



HOJA  
DIVULGADORA

# ABONADO SOSTENIBLE DE LA PAPA (Zona Sur)

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



Consejería Insular de Industria, Comercio,  
Sector Primario y Bienestar Animal  
Servicio Técnico de Agricultura y  
Desarrollo Rural



HD 8 / 2024

noviembre

**ABONADO SOSTENIBLE DE LA PAPA (ZONA SUR).  
Real Decreto sobre nutrición sostenible de los suelos  
agrarios (R.D. 1051/2022 de 27 de diciembre)**

**Autores:**

**Belarmino Santos Coello**

Responsable Programa Experimentación y Asistencia Agraria en Horticultura.

**Domingo J. Rios Mesa**

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

**Fotografías:**

**Carlos Rodríguez López**

Agente de Extensión 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.

## 1.Introducción

La fertirrigación es la aportación de los fertilizantes disueltos en el agua de riego. La combinación del riego localizado y de la fertirrigación es una herramienta muy importante para el ahorro de agua y nutrientes en la agricultura. Las ventajas de la fertirrigación son muy importantes:

- Permite el ajuste de las dosis de nutrientes a las necesidades de la planta en cada momento de su ciclo vegetativo.
- Localiza los nutrientes a lo largo de todo el perfil del bulbo explorado por las raíces.
- Permite una mejor asimilación de los nutrientes, al mantenerse relativamente constante la humedad del bulbo.

Los puntos anteriores hacen que la fertirrigación permita tener menores pérdidas de nutrientes por lixiviación y por volatilización. En una fertirrigación bien manejada se podría considerar hasta un 90% de eficiencia de aplicación de los nutrientes, sobre todo en el caso del nitrógeno.

- Permite una corrección relativamente rápida de deficiencias nutricionales.
- Permite un mejor manejo de aguas salinas.
- El sistema tiene una mayor facilidad de aplicación y ahorro de mano de obra frente a sistemas tradicionales de fertilización.
- Es susceptible de automatización



Las desventajas, por otra parte, serían:

- Es un sistema normalmente asociado al riego localizado, por lo que tiene costes de instalación relativamente más altos que otros métodos.
- Las ventajas como la mejor dosificación y las menores pérdidas por lixiviación dependen del buen diseño y mantenimiento de la instalación de riego localizado.
- Para la aplicación correcta de esta técnica y disfrutar de las ventajas arriba citadas, las personas que la utilizan deben tener una adecuada preparación.

La introducción del riego localizado en el cultivo de papa, principalmente en la zona sur de la isla, permite que se pueda realizar fertirrigación de una forma sencilla. En esta publicación vamos a intentar dar unos consejos para poder fertirrigar papas, 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 a tres preguntas:

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

Finalizaremos con un ejemplo práctico de fertirrigación para una finca tipo con condiciones medias de la zona

## 2. ¿Cuánto abonar?

Una aproximación a la cantidad de abono a aportar se podría calcular 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), de forma muy resumida, obliga a que los aportes de nitrógeno, fósforo y potasio se deben 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.

Los datos de las extracciones se encuentran en la bibliografía, aunque no suelen ser datos únicos sino intervalos ya que los valores dependen de factores como podrían ser el cultivar, la duración del ciclo de cultivo, etc. 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 un cultivo de papas (Horneck y Rosen, 2008; Haifa, 2019; Koch et al., 2020)

Nutriente	Nitrógeno (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)	Calcio (CaO)	Magnesio(MgO)
kg/tonelada	3,5 a 5,0	1,2 a 2,0	5,0 a 10,0	0,80	0,55

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 y el potasio. Los suelos donde se suele cultivar papa en el Sur de Tenerife, normalmente tienen valores altos tanto de fósforo (con más de 150 ppm de fósforo en muchos casos) como de potasio (más del 12% de la capacidad de intercambio catiónico en la inmensa mayoría de los suelos cultivados). Esto nos permitiría poder irnos a las partes bajas de los intervalos de estos nutrientes.

Por otra parte, los contenidos de calcio en los suelos no son muy altos. En el caso del Nitrógeno, hay que hacer campañas de muestreos de suelos antes del cultivo para tener una idea sobre los niveles de este nutriente antes de la siembra.

Por último, hay una serie de pérdidas inevitables de nutrientes que dependerán del tipo de suelo y el sistema de riego. Una de las ventajas del riego por goteo es que las pérdidas de nutrientes son menores que en otros sistemas. Se podría estimar en el mejor de los casos en una pérdida del 20% para el nitrógeno y del fósforo y un 10% para el potasio, el calcio y el magnesio. Estaríamos dentro de lo contemplado por el Real Decreto de Nutrición Sostenible para el cálculo de los aportes efectivos de nitrógeno, fósforo y potasio.

Como propuesta de necesidades de nutrientes por cosecha en este caso, vamos a usar el valor medio del intervalo para el nitrógeno y el potasio y los valores más bajos en fósforo (teniendo en cuenta los altos valores en suelo) y considerar las eficiencias anteriores, presentado en la tabla 2:

**Tabla 2:** Propuesta de extracciones ajustadas de un cultivo de papas para las condiciones más normales de suelos cultivados del Sur de Tenerife en riego por goteo

Nutriente	Nitrógeno (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)	Calcio (CaO)	Magnesio(MgO)
kg/tonelada	5,3	1,2	8,3	0,9	0,6

Estas cantidades tendrán que ser ajustadas en función de las analíticas foliares del cultivo (para ajustar tanto las cantidades como las relaciones entre nutrientes), de la evolución de los valores analíticos del suelo y de 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 de 3 kg/m<sup>2</sup> que sería lo mismo que 30 toneladas/hectárea (t/ha).

**Ejemplo 1: Con los valores de extracciones de la tabla 2 y para una cosecha prevista de 30 t/ha (3 kg/m<sup>2</sup>), calcular los aportes a tener en cuenta de los principales macronutrientes.**

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

Para el N: 5,3 kg/t x 30 t/ha = 159 kg/ha.

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

Aportes totales de nutrientes para una cosecha prevista de 30 t/ha					
Nutriente	Nitrógeno (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)
kg/ha	<b>159</b>	<b>36</b>	<b>249</b>	<b>27</b>	<b>18</b>

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

Por otra parte, la papa es un cultivo relativamente sensible a la salinidad: a partir de una conductividad eléctrica (CE) de 1,7 dS/m en el suelo (que correspondería a estar regando de forma continuada con un agua de 1,1 dS/m), la productividad puede bajar, siendo recomendable no sobrepasar 2,0 dS/m en el suelo y 1,5 dS/m en el agua.

Los abonos solubles suben la salinidad del agua con la que se regarán las papas 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

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

Las aguas de riego utilizadas en papa varían bastante en conductividad: por ejemplo, en Vilaflor los valores están entre 0,5 y 1,4 dS/m. Teniendo en cuenta esto, recomendamos no sobrepasar una cantidad total de abono superior a 0,5 gramos de abono/litro de agua (equivalente a subir la CE del agua por los abonos en 0,63 dS/m), siendo recomendable estar en cantidades entre 0,2 y 0,4 g/L (subidas de 0,25 – 0,50 dS/m).

Una vez cuantificados estos datos, habría que tener en cuentas las posibles entradas de nutrientes que podríamos tener sin tener en cuenta la 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 calcio. En un estudio realizado en la zona de Vilaflor en el año 2018, los valores de Mg en aguas de riego estuvieron entre 0,96 y 2,82 meq/L. En el caso del potasio, los valores variaron entre 0,40 y 1,23 meq/L.

Para pasar de meq/L (unidad usada en los análisis de agua) a mg/L de nutriente, las equivalencias serían las siguientes:

Magnesio: 1 meq/L Mg en el agua de riego = 20,1 miligramos/litro (mg/L) de magnesio expresado como MgO

Potasio: 1 meq/L K en el agua de riego = 47,1 mg/L de potasio como K<sub>2</sub>O.

Calcio: 1 meq/L Ca en el agua de riego = 28,0 mg/L de calcio como CaO

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. En la inmensa mayoría de los cultivos de la zona sur de la isla, el aporte de magnesio del agua de riego es mayor que las necesidades del cultivo (ver ejemplo 2). Como apunte, las carencias de magnesio en la zona solo se observan cuando hay lluvias muy fuertes que lavan el suelo y desaparecen una vez se comienza a regar de nuevo.

**Ejemplo 2: Un cultivo de papa en una finca determinada consume 200 litros de agua de riego por metro cuadrado. El análisis del agua señala que tiene 0,44; 0,20 y 0,15 meq/L de magnesio, potasio y calcio, respectivamente. ¿Cuánto magnesio, potasio y calcio está aportando el agua de riego al cultivo en kg/ha?:**

En primer lugar, calculamos la concentración de MgO

$0,44 \text{ meq/L Mg} = 0,44 \times 20,1 = 12,26 \text{ mg/L MgO}$ ;  $12,26 \text{ mg/L} = 12,26 \text{ gramos/metro cúbico (g/m}^3\text{) MgO}$  ( $1 \text{ mg/L} = 1 \text{ g/m}^3$ )

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

$200 \text{ L/m}^2 = 2000 \text{ m}^3/\text{ha}$  ( $1 \text{ litro/m}^2 = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$ )

$2000 \text{ m}^3/\text{ha} \times 12,26 \text{ g/m}^3 = 24522 \text{ g/ha} = \mathbf{24,5 \text{ kg/ha MgO}}$  > 18 kg/ha para una cosecha esperada de 30 t/ha (calculado en el ejemplo 1). No es necesario aplicar magnesio en la fertilización.

Realizamos el mismo proceso para el potasio y el calcio:

$0,20 \text{ meq/L K} = 0,20 \times 47,1 = 9,42 \text{ mg/L K}_2\text{O}$ ;  $9,42 \text{ mg/L} = 9,42 \text{ gramos/metro cúbico (g/m}^3\text{) K}_2\text{O}$  ( $1 \text{ mg/L} = 1 \text{ g/m}^3$ )

$2000 \text{ m}^3/\text{ha} \times 9,42 \text{ g/m}^3 = 18840 \text{ g/ha} = \mathbf{18,8 \text{ kg/ha K}_2\text{O}}$ ; esto supone el 8% del potasio necesario para la cosecha de 30 t/ha, (249 kg/ha, ejemplo 1).

$0,15 \text{ meq/L Ca} = 0,15 \times 28,0 = 4,2 \text{ mg/L CaO} = 4,2 \text{ gramos/metro cúbico (g/m}^3\text{) CaO}$ .  $2000 \text{ m}^3/\text{ha} \times 4,2 \text{ g/m}^3 = 8400 \text{ g/ha} = \mathbf{8,4 \text{ kg/ha CaO}}$ ; esto supone el 31% del potasio necesario para la cosecha de 30 t/ha, (27 kg/ha, ejemplo 1).

## 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, el aporte de nitrógeno, potasio, calcio, fósforo y magnesio puede ser bastante importante, como se observa en la tabla 3 donde se presentan 6 estiércoles usados en papa en la zona sur en el año 2022. También se observa una gran variabilidad entre materiales.

**Tabla 3:** Valores analíticos de 4 estiércoles usados en papa en la zona de Granadilla – San Miguel – Vilaflor en el año 2022 y de 2 compost comerciales utilizados en la comarca (Fuente propia).

Parámetro	tipo estiércol					
	1	2	3	4	5	6
pH	4,6	6,7	8,3	8,1	6,0	7,0
Humedad (%)	38	29	32	30	30	10
Materia orgánica	77	50	54	53	41	75
Nitrógeno total (N)	3,57	4,30	2,40	1,80	5,30	3,60
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1,98	1,67	1,01	1,19	1,95	3,00
Potasio (K <sub>2</sub> O)	1,71	2,53	3,13	2,29	2,77	2,50
Calcio (CaO)	0,09	2,10	3,50	1,82	2,52	1,00
Magnesio (MgO)	0,23	0,88	1,21	0,90	0,95	1,00
Clase según Metales pesados*	A	A	A	A	B**	A
Aporte de N en 1 kg/m <sup>2</sup> ***	155	213	114	88	260	227

1: compost comercial de una empresa de la zona sur de Tenerife; 2: Estiércol seco mezcla pollo, caballo y restos de manufactura de tabaco; 3: Estiércol seco cabra; 4: estiércol seco caballo; 5: estiércol seco pollo con cama; 6: abono orgánico comercial comercializado en pellets

\* 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.

\*\* Pasa de clase A a 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

Hay que tener en cuenta que no todos los nutrientes del estiércol van a estar disponibles. No se han hechos estudios de cómo distintas materias orgánicas van liberando los nutrientes (en especial del nitrógeno) en nuestras condiciones de clima y suelo. La disponibilidad del nitrógeno y del fósforo en los estiércoles de aves (gallina de puesta y avícola de carne) se puede estimar que es un 70 - 80% durante el ciclo de cultivo de la papa. En el caso de otros estiércoles, se puede considerar que sería un 50%. También se podría asumir que el 80% del calcio y el magnesio estarán disponibles, mientras que en el caso del potasio se considera un 100% de disponibilidad. Sería interesante poder tener estos datos de forma experimental y de forma más pormenorizada durante el ciclo de cultivo. En el ejemplo 3 se presentan los aportes de nutrientes de una cantidad relativamente normal de un estiércol relativamente bastante usado en papas de la zona del sur de Tenerife.

**Ejemplo 3: Si estamos usando estiércol de pollo, con la analítica del producto nº5 de la tabla 3, a una dosis de 1 kg/m<sup>2</sup>, ¿qué cantidad de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio en kilogramos por hectárea? ¿Estaríamos completando las necesidades calculadas en el ejemplo 1?**

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)

1 kg/m<sup>2</sup> de estiércol de pollo con un 30% de humedad correspondería a tener 100-30 = 70% de materia seca:

1 kg/m<sup>2</sup> de estiércol fresco x 70/100 = 0,70 kg/m<sup>2</sup> de estiércol de pollo seco = 7000 kg/ha

Con este dato ya podríamos calcular 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: 7000 kg x 75/100 (porcentaje mineralización N) x 5,30/100 (% N del estiércol) = **279 kg/ha de N** > 159 kg/ha para una cosecha esperada de 30 t/ha (ejemplo 1)

Fósforo: 7000 kg x 75/100 x 1,95/100 = **137 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** > 36 kg/ha para una cosecha esperada de 30 t/ha (ejemplo 1)

Potasio: 7000 kg x 100/100 x 2,77/100 = **194 kg/ha K<sub>2</sub>O**; < 249 kg/ha para una cosecha esperada de 30 t/ha (ejemplo 1)

Calcio: 7000 kg x 80/100 x 2,52/100 = **141 kg/ha CaO** > 27 kg/ha para una cosecha esperada de 30 t/ha (ejemplo 1)

Magnesio: 7000 kg x 80/100 x 0,95/100 = **54 kg/ha MgO** > 18 kg/ha para una cosecha esperada de 30 t/ha (ejemplo 1)

**Vemos que solo con los aportes del estiércol de pollo hemos sobrepasado ampliamente las necesidades del cultivo salvo en el caso del potasio.**

Para aportar todo el nitrógeno necesario para una cosecha de 3 a 5 kg/m<sup>2</sup>, serían necesarios entre 600 y 900 g/m<sup>2</sup> del estiércol de aves con las analíticas de la tabla 2. En el ejemplo 2 se observa que las dosis normales de estiércol de pollo o gallina usadas en la zona (1 kg/m<sup>2</sup>) aportan una cantidad mucho más alta de nutrientes que la necesaria. Esto es perjudicial ya que las altas cantidades de nitrógeno perjudican la calidad de la papa cosechada y hacen el cultivo más sensible a enfermedades como el mildiu. Por otra parte, la adición continua de esas cantidades acelera la salinización de los suelos.

En el caso de los estiércoles de cabra y de caballo y del compost comercial, si se puede estimar que con unos 1,5 a 2,0 kg/m<sup>2</sup> estamos incorporando el nitrógeno necesario.

Por todo lo anterior es importante tener datos de las cantidades y tipos de materias orgánicas aplicadas antes del cultivo, ya que los valores pueden variar bastante según tipos y en función de las cantidades de nutrientes, puede que no sea necesario aportar fertilizantes en el año que se aporta estiércol. En el caso de aportar compost si puede ser necesario en función del tipo de compost y la dosis. Si se aporta pinocha, se recomienda realizar una fertilización completa, ya que ese material no tiene una concentración de nutrientes alta y su descomposición requiere de una cantidad de nitrógeno relativamente alta.

**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 microbiológica del suelo, 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. Por desgracia, 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 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 se mineralizan de forma anual 20 kg/ha de nitrógeno en un suelo franco (25 kg/ha en suelos arenosos y 15 kg/ha en arcillosos). En una plantación de invierno (siembra enero – recolección mayo) podemos estimar que se mineralizaría un 35% de esa cantidad anual (7 kg/ha), mientras que en una de verano (siembra agosto – recolección final diciembre), nos iríamos a un 40% (8 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 y recogerlas para su Análisis**

## 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 especial cuando la cantidad aportada es alta, como algunos cultivos que dejan en la parcela una parte importante de la planta (coliflores o brócolis, por ejemplo). En el caso de haber cultivado anteriormente alguna leguminosa, también deberíamos tenerlo en cuenta, ya que estas plantas son capaces de fijar N atmosférico. En la tabla 4 se señalan los aportes de algunos cultivos que se podrían poner antes de una papa.

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.

En la zona sur de Tenerife no suele ser normal plantar un cultivo antes de la papa, debido normalmente a una falta de costumbre en este sentido y en los últimos años a la falta de agua de riego en la comarca.

**Siempre que sea posible, es muy recomendable tener una rotación de cultivos en las parcelas. Plantar “papa sobre papa” lleva antes o después a una degradación del suelo y a una pérdida de producción.**

**Tabla 4:** Cantidades de nutrientes que quedan en los residuos de cosecha de algunos cultivos hortícolas al aire libre (MAPA, 2010; Villalobos y Fereres, 2017)

Cultivo	Cosecha	Nitrógeno (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)
	t/ha	kg/ha		
Brócoli	17	150	50	250
Coliflor	30	120	40	160
Col	50	90	20	110
Calabaza /calabacín	25	20	5	20
Cebolla	65	20	3	5
Habichuela	14	30	25	60
Lechuga	35	15	5	25
Millo (cosecha grano)	13	40	7	25
Papa	25	16	5	30
Puerro	30	10	5	10
Zanahoria*	65	60	20	140

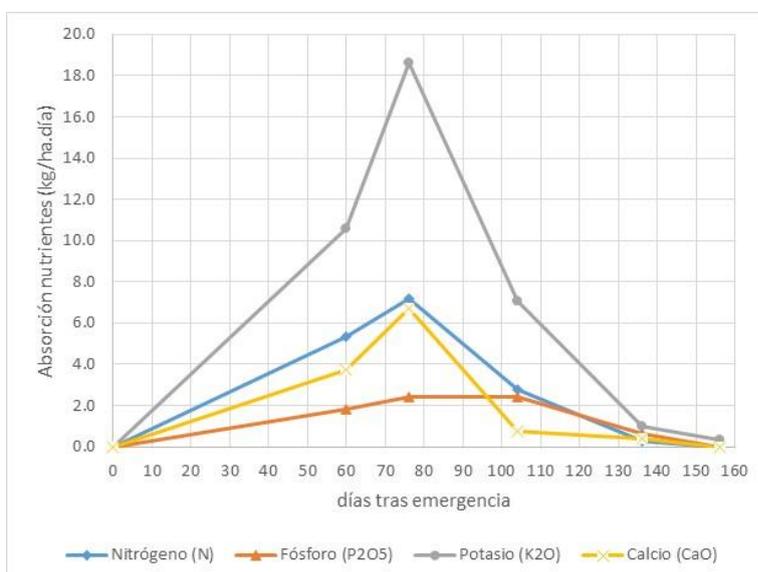
\* Recolección dejando todas las hojas en el suelo.

### 3. ¿Cuándo abonar?

Como se comentó anteriormente, una de las ventajas principales de la fertirrigación es que permite suministrar los nutrientes en los momentos en los que la planta los necesita. Existen bastantes estudios donde se observa la absorción de nutrientes durante el ciclo de cultivo de la papa. En la figura 1 se presenta un ejemplo donde se observan los patrones de absorción de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en un cultivo en Estados Unidos.

En general, la absorción máxima de los nutrientes principales se realiza al mismo tiempo, coincidiendo con la formación de tubérculos. En función de eso, habría que ajustar las cantidades de nutrientes a aportar en función de esas absorciones: Por ejemplo, la aplicación de nitrógeno antes de la siembra se estaría aplicando mucho antes que la planta tenga sus máximas necesidades y que pueda ser lavado por las lluvias o por el riego. Para evitar esto debe aplicarse una fuente de nitrógeno que tarde en solubilizarse (orgánica o estabilizada) o realizar los aportes de forma escalonada con la fertirrigación.

**Figura 1:** Pauta de absorción de nutrientes en función de los días tras la emergencia del cultivo (cv. Russet Burbank) (adaptado de Horneck y Rosen, 2008).



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 complicamos los aportes, al tener que ir cambiando las cantidades de cada nutriente). De forma práctica se pueden establecer varios periodos. Una propuesta podría estar basada en los estados fenológicos de la papa (Fig. 2):

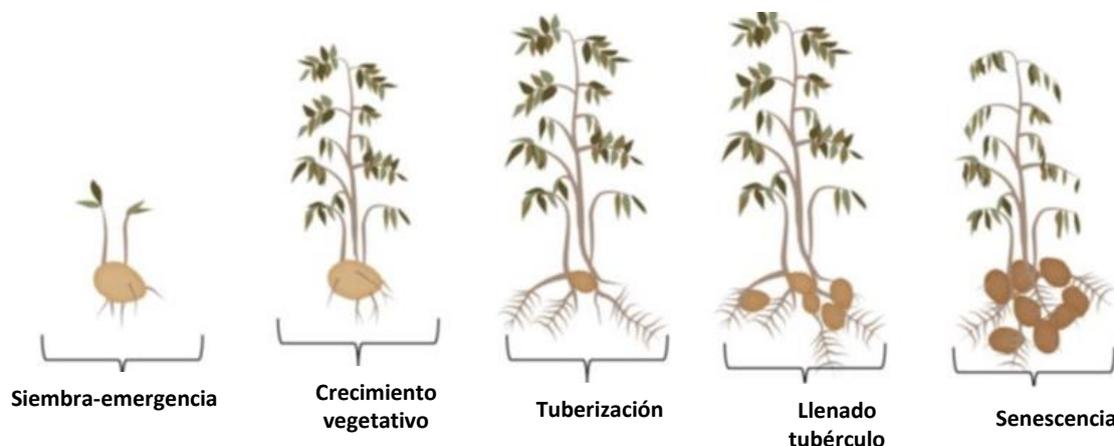


Figura 2: Estados fenológicos del cultivo de papa (adaptado de Obidiegwu et al, 2015)

- **1º estado (Siembra – emergencia):** No se abona (la planta crece con las reservas de la semilla).
- **2º estado (Crecimiento vegetativo).**
- **3º estado (Tuberización):** Máximo aporte de nutrientes
- **4º estado (Llenado de tubérculos o maduración):** Las necesidades de nutrientes bajan.
- **5º estado (Comienzo senescencia):** Se deja de abonar y se comienza a reducir la dosis de agua.

La duración de cada estado va a depender fundamentalmente del ciclo de la variedad. Para un cultivar de ciclo medio largo (150 – 160 días desde siembra hasta recolección), ajustando a semanas, podría ser:

- **Siembra – emergencia:** 20 – 30 días
- **Crecimiento vegetativo:** Correspondería al periodo entre la emergencia hasta unos 42 días (correspondiente a 6 semanas)
- **Tuberización:** Desde los 42 hasta 84 días, que serían 42 días (6 semanas)
- **Maduración:** Desde los 84 hasta los 133 días (7 semanas)
- **Comienzo senescencia:** A partir de 133 días.

En variedades más tardías le podemos poner ir sumando 10 días más a cada periodo o hacer una “cata”, viendo cuando se empiezan a ver los primeros estolones con los nuevos tubérculos o que aparezcan las flores, que correspondería al momento de la tuberización. Esto es importante cuando estamos plantando una variedad por primera vez y no conocemos bien su ciclo.

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 5 se presenta una propuesta de reparto basada en la bibliografía y la experiencia de los autores, considerando la totalidad del magnesio necesario completa con los aportes del agua de riego. El reparto coincide también con lo establecido en el Programa de Actuación para prevenir y reducir la contaminación

causada por los nitratos de origen agrario de Canarias.

**Tabla 5:** Propuesta de reparto en fertirrigación de macronutrientes en los diferentes estadios (Kolbe y Stephen, 1997; Bar Yosef, 1999; Horneck y Rosen, 2008; Haifa, 2019)

Estado	Nitrógeno(N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)	Calcio (CaO)
	% del total a aportar			
Siembra a emergencia	0	0	0	0
Crecimiento vegetativo	25	50	20	25
Tuberización	55	30	55	50
Maduración	20	20	25	25
Comienzo senescencia	0	0	0	0

En función de esa 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 papa de la zona sur para un ciclo donde no se haya aportado materia orgánica ni abonados de fondo, durante cada periodo serían:

- Crecimiento vegetativo: 1 : 0,4 : 1 : 0,1 (N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O : CaO)
- Tuberización: 1 : 0,2 : 1,3 : 0,1
- Maduración: 1 : 0,2 : 1,6 : 0,3

#### 4. 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 6 vienen reflejadas las riquezas en nitrógeno (como nitrógeno amoniacal y nítrico), fósforo y potasio de los principales fertilizantes simples usados en fertirrigación.

**Tabla 6:** Riquezas usuales de los fertilizantes solubles usados para aportar nitrógeno (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y potasio (K<sub>2</sub>O).

Fertilizante	% N	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% K <sub>2</sub> O	% otros
Ácido nítrico	12 – 12,5 <sup>1</sup>	0	0	0
Nitrato cálcico <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	0	0	0
Sulfato amónico <sup>2</sup>	21	0	0	22 S
Fosfato monoamónico	12	60 – 61	0	0
Urea fosfato	17,5 – 18,0 <sup>3</sup>	44	0	0
Ácido fosfórico	0	44 – 72 <sup>1</sup>	0	0
Fosfato monopotásico	0	52	34 – 34,5	0
Sulfato potásico <sup>2</sup>	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 4):

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

2. Calcular la cantidad de fertilizante necesaria para aportar una cantidad dada de nutriente (ejemplo 5):

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

**Ejemplo 4: ¿Cuánto nitrógeno y fósforo aportan 75 kg de fosfato monoamónico?:**

El fosfato monoamónico que tiene la finca tiene un 12% de N y un 60% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

75 kg de fosfato monoamónico x 12 (riqueza en N del fosfato monoamónico) / 100 = 75 x 12/100 = **9 kg N**

75 kg fosfato monoamónico x 60 (riqueza en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fosfato monoamónico) / 100 = 75 x 60/100 = **45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**

**Ejemplo 5: Queremos aportar 10 gramos de potasio usando sulfato potásico. ¿Cuánto fertilizante necesitaríamos?**

El sulfato potásico disponible tiene un 50% de K<sub>2</sub>O:

10 g K<sub>2</sub>O x 100/50 (riqueza del sulfato potásico en K<sub>2</sub>O) = 10 x 100/50 = **20 gramos 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.

Muchos complejos suelen venir formulados con magnesio y con microelementos. En Tenerife, como se comentó en el apartado de los aportes de nutrientes del agua de riego, el magnesio en los complejos no suele ser muy importante en cultivos de regadío al tener muchas aguas unos niveles de ese nutriente suficientes para la papa. En función de los aportes del agua de riego y del análisis de suelo, puede tener que disponerse, bien de una fuente complementaria de calcio (normalmente nitrato de calcio) o buscar 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) dependerá fundamentalmente del estado de desarrollo del cultivo. Sin embargo, 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, podríamos elegir los siguientes equilibrios.

- **Crecimiento vegetativo.** Durante este periodo se podría usar un equilibrio equilibrado entre nitrógeno y potasio, yendo a abonos complejos del tipo 15-10-15 o 17-6-18. En suelos con altos contenidos en fósforo como suele ser normal en papa en el Sur de Tenerife, los equilibrios altos en ese elemento como 13-40-13 **no** son necesarios.
- **Tuberización.** Se seguiría con abonos de equilibrio vegetativo, a ser posible más ricos en potasio y más pobres en fósforo, como serían los complejos 17-5-19 o 20-10-25.
- **Maduración del tubérculo.** En este estado habría que buscar un equilibrio de fructificación, pero sin una alta relación potasio - nitrógeno, como un 20-5-30 o un 20-6-28.

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 entre diferentes queserías en el sur de Tenerife en su contenido en nutrientes con valores de N entre 1,56 y 5,23 g/L y de 1,32 a 18,8 g/L de potasio.

Por lo tanto, es muy recomendable saber los contenidos en nutrientes, porque si no es bastante probable que no ajustemos las cantidades de nutrientes que queremos aplicar al cultivo, bien por defecto o por exceso.

## 5. Ejemplo de fertirrigación con equipos sencillos de inyección

A la hora de fertirrigar, se puede optar por aplicar todos los macronutrientes o hacer una aplicación en presiembra de algunos de ellos, en especial los que menos se van a lavar, como sería el fósforo o en menor medida el potasio o el calcio. Desde el punto de vista de la fertirrigación, la aplicación de todo el fósforo en fondo facilita mucho la aplicación ya que evitamos una de las incompatibilidades entre fertilizantes más frecuentes (precipitación de fosfatos de calcio) y usar sin problemas sistemas de inyección más sencillos. Por otra parte, el fósforo es el macroelemento menos móvil en el suelo y

por lo tanto el que menos riesgo tendría de perderse con el riego

Sin embargo, 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 orgánicas o estabilizadas.

La opción de aplicar el fósforo en fondo y fertirrigar con el resto de macronutrientes puede ser bastante interesante para los sistemas actuales de fertirrigación en las parcelas que han pasado a riego localizado, que suelen consistir en una abonadora o un Venturi (1 cabeza inyectora). Estos sistemas son más que adecuados para un cultivo como la papa.

Dentro de las fuentes disponibles de fósforo y en las condiciones de Tenerife, con suelos con contenidos en calcio bajos, la mejor opción podría ser el superfosfato simple de calcio (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 10% CaO). De esa manera también estamos aplicando calcio, que tampoco se lavará por el riego.

**Ejemplo 6: Si estamos trabajando con las necesidades de abono del ejemplo 1 (cosecha esperada 30 t/ha), no se ha aportado materia orgánica y queremos aportar el fósforo como superfosfato de cal, ¿cuánto fertilizante aplicaríamos? ¿Cuánto calcio aplicaríamos con el fertilizante aplicado?**

Como no se ha aportado materia orgánica y el agua de galería no aporta fósforo, tendremos que usar fertilizantes.

Para aportar 36 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> necesitamos:

$36 \text{ (cantidad de P}_2\text{O}_5 \text{ que necesitamos)} \times 100 / 18 \text{ (porcentaje de riqueza del fertilizante en P}_2\text{O}_5) = \mathbf{200 \text{ kg/ha de superfosfato.}}$

200 kg/ha superfosfato de cal aportan también calcio:

$200 \text{ (kg de fertilizante)} / 10 \text{ (riqueza en CaO del abono)} = \mathbf{20 \text{ kg/ha CaO}} < 27 \text{ kg/ha para una cosecha esperada de 30 t/ha (ejemplo 1)}$

A la hora de aportar el superfosfato hay que tener en cuenta que se mueve poco en el suelo por lo que idealmente se tendría que asegurar que se quede en la zona que van a explorar las raíces, lo que supone con las técnicas de cultivo que se utilizan en la zona sur que se aplicaría a toda la superficie en la última labor antes de la plantación.

Vamos a hacer un ejemplo calculando las cantidades de abono en cada riego teniendo en cuenta una serie de condicionantes de cosecha, aportes de materia orgánica y de agua de riego y tipo de cabezal:

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

1. las necesidades del cultivo del ejemplo 1.
2. Se considera un ciclo de 19 semanas desde que nacen las papas (4,75 meses).
3. El único aporte en preplantación fue 0,5 kg/m<sup>2</sup> de estiércol de cabra (datos del material nº3 tabla 3).
4. Los aportes del agua del ejemplo 2. Se considera el aporte de magnesio completo.
5. El cabezal solo tiene una cabeza inyectora.

Se debe tener en cuenta que todas las condiciones enumeradas anteriormente pueden cambiar de finca a finca, por los resultados finales variarán en consonancia

En primer lugar, hacemos el balance de nutrientes que quedan por aportar con fertilizantes solubles simples:

Nutriente	Nitrógeno (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)	Calcio (CaO)
<b>Necesidades</b>	159	36	249	27
<b>Aportes estiércol</b>	41	17	106	95
<b>Aportes agua riego</b>	0	0	18,8	8,4
<b>Resto a aportar</b>	<b>118</b>	<b>19</b>	<b>124,2</b>	<b>0</b>

Sólo con el estiércol ya hemos aplicado el 26% del nitrógeno, el 47% del fósforo, el 42% del potasio y el 100% del calcio. En fertirrigación tendríamos que aportar el nitrógeno, el fósforo y el potasio no aplicado en presiembra. Repartimos en primer lugar en los 3 estados en los que vamos a organizar la abonada, según se señaló en la tabla 5.

Estado	Nitrógeno(N)		Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		Potasio(K <sub>2</sub> O)	
Aporte total	118 kg/ha		19 kg/ha		124 kg/ha	
C. vegetativo	25%	0,25 x 118= <b>29,5</b>	50%	0,5 x 19 = <b>9,5</b>	20%	0,20 x 124= <b>24,8</b>
Tuberización	55%	0,55 x 118 = <b>64,9</b>	30%	0,3 x 19 = <b>5,7</b>	55%	0,55 x 124= <b>68,2</b>
Maduración	20%	0,20 x 118 = <b>23,6</b>	20%	0,2 x 19 = <b>3,8</b>	25%	0,25 x 124= <b>31,2</b>

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 y fosfato monoamónico para el fósforo, mientras que el resto del N no aportado con los fertilizantes anteriores se completaría con nitrato amónico. Por lo tanto, hay que calcular primero los aportes de potasio y fósforo y dejar para el final el del nitrógeno restante.

#### Primer Periodo (crecimiento vegetativo).

Si necesitamos 24,8 kg de K<sub>2</sub>O con nitrato potásico (46% K<sub>2</sub>O),  
 $24,8 \text{ (cantidad de K}_2\text{O que necesitamos)} \times 100 / 46 \text{ (porcentaje de riqueza abono en K}_2\text{O)} = 53,9 \text{ kg/ha}$   
 El nitrato potásico tiene un 13%N, por lo tanto,  $53,9 \text{ kg de fertilizante están aportando } 53,9 \text{ (kg nitrato potásico)} \times 13 \text{ (porcentaje riqueza abono N)} / 100 = 7,0 \text{ kg de N.}$

Si necesitamos 9,5 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con fosfato monoamónico (60% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>):  
 $9,5 \times 100 / 60 = 15,8 \text{ kg/ha. El abono tiene un } 12\%N, \text{ por lo tanto: } 15,8 \times 12 / 100 = 1,9 \text{ kg de N.}$

Con esto necesito aportar con nitrato amónico (33,5%N):  
 $29,5 \text{ kg N (total)} - 8,1 \text{ kg (nitrato potásico)} - 1,9 \text{ kg (fosfato monoamónico)} = 18,6 \text{ kg de N a aportar con nitrato amónico. Si este fertilizante tiene un } 33,5\% \text{ de N. } 18,6 \times 100 / 33,5 = 55,5 \text{ kg de fertilizante.}$

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

#### Crecimiento vegetativo

Fertilizante	Cantidad (kg/ha)			
	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	fertilizante
nitrato potasio	<b>24,8</b>		7,0	<b>53,9</b>
fosfato monoamónico		<b>9,5</b>	1,9	<b>15,8</b>
nitrato amónico			<b>29,5-7,0-1,9=20,6</b>	<b>61,5</b>
Totales	<b>24,8</b>	<b>9,5</b>	<b>29,5</b>	131,2

Si consideramos un periodo de 42 días (6 semanas), los aportes a poner en fertirrigación por semana serían:

Abono elegido	Cálculo semanal	kg/ha.semana	g/m <sup>2</sup> .semana
nitrato potasio	$53,9 / 6 = 8,98$	<b>8,98</b>	<b>0,90</b>
fosfato monoamónico	$15,8 / 6 = 2,63$	<b>2,63</b>	<b>0,26</b>
nitrato amónico	$61,5 / 6 = 10,25$	<b>10,25</b>	<b>1,03</b>

10 kg/ha = 1 g/m<sup>2</sup> (gramos abono/metro cuadrado parcela)

**Tuberización** (cálculos similares al anterior):

Fertilizante	Cantidad (kg/ha)			fertilizante
	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	
nitrate potasio	68,2		19,3	148,3
fosfato monoamónico		8,4	1,7	
nitrate amónico			64,9-19,3-1,7=43,9	
Totales	68,2	8,4	64,9	293,3

Con una duración de 6 semanas, los aportes a poner en fertirrigación por semana:

Abono elegido	Cálculo semanal	kg/ha.semana	g/m <sup>2</sup> .semana
nitrate potasio	148,3/6 = 24,72	24,72	2,47
fosfato monoamónico	14,0/6 = 2,33	2,33	0,23
nitrate amónico	131,0/6 = 21,83	21,83	2,18

**Maduración** (cálculos similares a los explicados en crecimiento vegetativo):

Fertilizante	Cantidad (kg/ha)			fertilizante
	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	
nitrate potasio	31,2		8,8	67,8
fosfato monoamónico		5,6	1,1	
nitrate amónico			23,6-10,6-1,1=13,7	
Totales	31,2	5,6	23,6	118,0

Con una duración de 7 semanas, los aportes a poner en fertirrigación por semana, serían:

Abono elegido	Cálculo semanal	kg/ha,semana	g/m <sup>2</sup> ,semana
nitrate potasio	67,8 / 7 = 9,69	9,69	0,97
fosfato monoamónico	9,3 / 7 = 1,33	1,33	0,13
nitrate amónico	40,9 / 7 = 5,84	5,84	0,58

El total de abonos aportados en fertirrigación fue de 542,5 kg/ha, correspondiente a **0,22 kg de abono/kg de semilla** (para un gasto de 200 m<sup>2</sup> por saco de semilla de 50 kg).

En función de los metros cuadrados de cada unidad operacional de riego (una unidad operacional de riego correspondería a la zona que se riega de una vez) y del número de riegos por semana, pesariamos los 3 abonos y los disolveríamos en la abonadora o en el tanque del Venturi.

Por ejemplo, en el primer periodo si estamos regando 4 veces por semana y tenemos una unidad operacional de 2300 m<sup>2</sup>, las cantidades que tendrían que aplicarse en cada riego serían:

Abono elegido	g/m <sup>2</sup> .semana	g/unidad operacional	gramos /u. operacional y riego
nitrate potasio	0,90	0,90 x 2300 =2070 g	2070 / 4 = <b>518 g *</b>
f. monoamónico	0,26	0,26 x 2300 =598 g	598 / 4 = <b>150 g *</b>
nitrate amónico	1,03	1,03 x 2300 = 2369 g	2369/4 = <b>592 g *</b>

\* Sería recomendable tener en cuenta la precisión de la pesa disponible en la explotación.

Por otra parte, si sabemos la cantidad de abono que ponemos 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. Por ejemplo, si en un riego del primer periodo estamos aplicando en cada riego 3000 litros a la unidad experimental de 2300 m<sup>2</sup>:

Cantidad total de abonos en cada riego: 518+ 150 + 592 = 1260 g

Concentración total de abono: 1260 g/ 3000 litros = 0,42 gramos/litro

El aumento de la CE por los aportes de abono en cada riego sería:0,42 / 0,85 = 0,49 dS/m

Este resultado puede cambiar si cambia la dosis de riego.

Los fertilizantes para usar en la abonada pueden cambiar en función de determinados factores agronómicos (entre otros):

- El aporte salino de cada abono. No todos los abonos suben la salinidad de la misma forma. Se puede decir que los sulfatos suben más la salinidad que los nitratos y estos a su vez más que los fosfatos. Algunos purines pueden tener también un alto aporte salino.
- El pH del suelo. En suelos alcalinos puede ser más recomendable el uso de sulfato amónico antes que nitrato amónico ya que el primero ayuda a bajar el pH a medio plazo.

De esta forma, los aportes de nutrientes se pueden hacer con diferentes abonos simples o complejos, orgánicos o inorgánicos. A su vez, esos abonos diferentes tienen otras riquezas en nutrientes por los que las cantidades finales pueden variar.

Otro factor importante para calcular las cantidades de abono, sería el tipo de sistema de inyección de abonos del 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 ajuste 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.

## 6. Resumen y recomendaciones finales

- La fertirrigación puede ayudar a una fertilización más racional del cultivo, ya que permite aportar los nutrientes cuando los necesita el cultivo, evitando pérdidas por lavado por el riego o por las lluvias.
- 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 actualmente utilizados en la zona, de gallina o de pollo a dosis en el entorno de 1 kg/m<sup>2</sup>, aportan aproximadamente el doble de los macronutrientes que necesita el cultivo, salvo en el caso del potasio.
  - Para aportar el nitrógeno necesario para todo el periodo de cultivo usando estiércol de pollo o gallina se recomienda utilizar cantidades menores (aproximadamente 600 g/m<sup>2</sup>) y complementar con algún fertilizante potásico.
  - En el caso de estiércol de caballo o de cabra, las dosis en torno a 1,5 kg/m<sup>2</sup> completan las necesidades de nitrógeno. El estiércol de cabra se adapta algo mejor a las necesidades de macronutrientes de la papa que el de caballo.
- Con los niveles de magnesio normales de las aguas de galería del Sur de Tenerife no es necesario el aporte de magnesio.
- Los cálculos de los aportes de fertilizantes químicos deben hacerse como mínimo tras saber los aportes de nutrientes de los estiércoles y del agua de riego. **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.

## 7. Bibliografía de referencia y/o citada en el texto

- Bar Yosef, B. (1999) **Advances in fertigation.** *Advances in Agronomy*, 65: 1-77.
- 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 de Transferencia Agroalimentaria. Gobierno de Aragón. [http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/guia\\_dejeccions.pdf](http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/guia_dejeccions.pdf)
- 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.
- Haifa (2019). **Nutritional recommendations for potato.** <https://www.haifa-group.com/files/Guides/Potato.pdf>
- Horneck, D. y Rosen, C. (2008) **Measuring nutrient accumulation rates of potatoes – tools for better management.** *Better Crops*, 92(1): 4-6.
- Kafkaki, U. y Tarchitzky, J. (2011) **Fertigation. A tool for efficient fertilizer and water management.** International Fertilizer Industry Association. International Potash Institute. París. Francia.
- Koch, M.; Nauman, M. Pawelzik, E.; Gransee, A. y Thief, H. (2020) **The importance of nutrient management for potato production Part I: plant nutrition and yield.** *Potato Research*, 63: 97-119. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-09431-2>
- Kolbe, H. y Stephan-Beckmann, S. (1997) **Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). II. Tuber and whole plant.** *Potato Research*, 40: 135–153. <https://doi.org/10.1007/BF0235824>
- Levy, D. y R.E. Veilleux. (2007) **Adaptation of potato to high temperatures and salinity. A review.** *American Journal of Potato Research*, 84: 487-506
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010) **Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España.** Servicio de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
- 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.
- 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.
- 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>
- Obidiegwu J.E.; Bryan G.J.; Jones H.G. y Prashar, A. (2015) **Coping with drought: stress and adaptive responses in potato and perspectives for improvement.** *Frontiers in Plant Science*, 6:542. doi: 10.3389/fpls.2015.00542
- Santos, B. y Ríos, D. (2025) **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. S/C Tenerife.
- Villalobos, F.J. y Fereres, E. (2016). **Fitotecnia. Principios de agronomía para una agricultura sostenible.** Mundi-Prensa. Madrid.

# Dónde estamos



<b>Unidad Central</b>	C/ Alcalde Mandillo Tejera, 8 S/C de Tenerife	<b>922 239 275</b>	<a href="mailto:servicioagr@tenerife.es">servicioagr@tenerife.es</a>
<b>AEA Tejina</b>	C/ Palermo, 2. - Tejina	<b>922 546 311</b> <b>922 257 153</b>	<a href="mailto:aeate@tenerife.es">aeate@tenerife.es</a> <a href="mailto:aeall@tenerife.es">aeall@tenerife.es</a>
<b>AEA Tacoronte</b>	Ctra. Tacoronte-Tejina, 15	<b>922 573 310</b>	<a href="mailto:aeata@tenerife.es">aeata@tenerife.es</a>
<b>AEA La Orotava</b>	C/ Sor Soledad Cobián, 20	<b>922 328 009</b>	<a href="mailto:aealao@tenerife.es">aealao@tenerife.es</a>
<b>AEA Icod</b>	C/ Key Muñoz, 5	<b>922 815 700</b>	<a href="mailto:aeaicod@tenerife.es">aeaicod@tenerife.es</a>
<b>AEA Buenavista</b>	C/ El Horno, 1	<b>922 129 000</b>	<a href="mailto:aeabu@tenerife.es">aeabu@tenerife.es</a>
<b>AEA Guía de Isora</b>	Avda. La Constitución, s/n	<b>922 850 877</b>	<a href="mailto:aeagi@tenerife.es">aeagi@tenerife.es</a>
<b>AEA Valle San Lorenzo</b>	Carretera TF 28, 122	<b>922 767 001</b>	<a href="mailto:aeavsl@tenerife.es">aeavsl@tenerife.es</a>
<b>AEA Granadilla</b>	San Antonio, 13	<b>922 447 100</b>	<a href="mailto:aeagr@tenerife.es">aeagr@tenerife.es</a>
<b>AEA Fasnia</b>	Ctra. Los Roques, 21	<b>922 530 900</b>	<a href="mailto:aeaf@tenerife.es">aeaf@tenerife.es</a>
<b>AEA Güímar</b>	Plaza del Ayuntamiento, 8	<b>922 514 500</b>	<a href="mailto:aeaguimar@tenerife.es">aeaguimar@tenerife.es</a>
<b>C.C.B.A.T.</b>	C/Retama 2, Puerto de la Cruz Jardín Botánico	<b>922 573 110</b>	<a href="mailto:ccbiodiversidad@tenerife.es">ccbiodiversidad@tenerife.es</a>
<b>Oficina de Asesoramiento al Regante</b>	Finca La Quinta Roja Carretera General TF-42 (San Pedro-Las Cruces) Garachico	<b>680 846 946</b>	<a href="mailto:oficinadelregante@tenerife.es">oficinadelregante@tenerife.es</a>



**ccbat**  
CENTRO DE COOPERACIÓN  
DE LA ASOCIACIÓN AGRÍCOLA  
DE TENERIFE



Oficina del  
Regante  
de Tenerife



[www.agrocabildo.org](http://www.agrocabildo.org)