásico}}$$

Además de las sales simples, se comercializan abonos complejos altamente solubles que tienen nitrógeno, fósforo y potasio con distintas riquezas de cada uno de ellos. El uso de fertilizantes complejos facilita mucho la confección de las abonadas, sobre todo en explotaciones pequeñas y con equipos de fertirrigación sencillos, al tener que hacer solo una pesada y no tener que estar teniendo en cuenta posibles incompatibilidades.

Por otra parte, los complejos suelen tener un precio mayor que los abonos simples y no

permiten un ajuste perfecto a las necesidades particulares del cultivo en función del suelo y el agua de riego.

Muchos complejos suelen venir formulados con magnesio y con microelementos. En Tenerife, muchas aguas unos niveles de ese nutriente suficientes para el tomate. Sin embargo, si puede tenerse que aportarse calcio. Para ello, o bien se usa una fuente complementaria de calcio (normalmente nitrato de calcio) o se buscan complejos con calcio. La oferta de complejos con calcio es relativamente limitada y suele tener un mayor precio por kg

La elección del equilibrio (relación entre los nutrientes) del abono complejo dependerá fundamentalmente del estado de desarrollo del cultivo. Como se comentó anteriormente, no siempre vamos a encontrar abonos complejos comerciales que se adapten a nuestras necesidades. En principio, teniendo en cuenta las extracciones de la tabla 2 y el reparto de nutrientes de la tabla 4 y sin considerar los aportes de nutrientes de la materia orgánica, pero si los del agua de riego, podríamos elegir los siguientes equilibrios.

- **Crecimiento.** Desde el comienzo de la fertirrigación y hasta el comienzo de la recolección, se usaría un equilibrio algo más rico en fósforo que nitrógeno o potasio, con valores P_2O_5/N entre 1,5 y 2,0 (pudiendo ser un ejemplo el abono complejo del 15-30-15). En suelos con altos contenidos en fósforo, como suele ser normal en casi todos los dedicados a cultivos hortícolas en Tenerife, los equilibrios muy altos en ese elemento como 13-40-13 **NO** son necesarios
- **Comienzo de la recolección:** A partir del comienzo de la recolección se usaría un equilibrio más o menos equilibrado entre nitrógeno y potasio, yendo a abonos complejos del tipo 15-10-15 o un 17-6-18. En este estado se han usado de forma normal abonos 18-18-18 o 19-19-19, que aportarían más fósforo del necesario.
- **Plena recolección.** En este estado se podrían usar equilibrios de fructificación, con una relación potasio/nitrógeno moderadamente alta, en el entorno 1,5/1 (K_2O/N) (posibles complejos 20-5-30 o 20-6-28).
- **Tras el despunte** se podría cambiar a abonos con una relación potasio/nitrógeno más alta que el estado anterior, llegando o superando el valor 2/1 (un posible ejemplo sería un 15-5-30).

Por último, hay una serie de productos orgánicos (purines, lixiviados de humus de lombriz, sueros de quesería, etc.) que se pueden aplicar perfectamente en la fertirrigación por su valor fertilizante y por ser solubles. En este caso, es importante conocer los contenidos en nutrientes, ya que pueden ser bastante variables incluso para un mismo producto, por ejemplo:

- El purín porcino puede tener entre 0,6 y 9,8% de N (Campos *et al.*, 2004).
- El suero de queso puede variar en su contenido en nutrientes con valores de nitrógeno entre 1,56 y 5,23 g/L y de 1,32 a 18,8 g/L de potasio (K_2O) en materiales de diferentes queserías del sur de Tenerife

Por lo tanto, es muy recomendable saber los contenidos en nutrientes de los productos orgánicos usados para poder ajustar las cantidades totales aportadas y evitar una aplicación por defecto o por exceso.

UN EJEMPLO DE FERTIRRIGACIÓN CON EQUIPOS DE FERTIRRIGACIÓN SENCILLOS

En cultivos de ciclo largo, como podría ser el tomate, se suelen aportar todos los nutrientes principales (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio) en la fertirrigación si no están disponibles de otras fuentes, principalmente el agua de riego y la materia orgánica.

Si se dispone de un sistema de fertirrigación que permite regar con más de una cabeza inyectora, por ejemplo, un cabezal que permite trabajar con dos inyectora tipo Venturi de forma independiente, se podría fertirrigar con todos los nutrientes al mismo tiempo, **teniendo la precaución de no inyectar de la misma cabeza, calcio con fosfatos o con sulfatos** que provocarían precipitaciones en el tanque donde se han disuelto los abonos. En el caso de tener sólo una cabeza inyectora (un sistema con el que solo trabajamos con un inyector al mismo tiempo), habría que aplicar el calcio en riegos diferentes a los que se abona con fosfatos o sulfatos.

En todo caso, tenemos que procurar que el nitrógeno se aplique a lo largo del periodo del cultivo mediante la fertirrigación ya que se lava muy fácilmente con el riego, salvo que se usen formas estabilizadas u orgánicas. El fósforo y en menor medida el potasio, el calcio y el magnesio son mucho menos lavables con el riego.

Vamos a hacer un ejemplo calculando las cantidades de abono en cada riego para un cultivo con la producción esperada del ejemplo 2, teniendo en cuenta los aportes estimados del agua de riego, del estiércol y de los restos de un cultivo anterior y considerando un cabezal determinado.

Ejemplo 7: Se quiere hacer un programa de fertirrigación semanal usando abonos solubles simples teniendo en cuenta:

- 1. Las necesidades del ejemplo 1 y un ciclo de cultivo de 6 meses (24 semanas).**
- 2. Se usa el agua del ejemplo 3 (dosis y análisis).**
- 3. Se ha aportado 1 kg/m² de estiércol en pellets (nº2 de la tabla 4).**
- 4. El cultivo anterior fue calabacín, que se incorporó al suelo.**
- 5. El cabezal tiene 2 inyectora.**

Estas condiciones cambian de finca a finca, por los resultados finales variarán en consonancia.

Las necesidades de abono tras restar los aportes del cultivo anterior, del agua y del estiércol serían las siguientes:

Nutriente	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)
Necesidades	435	120	705	330	90
Resto cultivo anterior	56	20	149	127	35
Aportes agua	0	0	76	64	241
Aportes estiércol	114	96	114	30	30
Resto a aportar	265	4	367	109	0

En este caso, tenemos que aportar con abonos inorgánicos el 61% del nitrógeno, el 8% del fósforo, el 52% del potasio y el 33% del calcio de las extracciones. No es necesario aportar magnesio.

La cantidad total de fósforo a aplicar es muy baja. Para facilitar el cálculo y la aplicación de nitrato de calcio, vamos a concentrar el aporte en el primer periodo (el fósforo es un elemento muy poco móvil en el suelo). Repartimos el resto de nutrientes en los 3 estados en los que vamos a organizar la abonada (tabla 7).

Estado	Nitrógeno(N)		Potasio(K ₂ O)		Calcio (CaO)	
Crecimiento	10%	0,10 x 265 = 26,6	5%	0,05 x 367 = 18,4	10%	0,10 x 109 = 10,9
Comienzo Recolección	50%	0,50 x 265 = 133,0	45%	0,45 x 367 = 165,2	50%	0,50 x 109 = 54,5
Plena recolección	35%	0,35 x 265 = 93,1	40 %	0,40 x 367 = 146,8	35%	0,35 x 109 = 38,2
Tras despunte	5%	0,05 x 265 = 13,3	10%	0,10 x 368 = 36,7	5%	0,05 x 109 = 5,4

Con los datos de nutrientes, ya podríamos calcular el abono que corresponden a cada periodo. Elegimos abonos solubles para fertirrigación, en este caso nitrato de potasio para el potasio, fosfato monoamónico para el fósforo y nitrato de calcio para el calcio. El resto del N no aportado con los abonos anteriores se completaría con nitrato amónico.

Primer Periodo: Crecimiento

Comenzamos primero con el nutriente del que tenemos menos fuentes, en este caso el calcio:

10,9 (cantidad de CaO que necesitamos) x 100 /27 (riqueza CaO abono) = 40,4 kg/ha
El nitrato de calcio tiene un 15,5%N, por lo tanto, 40,1 kg de fertilizante están aportando
40,4 (kg nitrato calcio) x 15,5 (riqueza N abono) /100 = 6,3 kg de N.

Seguimos con el aporte de potasio: 18,4 (cantidad de K₂O que necesitamos) x 100 /46 (riqueza K₂O abono) = 39,9 kg/ha

El nitrato de potasio tiene un 13%N, por lo tanto, se está aportando también: 39.9 kg nitrato de potasio x 13 (riqueza N abono) /100 = 5,2 kg de N.

Vamos a aplicar todo el fósforo en este estado: 4,0 (cantidad de P₂O₅ que necesitamos) x 100 /60 (riqueza P₂O₅ abono) = 6,7 kg/ha

El fosfato monoamónico tiene un 12%N: 6,7 (kg fosfato monoamónico) x 12 (riqueza N abono) /100 = 0,8 kg de N.

Finalmente, calculamos el resto de N que no se aportado con los fertilizantes anteriores: 26,6 kg N (total a aportar) - 6,3 kg (del nitrato de calcio) - 5,2 (del nitrato potásico) - 0,8 (del fosfato monoamónico) = 14,4 kg de N aportar. Usamos nitrato amónico (33,5%N): 14,4 x 100/33,5 = 42,9 kg de fertilizante

Si ponemos los datos anteriores en una tabla, nos quedaría entonces:

Fertilizante	Cantidad (kg/ha)				Fertilizante
	CaO	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	
Nitrato calcio	10,9			6,3	40,1
Fosfato monoamónico		4,0		0,8	6,7
Nitrato potasio			18,4	5,2	39,9
Nitrato amónico				26,6 - 6,3 - 0,8 - 5,2 = 9,2	27,4
Totales	10,9	4,0	18,4	26,6	129,8

La relación potasio/nitrógeno K₂O/N de la abonada en las condiciones del ejemplo sin tener en cuenta los aportes de materia orgánica y del agua de riego sería 18,4/26,6 ≈ 0,7.

Considerando un periodo de 7 semanas, los aportes a poner en fertirrigación por semana serían:

Abono elegido	Cálculo semanal	kg/ha y semana	g/m ² .semana
Nitrato calcio *	$40,1 / 7 = 5,77$	5,77	0,57
Fosfato monoamónico *	$6,7 / 7 = 0,95$	0,95	0,10
Nitrato potasio	$39,9 / 7 = 5,70$	5,70	0,57
nitrato amónico	$27,4 / 7 = 6,12$	6,12	0,61

10 kg/ha = 1 g/m² (gramos abono/metro cuadrado parcela).

* Para poder fertirrigar al mismo tiempo con fosfato monoamónico y nitrato de calcio es necesario un cabezal que permita usar al menos dos inyectores al mismo tiempo. No inyecte nitrato de calcio y fosfato monoamónico con el mismo inyector.

Segundo periodo: Comienzo recolección.

Fertilizante	Cantidad (kg/ha)			Fertilizante
	CaO	K ₂ O	N	
Nitrato calcio	54,5		31,3	201,9
Nitrato potasio		165,2	46,7	359,0
Nitrato amónico			133,0 - 31,3 - 46,7 = 55,0	164,3
Totales	54,5	165,2	133,0	725,2

La relación K₂O/N es $165,2/133,0 \approx 1,2$.

Si el periodo es de 8 semanas, los aportes a poner en fertirrigación por semana serían:

Abono elegido	Cálculo semanal	kg/ha y semana	g/m ² .semana
Nitrato calcio	$201,9/8 = 25,23$	25,23	2,52
Nitrato potasio	$359,0/8 = 44,88$	44,88	4,49
Nitrato amónico	$164,3/8 = 20,54$	20,54	2,05

Tercer periodo: Plena recolección.

Fertilizante	Cantidad (kg/ha)			Fertilizante
	CaO	K ₂ O	N	
Nitrato calcio	38,2		21,9	141,3
Nitrato potasio		147,3	41,5	319,1
Nitrato amónico			93,1 - 21,9 - 41,5 = 29,7	88,7
Totales	38,2	147,3	93,1	549,1

En las condiciones del ejemplo, la relación K₂O/N es $147,3/93,1 \approx 1,6$.

Si el periodo es de 5 semanas, los aportes a poner en fertirrigación por semana serían:

Abono elegido	Cálculo semanal	kg/ha y semana	g/m ² .semana
Nitrato calcio	$141,3/5 = 28,26$	28,26	2,83
Nitrato potasio	$319,1/5 = 63,83$	63,83	6,38
Nitrato amónico	$88,7/5 = 17,74$	17,74	1,77

Cuarto periodo: Despunte

Fertilizante	Cantidad (kg/ha)			Fertilizante
	CaO	K ₂ O	N	
Nitrato calcio	5,5		3,1	20,2
Nitrato potasio		36,7	10,4	79,8
Nitrato amónico			13,3 - 3,1 - 10,4 = -0,2¹	0,0
Totales	5,5	36,8	13,5¹	100,0

1: La suma del N de los nitratos de calcio y de potasio es mayor que el requerimiento durante el periodo (0,20 kg/ha más), por lo que no sería necesario el uso de nitrato amónico.

En este caso particular, la relación K₂O/N es $36,8/13,5 \approx 2,7$.

Si el periodo es de 4 semanas, los aportes a poner en fertirrigación por semana serían:

Abono elegido	Cálculo semanal	kg/ha y semana	g/m ² .semana
Nitrato calcio	$20,2/4 = 5,05$	5,05	0,51
Nitrato potasio	$79,8/4 = 19,95$	19,95	1,90
Nitrato amónico	$0/4 = 0$	0	0

Si se quiere hacer una comprobación, se pueden sumar las cantidades de cada abono y calcular si los aportes de nutrientes son los esperados. Por ejemplo, si sumamos las cantidades de nitrato potásico: $39,9 + 359,0 + 319,1 + 79,8 = 797,8$ kg/ha. La cantidad total de K₂O sería $797,8 \times 46/100 = 367$ kg/ha, además de 48 kg/ha de N ($797,8 \times 13/100$).

Al final del ciclo de cultivo estaríamos aplicando una cantidad total de 1504 kg/ha de abono en la fertirrigación. Suponiendo un gasto de agua de 5000 m³/ha, la concentración media sería 0,30 g/L, equivalente a subir la CE en 0,35 dS/m.

A la hora de calcular las cantidades a aplicar se puede realizar por superficie, sabiendo la superficie (o el número de plantas):

Por ejemplo, en el tercer periodo si estamos regando y abonando 6 veces por semana y tenemos una unidad operacional (una unidad operacional de riego sería la superficie que se riega de una vez) de 1000 plantas y una densidad de 2 plantas/m², equivalente a 2000 m², las cantidades que tendrían que aplicarse en cada riego serían:

Abono elegido	g/m ² y semana	g/unidad operacional y semana	gramos /u. operacional y riego (6 riegos/semana)
Nitrato calcio	2,83	$2,83 \times 2000 = 5660$ g	$5660 / 6 = \mathbf{943}$ g
Nitrato potasio	6,38	$6,38 \times 2000 = 12760$ g	$12760 / 6 = \mathbf{2127}$ g
Nitrato amónico	1,77	$1,77 \times 2000 = 3540$ g	$3540 / 6 = \mathbf{590}$ g

Por otra parte, si sabemos la cantidad de agua en cada riego (porque tenemos un contador o porque tenemos contados los goteros de cada unidad y sabemos su caudal), podemos estimar el aporte total de abono y la subida de la conductividad del agua por esos abonos que se van a disolver.

Si en ese mismo periodo estuviéramos aplicando en cada riego 2,2 litros/planta (4400 L/unidad operacional y riego):

Cantidad total de abonos en cada riego: $943 + 2127 + 590 = 3660$ g

Concentración total de abono: 3660 g/ 4400 litros = $0,83$ gramos/litro

El aumento de la CE por los aportes de abono en el periodo considerado sería: $0,83 / 0,85 = 0,97$ dS/m.

Si se dispone de un equipo que permita trabajar por CE, el valor de consigna para el automatismo se calcularía con el valor del agua de riego y el aumento de la CE por los aportes de abono.

Para el caso anterior (3º periodo, fertirrigando 6 veces por semana y 2.2 L/planta), para un valor de agua de riego de 1,098 dS/m:

CE de consigna del automatismo = $1,098$ (CE agua riego) + $0,97$ (aumento de CE por los abonos calculado antes) = $2,068$ dS/m.

Si se observa que el aumento de la conductividad eléctrica del agua supera el valor máximo que se ha establecido para esa fase del cultivo, debe decidirse si se va a mantener la abonada (con la disminución de calibres posible) o si se va a bajar la cantidad total de abono para mantener ese valor máximo. El valor máximo de CE de cada fase de cultivo debe ser realista, teniendo en cuenta el valor del agua de riego.

Los datos de aumento de CE por los aportes pueden cambiar sobre todo en función de la dosis de riego que estemos aplicando.

Los fertilizantes para usar en la abonada pueden cambiar en función de determinados factores agronómicos. Algunos de los más importantes en este cultivo podrían ser:

- El aporte salino de cada abono. No todos los abonos suben la salinidad de la misma forma. En general una cantidad determinada de un nutriente como sulfato sube más la salinidad que la misma como nitrato y esta a su vez más que como fosfato. Algunos purines pueden tener también un alto aporte salino.
- El pH del agua de riego. En fertirrigación hay que mantener un pH que evite la precipitación de sales como serían el carbonato cálcico o fosfatos de calcio (**esto último más frecuente cuando se está abonando con altas cantidades de fósforo y calcio al mismo tiempo**) que obturarían los emisores. Para ello se acidifica el agua, usando ácido nítrico, fosfórico o sulfúrico, según cuánto se necesite para mantener el pH deseado. Hay que tener en cuenta que los dos primeros están aportando además nitrógeno y fósforo, respectivamente (tabla 8). Los cálculos de aporte de ácidos se pueden encontrar en Santos y Ríos (2024).
- El contenido en nitrógeno amoniacal. El nitrógeno amoniacal compite con el calcio y el potasio en la absorción de nutrientes por las raíces de la planta. En determinadas condiciones (alta demanda evaporativa, problemas de color y/o dureza) habría que limitar la cantidad total de nitrógeno amoniacal aportada en fertirrigación.

Los aportes de nutrientes se pueden hacer con diferentes abonos simples o complejos. A su vez, esos abonos diferentes tienen otras riquezas en nutrientes por los que las cantidades finales pueden variar. Otro factor que puede variar es el tipo de sistema de aporte de abonos que se disponga y de la frecuencia de riego.

Teniendo en cuenta lo anterior y los ajustes a realizar en función de los análisis de agua, suelo y estiércoles que se usen, **el cálculo fino de las abonadas debe hacerse finca por finca**. Su Departamento Técnico o su Agencia de Extensión Agraria le pueden ayudar a calcular la abonada más adecuada a sus condiciones.

RESUMEN Y CONSIDERACIONES FINALES

- Para una fertilización racional debe disponerse de análisis de suelo y del agua que se va a utilizar en el cultivo.
- Se recomienda analizar el estiércol para confirmar la necesidad posterior de fertilizantes químicos.
 - Los estiércoles de gallina o de pollo no serían recomendables a altas dosis para el cultivo de tomates, para evitar la aparición de problemas de dureza y color. A priori no se recomendaría pasar de 500 gramos/metro cuadrado antes de la plantación. No se recomienda aportaciones individuales en cobertera a dosis por encima de 200 – 300 g/m² con el cultivo con fruta para evitar problemas de dureza, color y la aparición de necrosis apical si son de esperar condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa.

- Se recomienda el uso de estiércoles bien hechos o compost a dosis anuales en el entorno de 2,0 a 3,0 kg/m² (desde el punto de vista nutricional) aplicados antes de la plantación del tomate.
- Los cálculos de los aportes de fertilizantes químicos deben hacerse tras saber los aportes de nutrientes de los estiércoles y del agua de riego. Unos aportes normales de estiércol y el uso de las aguas utilizadas en Tenerife suponen un ahorro aproximado del 25% en el nitrógeno, potasio y calcio, un 75% del fósforo y más del 100% del magnesio que necesita una cosecha de tomate. Con los niveles de magnesio normales de las aguas de galería de Tenerife el aporte de este nutriente no suele ser necesario.
- **Para una fertilización ajustada a sus necesidades hay que hacer un ajuste finca por finca. Consulte a su Departamento Técnico o su Agencia de Extensión Agraria.**

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA Y/O CITADA EN EL TEXTO

- Bar Yosef, B. (1999). Advances in fertigation. *Advances in Agronomy*, 65: 1-77.
- Bayer Colombia. (2024). Cultivos: tomate. <https://dev.agro.bayer.co/es-co/cultivos/tomate.html>
- Burger, M. y Venterea, R.T. (2008). Nitrogen immobilization and mineralization kinetics of cattle, hog and turkey manure applied to soil. *Soil Sc. Soc. Am.J.*, 72: 1570-1579.
- Campos, E.; Illa, J.; Magrí, A.; Palatsi, J. y Flotats, X. (2004). Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas. Centro de Transferencia Agroalimentaria. Gobierno de Aragón. http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/quia/pdf/quia_dejeccions.pdf
- Casas, A. y Casas, E. (1999). El análisis de suelo – agua – planta y su aplicación a la nutrición de los cultivos hortícolas en la zona del sureste peninsular. Caja Rural de Almería.
- Consejerías de Agricultura, Ganadería y Pesca y Alimentación y de Transición Ecológica, Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial. (2021). Orden conjunta de 22 de abril de 2021, por la que se modifica el Programa de Actuación para prevenir y reducir la contaminación causada por los nitratos de origen agrario aprobado por Orden de 27 de octubre de 2020. Boletín Oficial de Canarias, nº 89 de 3/5/2021. 20182-20219. <https://www.gobiernodecanarias.org/boc/2021/089/001.html>
- Haifa (2025). Recomendaciones nutricionales para tomate. <https://www.haifa-group.com/es/recomendaciones-nutricionales-para-tomate>
- Holwerda, H.T. (2006). CropKit tomate: Guía de manejo Nutricional. SQM. [Crop Kit Tomato - SQM Specialty Plant Nutrition](#)
- Kafkaki, U. y Tarchitzky, J. (2011). Fertigation. A tool for efficient fertilizer and water management. International Fertilizer Industry Association. International Potash Institute.
- Marín, J.I.; Samblas, E.; Granados, M.R.; Tellez, M.M.; Torres, J.M. y de Cara, M. (2023). Gestión de restos vegetales de hortícolas protegidos mediante picado y enterrado. Producción Agraria. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Junta de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/185efbc7-923d-4235-aec4-2b74afaa2c08>
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010) Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Servicio de Publicaciones Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Ministerio de la Presidencia (2013) Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. Boletín Oficial del Estado nº 164 de 10/07/2013. Texto consolidado: [Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. \(boe.es\)](#)
- Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática (2022) Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios. Boletín Oficial del Estado nº 312 de 29/12/2022. 188873-188916. <https://www.boe.es/boe/dias/2022/12/29/pdfs/BOE-A-2022-23052.pdf>
- Nuez, D.; Morales, B. y Suárez, A. (2021). Actuaciones para fomentar el manejo del estiércol. Volumen 1. Manejo del estiércol. COAG Canarias: <https://coagcanarias.com/wp-content/uploads/2021/11/Vol-1.-Manejo-del-Estie%CC%81rcol.pdf>
- Peet, M.M. (2005). Irrigation and fertilization. En: Heuvelink, E. (Ed). Tomatoes. Crop Production Science in Horticulture (pp 171-198). CABI Publishing.

- Pérez, J.; Santos, B.; Ríos, D.; Cruz, J.L. y Trujillo, L. (2008). Absorción de macronutrientes en tomate de exportación cultivado en picón (ceniza volcánica) en Tenerife (Islas Canarias). *Actas de Horticultura*, 50, 241-246
- Rincón, L. (2003). La fertirrigación del tomate y del pimiento grueso. *Vida Rural*, 164: 36-40
- Santos, B. y Ríos, D. (2024). Manual de fertirrigación sostenible. Cálculo de soluciones nutritivas en suelo y sin suelo. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Soberanía Alimentaria Gobierno de Canarias. Área de Industria, Comercio, Sector Primario y Bienestar Animal Cabildo Insular de Tenerife.
- Segura, M.L. y Contreras, J.I. (2014). Efecto de la dosis NPK y salinidad del agua sobre los rendimientos y absorción de nutrientes del cultivo de tomate bajo invernadero. *Actas de Horticultura*, 66: 72-75
- Segura, M.L. y Contreras, J.I. (2015). Fertilización adaptada a las necesidades de cultivo: curvas de absorción de nutrientes. Producción Agraria. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Junta de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/9699ca21-f82d-40d8-a483-f9f0890e1eff/download>
- Tanaka, A.; Fujita, K. y Kikuchi, K. (1974). Nutrio-physiological studies of the tomato plant I. Outline of growth and nutrient absorption. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 20: 57-68
- Villalobos, F.J. y Fereres, E. (2017). Fitotecnia. Principios de agronomía para una agricultura sostenible. Mundi-Prensa.

¿Donde estamos?

Unidad Central	C/ Alcalde Mandillo Tejera, 8 Santa Cruz de Tenerife	922 239 275	seivicioagr@tenerife.es
AEA La Laguna	C/ Palermo, 2. - Tejina	922 546 311 922 257 153	aeate@tenerife.es aeall@tenerife.es
AEA Tacoronte	Ctra. Tacoronte-Tejina, 15	922 573 310	aeata@tenerife.es
AEA La Orotava	C/ Sor Soledad Cobián, 20	922 328 009	aealao@tenerife.es
AEA Icod	C/ Key Muñoz, 5	922 815 700	aeaicod@tenerife.es
AEA Buenavista	C/ El Horno, 1	922 129 000	aeabu@tenerife.es
AEA Guía de Isora	Avda. La Constitución, s/n	922 850 877	aeagi@tenerife.es
AEA Valle San Lorenzo	Ctra. Los Roques, 21	922 767 001	aeavsl@tenerife.es
AEA Granadilla	San Antonio, 13	922 447 100	aeagr@tenerife.es
AEA Fasnia	Ctra. Los Roques, 21	922 530 900	aeaf@tenerife.es
AEA Güímar	Plaza del Ayuntamiento, 8	922 514 500	aeaguimar@tenerife.es
C.C.B.A.T.	C/Retama 2, Puerto de la Cruz Jardín Botánico	922 573 110	ccbiodiversidad@tenerife.es
Oficina de Asesoramiento al Regante	Finca La Quinta Roja Carretera General TF-42 (San Pedro -Las Cruces) Garachico	680 846 946	oficinadelregante@tenerife.es



Oficina del
Regante
de Tenerife

