



HOJA
DIVULGADORA

ABONADO SOSTENIBLE DE LA LECHUGA

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

ABONADO SOSTENIBLE DE LA LECHUGA.

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 tener en cuenta la nueva legislación sobre nutrición sostenible de los suelos agrarios (R.D. 1051/2022 de 27 de diciembre) para realizar los cálculos necesarios en la fertirrigación de la lechuga. 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 de la lechuga, los valores pueden variar en función del tipo varietal que se plante (los cultivares tipo Iceberg son más exigentes que los tipos Batavia) 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 un cultivo de lechugas en kilogramos de nutriente por tonelada de lechugas producidas (kg/t) (Jubert et al., 1997; Bar Yosef, 1999; Rincón, 2005; Ramos y Pomares, 2010; Haifa, 2022)

| Nutriente | Nitrógeno (N) | Fósforo (P ₂ O ₅) | Potasio (K ₂ O) | Calcio (CaO) | Magnesio (MgO) |
|-----------|---------------|--|----------------------------|--------------|----------------|
| Batavia | 1,5 a 2,5 | 0,5 a 1,0 | 3,5 a 5,0 | 0,7 a 1,4 | 0,2 a 0,7 |
| Iceberg | 2,2 a 2,9 | 0,9 a 1,4 | 4,3 a 6,0 | 0,9 a 1,4 | 0,2 a 0,7 |

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 de un 10% para riego por goteo y el máximo contemplado por la legislación (20%) para microaspersión, en ambos casos para sistemas bien diseñados y mantenidos.

Como propuesta de necesidades de nutrientes por cosecha teniendo en cuenta todo lo anterior, vamos a usar los valores medios del intervalo para el nitrógeno, potasio y calcio y los bajos en 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.

| Tipo cultivar | Nitrógeno (N) | | Fósforo (P ₂ O ₅) | Potasio (K ₂ O) | Calcio (CaO) | Magnesio (MgO) |
|---------------|---------------|----------------|--|----------------------------|--------------|----------------|
| | goteo | microaspersión | | | | |
| Batavia | 2,3 | 2,5 | 0,6 | 4,3 | 1,0 | 0,3 |
| Iceberg | 3,0 | 3,3 | 0,9 | 5,2 | 1,1 | 0,3 |

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 lechugas tipo Batavia con un marco de plantación de 30 x 30 cm y un peso aproximado de 500 g/pieza, calcular los aportes a tener en cuenta de los principales macronutrientes.

Primero calculamos la producción esperada. La densidad de plantación sería $0,3 \times 0,3 = 0,09 \text{ m}^2$ por planta $\rightarrow 1/0,09 = 11,1$ plantas/ m^2 ; $11,1$ plantas/ $\text{m}^2 \times 500 \text{ g/planta} = 5556 \text{ g/m}^2 = 55 \text{ t/ha}$.

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

Para el N: $2,3 \text{ kg/t} \times 55 \text{ t/ha} = 127 \text{ kg/ha}$.

El cálculo sería el mismo para el resto de macronutrientes:

| Aportes totales de nutrientes para una cosecha prevista de 55 t/ha (11 lechugas/ m^2 de 500 g/pieza) | | | | | |
|---|---------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|----------------|
| Nutriente | Nitrógeno (N) | Fósforo (P_2O_5) | Potasio (K_2O) | Calcio (CaO) | Magnesio (MgO) |
| kg/ha | 127 | 33 | 237 | 55 | 17 |

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

Por otra parte, la lechuga es un cultivo relativamente sensible a la salinidad: a partir de una conductividad eléctrica (CE) de $1,3 \text{ dS/m}$ en el suelo (que correspondería a estar regando de forma continuada con un agua de $0,9 \text{ dS/m}$), la productividad puede bajar, siendo recomendable no sobrepasar $3,0 \text{ dS/m}$ en el suelo y $2,0 \text{ dS/m}$ en el agua. Los abonos solubles suben la salinidad del agua con la que se regarán las lechugas 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:

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

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

Teniendo en cuenta que las aguas de riego utilizadas en lechuga varían bastante en calidad, no se debería sobrepasarse 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 $0,6 \text{ dS/m}$). Se recomiendan valores entre $0,2$ y $0,4 \text{ g/L}$ (subidas de $0,20 - 0,50 \text{ dS/m}$). En condiciones de alta demanda evaporativa y para evitar problemas de la fisiopatía denominada puntas quemadas o "tip burn" (fig. 1) no es recomendable ir a conductividades altas, siendo mejor estar en valores en el entorno de $0,2 \text{ g/L}$.



Figura 1: Síntomas de tip burn en hojas recién emitidas en lechuga Batavia

Además de intentar controlar la salinidad, para evitar problemas de tip burn la clave es un buen manejo del riego para evitar estrés hídrico (aumento de la frecuencia, riegos en hojas de baja demanda) y la elección de variedades con cierta tolerancia a ese problema. Desde el punto de vista de la fertilización debe tenerse en cuenta que el potasio, el magnesio, el sodio y sobre todo el nitrógeno amoniacal, interfieren en la absorción de calcio que sería la razón de esta fisiopatía.

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. 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 \approx | 23,7 mg/L P_2O_5 |

En las condiciones normales en Tenerife, con aguas de galería, el aporte de magnesio del agua de riego es mayor que las necesidades del cultivo. Las necesidades de cultivo se podrían completar con concentraciones de magnesio superiores a 0,85 meq/L (para dotaciones de agua mayores o iguales a 100 litros/m²).

Ejemplo 2: Un cultivo de lechuga en una finca determinada consume 150 litros de agua de riego por metro cuadrado durante todo el cultivo. El análisis del agua señala que tiene 1,60, 0,82 y 0,90 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

$1,6 \text{ meq/L Mg} = 0,16 \times 20,1 = 32,2 \text{ mg/L MgO}$; $32,2 \text{ mg/L} = 32,2 \text{ gramos/metro cúbico (g/m}^3\text{) MgO}$ ($1 \text{ mg/L} = 1 \text{ g/m}^3$)

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

$150 \text{ L/m}^2 = 1500 \text{ m}^3\text{/ha}$ ($1 \text{ litro/m}^2 = 10 \text{ m}^3\text{/ha}$)

$1500 \text{ m}^3/\text{ha} \times 32,2 \text{ g/m}^3 = 48300 \text{ g/ha} = \mathbf{48,3 \text{ kg/ha MgO}}$. Esto supone un 228% del magnesio necesario para la cosecha de 11 lechugas/m²

Realizamos el mismo proceso para el potasio y el calcio:

$0,82 \text{ meq/L K} = 0,82 \times 47,1 = 38,6 \text{ mg/L } \text{O}_2$; $38,6 \text{ mg/L} = 38,6 \text{ gramos/metro cúbico (g/m}^3\text{) K}_2\text{O}$

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.

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.

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 también varía en función del tipo de estiércol y de las condiciones de clima y el suelo. No se han hechos estudios de cómo distintas materias orgánicas van liberando los nutrientes (en especial del nitrógeno) en nuestras condiciones. Por otra parte, el ciclo de cultivo de lechuga es relativamente corto (entre un mes y mes y medio en nuestras condiciones), lo que puede complicar el cálculo.

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 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 de cabra, con la analítica del producto nº1 de la tabla 3, a una dosis anual de 2 kg/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)

32% de humedad corresponde a tener $100 - 32 = 68\%$ de materia seca:

$2 \text{ kg/m}^2 \text{ de estiércol fresco} \times 68/100 = 1,36 \text{ kg/m}^2 \text{ de estiércol "seco"} = 13600 \text{ kg/ha}$

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: $13600 \text{ kg} \times 70/100 \text{ (porcentaje mineralización N)} \times 2,40/100 \text{ (% N del estiércol)} = \mathbf{228 \text{ kg/ha de N}}$. Podemos estimar una liberación de $228/12 = 19 \text{ kg/ha N y mes}$.

Fósforo: $13600 \text{ kg} \times 70/100 \times 1,01/100 = \mathbf{96 \text{ kg/ha P}_2\text{O}_5} \approx 8 \text{ kg/ha P}_2\text{O}_5 \text{ y mes}$

Potasio: $13600 \text{ kg} \times 100/100 \times 3,13/100 = \mathbf{426 \text{ kg/ha K}_2\text{O}} \approx 36 \text{ kg/ha K}_2\text{O y mes}$

Calcio: $13600 \text{ kg} \times 70/100 \times 3,50/100 = \mathbf{333 \text{ kg/ha CaO}} \approx 28 \text{ kg/ha CaO y mes}$

Magnesio: $13600 \text{ kg} \times 70/100 \times 1,21/100 = \mathbf{115 \text{ kg/ha MgO}} \approx 10 \text{ kg/ha MgO y mes}$

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

Con los aportes del estiércol y para un ciclo de 6 semanas = 42 días (1,4 meses) estamos aportando:

$19 \times 1,4 = 27 \text{ kg/ha de N}$ (un 21% del total requerido).

Aplicando el mismo cálculo también habrían disponibles $11 \text{ kg/ha de P}_2\text{O}_5$ (33%), $50 \text{ kg/ha de K}_2\text{O}$ (21%), 39 kg/ha de CaO (71%) y 14 kg/ha de MgO (82%)

Los estiércoles poco hechos y los procedentes de aves en general, liberan rápidamente cantidades apreciables de nitrógeno amoniacal. Como se comentó antes, esta forma de nitrógeno favorece la aparición de quemaduras en las puntas de las hojas (tip burn) (fig. 1). Por lo tanto, en principio no sería recomendable la adición de estos materiales antes de una plantación de lechuga, sobre todo en condiciones favorables para la aparición de esa fisiopatía (condiciones de alta demanda evaporativa: baja humedad relativa y alta temperatura). En todo caso se deben usar dosis bajas (200 a 300 g/m²). Puede ser más conveniente el uso de estiércoles bastante hechos o compost que liberen el nitrógeno de forma relativamente constante

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. En algunos casos puede que no sea necesario aportar otros fertilizantes cuando se aporta estiércol y en muchos casos esa cantidad se reduce bastante.

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. 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 6 semanas (1,4 meses) el aporte de nitrógeno sería 2,5 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 (ver tabla 5), 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 nitrógeno atmosférico.

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.

Tabla 5: 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 recogida | Nitrógeno (N) | Fósforo (P ₂ O ₅) | Potasio (K ₂ 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.

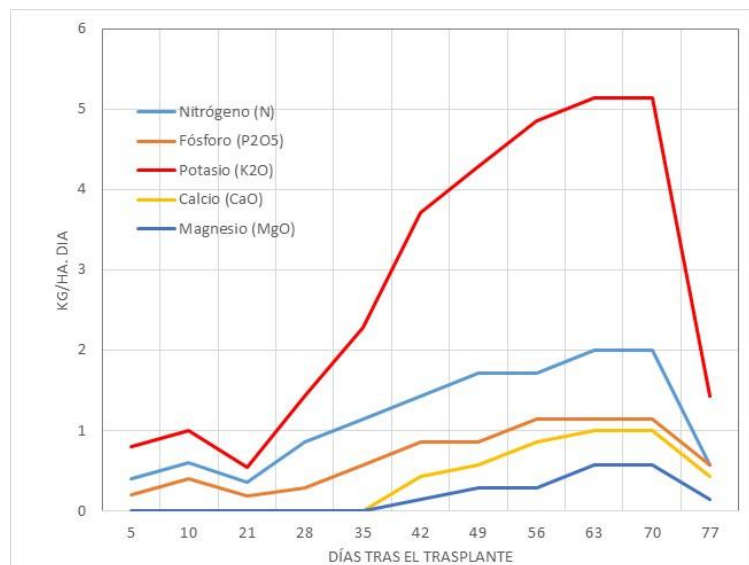
Es muy recomendable tener una rotación de cultivos en las parcelas. Plantar "tomate sobre tomate" lleva a que el control de plagas como *Tuta absoluta* sea prácticamente imposible, a la aparición de enfermedades foliares y de suelo y a una cierta degradación del suelo, lo que lleva a una pérdida de producción

¿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. Existen bastantes estudios donde se observa la absorción de nutrientes durante el ciclo de cultivo de la lechuga. En la figura 2 se presenta un ejemplo donde se observan los patrones de absorción de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en un cultivo de lechuga tipo Lollo u Hoja de Roble en Murcia en ciclo de primavera que podría acercarse a un ciclo largo de Batavia en nuestras condiciones.

En general, la absorción máxima de los nutrientes principales se realiza al mismo tiempo, coincidiendo con la fase de formación de las cabezas. 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 del trasplante sería 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 (forma orgánica o estabilizada) o realizar los aportes de forma escalonada con la fertirrigación.

Figura 2: Pauta de fertirrigación en lechugas tipo lollo y hoja de roble en ciclo de primavera (adaptado de Rincón, 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 (fig. 3).

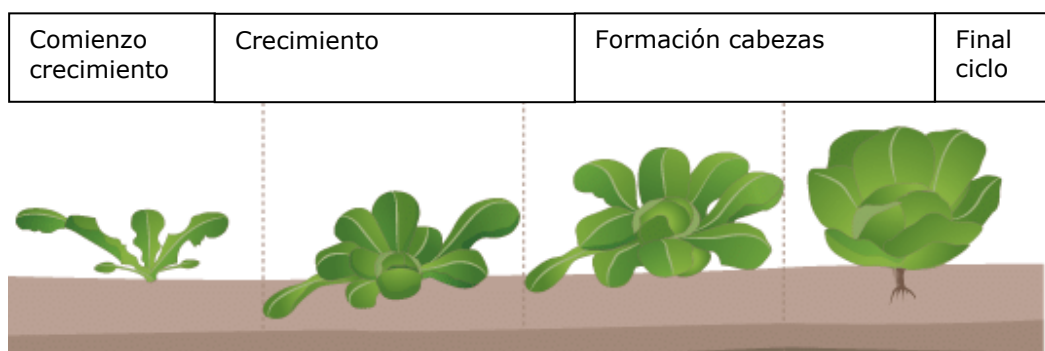


Figura 3: Estados fenológicos del cultivo de la lechuga (adaptado de Thomas, 2020)

La duración de cada estado va a depender fundamentalmente del ciclo de la variedad. Para un cultivar tipo Batavia en condiciones de ciclo medio (6 semanas más 1 semana de periodo de recolección) y ajustando a semanas, podría ser:

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):

- **1º estado (Comienzo crecimiento):** Primeros 7 días desde el trasplante (1 semana)
- **2º estado (Crecimiento vegetativo):** 14 – 21 días (2 semanas)
- **3º estado (Formación de cabezas):** 21 – 42 días (3 semanas)

- **4º estado (Final ciclo y recolección):** 35 - 42 días (1 semana). Hay que restringir el aporte de nitrógeno, sobre todo en zonas con baja insolación para evitar contenidos altos de nitratos en hoja.

En ciclos de invierno en las zonas más frescas, el ciclo se puede ir a 7 semanas y en ciclos de verano a 5 semanas. En variedades de tipo Iceberg, el ciclo suele ser entre 7 y 14 días superior a las de tipo Batavia.

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 (Bar Yosef,1999, Rincón, 2008; Haifa, 2024)

| Estado | Nitrógeno (N) | Fósforo (P ₂ O ₅) | Potasio (K ₂ O) | Calcio (CaO) |
|-----------------------------|---------------|--|----------------------------|--------------|
| Comienzo crecimiento activo | 10 | 25 | 10 | 5 |
| Crecimiento vegetativo | 40 | 30 | 35 | 35 |
| Formación de cabezas | 45 | 45 | 45 | 55 |
| Final de ciclo* | 5 | 0 | 10 | 5 |

* En condiciones de baja insolación puede ser recomendable no aportar nitrógeno en la última fase del cultivo

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 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 lechuga para un ciclo donde no se haya aportado materia orgánica ni abonados de fondo, durante cada periodo serían:

- Comienzo del crecimiento vegetativo: 1 : 0,8 : 1,5 : 0,2 (N : P₂O₅ : K₂O : CaO)
- Crecimiento vegetativo: 1 : 0,6 : 1,8 : 0,3
- Formación de cabezas: 1 : 0,4 : 1,8 : 0,4

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

Tabla 7: Riquezas usuales de los fertilizantes solubles usados para aportar nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O).

| Fertilizante | % N | % P_2O_5 | % K_2O | % 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 4): Cantidad de fertilizante x riqueza del fertilizante/100
2. Calcular la cantidad de fertilizante necesaria para aportar una cantidad dada de nutriente (ejemplo 5): Cantidad de nutriente x 100/riqueza del fertilizante en ese nutriente

Ejemplo 4: ¿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 kg de abono x 15,5 (riqueza N abono) / 100 = 75 x 15,5/100= **11,6 kg N**

75 kg de abono x 27 (riqueza CaO abono) /100 = 75 x 27/100 = **20,3 kg CaO**

Ejemplo 5: Queremos aportar 10 gramos de potasio (K_2O) usando sulfato potásico. ¿Cuánto fertilizante necesitaríamos?

El sulfato potásico disponible tiene un 50% de K_2O :

10 g K_2O x 100/50 (riqueza del sulfato potásico en K_2O) = 10 x 100/50 = **20 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 vegetativo (desde trasplante).** Desde el comienzo de la fertirrigación y durante todo el proceso de crecimiento vegetativo, 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 suelos con altos contenidos en fósforo como suele ser normal en casi todos los suelos dedicados a cultivos hortícolas en Tenerife, los equilibrios altos en ese elemento como 13-40-13 **NO** son necesarios.
- **Formación de cabezas.** En este estado se podrían usar equilibrios de fructificación, con una relación potasio – nitrógeno no muy alto, como serían los complejos 20-5-30 o 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 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 (K₂O) 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

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 así 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

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.

Si se dispone de una instalación de fertirrigación que permite regar con más de una cabeza inyectora, por ejemplo, un sistema que permite trabajar con dos inyectores tipo venturi de forma independiente, se podría fertirrigar con todos los nutrientes al mismo tiempo, **teniendo la precaución de no inyectar del mismo tanque de solución concentrada, calcio con fosfatos o con sulfatos** que provocarían precipitaciones en el tanque donde se han disuelto los abonos y en los goteros.

Vamos a hacer un ejemplo calculando las cantidades semanales 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 6: Se quiere hacer un programa de fertirrigación semanal usando abonos solubles simples teniendo en cuenta:

Las necesidades del ejemplo 1.

Se considera que se comienza a recolectar a las 6 semanas.

Se ha aportado 2 kg/m² de estiércol de cabra (nº3 de la tabla 3).

No se ha abonado en fondo con abonos inorgánicos.

Se usa el agua del ejemplo 3 (dosis y análisis).

El cultivo anterior fue papa.

El cabezal tiene 2 inyectores.

Se debe tener en cuenta que las condiciones enumeradas cambian de finca a finca, por los resultados finales variarán.

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

| Nutriente | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO |
|------------------------|------------|-------------------------------|------------------|-----------|-----------|
| Necesidades | 127 | 33 | 237 | 55 | 17 |
| Cultivo anterior | 16 | 5 | 30 | -- | -- |
| Aportes agua | 0 | 0 | 48 | 28 | 48 |
| A. estiércol | 25 | 11 | 50 | 39 | 14 |
| Resto a aportar | 86 | 17 | 109 | 0 | 0 |

En este caso, tenemos que aportar con abonos inorgánicos el 67% del nitrógeno, el 51% del fósforo y el 46% del potasio y el 0% del calcio y el magnesio de las necesidades del cultivo. Repartimos en primer lugar en los 4 estados en los que vamos a organizar la abonada, según se señaló en la tabla 4.

| Estado | Nitrógeno(N) | | Fósforo (P ₂ O ₅) | | Potasio (K ₂ O) | |
|------------------------|--------------|------------------|--|-----------------|----------------------------|-------------------|
| Inicio c. vegetativo | 10% | 0,10 x 86 = 8,6 | 25% | 0,25 x 17 = 4,3 | 10% | 0,10 x 109 = 10,9 |
| Crecimiento vegetativo | 40% | 0,40 x 86 = 34,4 | 30% | 0,30 x 17 = 5,1 | 35% | 0,35 x 109 = 38,2 |
| Formación cabeza | 45% | 0,45 x 86 = 39,1 | 45% | 0,45 x 17 = 7,7 | 45 % | 0,45 x 109 = 49,1 |
| Final ciclo | 5% | 0,05 x 86 = 4,3 | 0% | 0,00 x 17 = 0,0 | 10% | 0,10 x 109 = 10,9 |

Con los datos de nutrientes, ya podríamos calcular las cantidades de abonos que corresponden a cada periodo. Elegimos abonos solubles para fertirrigación. En este caso los aportes de potasio se realizarán usando nitrato de potasio y de fósforo con fosfato monoamónico. 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 fósforo y potasio y dejando para el final el del nitrógeno restante.

Primer Periodo (crecimiento vegetativo).

Si necesitamos 4,3 kg de P₂O₅ con fosfato monoamónico (60% P₂O₅ y 12%N):
 $4,3 \text{ (cantidad de P}_2\text{O}_5 \text{ que necesitamos)} \times 100 / 60 \text{ (riqueza P}_2\text{O}_5 \text{ abono)} = 7,2 \text{ kg/ha fertilizante}$
 Calculamos el N que aporta el fosfato monoamónico: $7,2 \text{ kg están aportando } 7,2 \times 12 \text{ (riqueza N abono)} / 100 = 0,9 \text{ kg de N.}$

Seguimos con el aporte de potasio. Si elijo nitrato potásico (46% K₂O y 13%N):
 $10,9 \text{ (cantidad de K}_2\text{O que necesitamos)} \times 100 / 46 \text{ (riqueza K}_2\text{O abono)} = 23,7 \text{ kg/ha fertilizante.}$
 $23,7 \text{ kg de fertilizante están aportando } 23,7 \times 13 \text{ (riqueza N abono)} / 100 = 3,1 \text{ kg de N.}$

$8,6 \text{ kg N (total a aportar)} - 0,9 \text{ kg (del fosfato monoamónico)} - 3,1 \text{ (del nitrato potásico)} = 4,6 \text{ kg de N a aportar.}$ Usamos nitrato amónico (33,5%N): $4,6 \times 100 / 33,5 = 13,7 \text{ kg de fertilizante}$

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

| Fertilizante | Cantidad (kg/ha) | | | Fertilizante |
|---------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------|--------------|
| | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | |
| Fosfato monoamónico | 4,3 | | 0,9 | 7,2 |
| Nitrato potásico | | 10,9 | 3,1 | 23,7 |
| Nitrato amónico | | | $8,6 - 0,9 - 3,1 = 4,6$ | 13,7 |
| Totales | 4,3 | 10,9 | 8,6 | 44,6 |

Considerando que este periodo es de 1 semana, los aportes semanales serían:

| Abono elegido | Cálculo semanal | kg/ha.semana | g/m ² .semana |
|---------------------|-------------------|--------------|--------------------------|
| Fosfato monoamónico | $7,2 / 1 = 7,2$ | 7,2 | 0,07 |
| Nitrato potásico | $23,7 / 1 = 23,7$ | 23,7 | 0,24 |
| Nitrato amónico | $13,7 / 1 = 13,7$ | 13,7 | 0,14 |

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

Crecimiento vegetativo (cálculos similares al anterior):

| Fertilizante | Cantidad (kg/ha) | | | Fertilizante |
|---------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|--------------|
| | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | |
| Fosfato monoamónico | 5,1 | | 1,0 | 8,5 |
| Nitrato potásico | | 38,2 | 10,8 | 83,0 |
| Nitrato amónico | | | $34,4 - 1,0 - 10,8 = 22,6$ | 67,5 |
| Totales | 5,1 | 38,2 | 34,4 | 159,0 |

Si el periodo de crecimiento es de 2 semanas, los aportes a poner en fertirrigación por semana:

| Abono elegido | Cálculo semanal | kg/ha. semana | g/m ² .semana |
|---------------------|-----------------|---------------|--------------------------|
| Fosfato monoamónico | $8,5/2 = 4,3$ | 4,3 | 0,43 |
| Nitrato potásico | $83,0/2 = 41,5$ | 41,5 | 4,15 |
| Nitrato amónico | $67,5/2 = 33,8$ | 33,8 | 3,38 |

Formación de cabezas:

En este caso vamos a contemplar como fuente de nitrógeno además del nitrato amónico al nitrato de calcio (15,5%N y 27% CaO) para aportar algo de calcio e intentar paliar posibles problemas de "tip-burn", aunque ya hayamos completado los aportes de calcio.

El nitrato de calcio tiene una riqueza de nitrógeno algo baja y las cantidades de abono serán relativamente altas para completar solo con ese fertilizante las necesidades de ese nutriente. Esto sería un problema en aguas de CE media.

Se puede ir a soluciones intermedias con otros abonos con mayor riqueza en nitrógeno (por ejemplo: 90% del nitrógeno como nitrato amónico y 10% como nitrato de calcio). Esta estrategia se podría hacer también durante el periodo anterior si el riesgo de tip burn es muy alto.

| Fertilizante | Cantidad (kg/ha) | | | Fertilizante |
|---------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------------------|--------------|
| | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | |
| Fosfato monoamónico | 7,7 | | 1,5 | 12,8 |
| Nitrato potásico | | 49,1 | 13,9 | 106,7 |
| Nitrato calcio | | | $0,10 * x (39,1 - 1,5 - 13,9) = 2,4$ | 15,5 |
| Nitrato amónico | | | $0,90 * x (39,1 - 1,5 - 13,9) = 21,3$ | 63,6 |
| Totales | 7,7 | 49,1 | 39,1 | 198,6 |

*: Se establece un 90% del nitrógeno no aportado por las fuentes de potasio y fósforo con nitrato amónico y un 10% con nitrato de calcio.

Si el periodo es de 3 semanas, los aportes a poner en fertirrigación por semana:

| Abono elegido | Cálculo semanal | kg/ha.semana | g/m ² .semana |
|-----------------------|------------------|--------------|--------------------------|
| Fosfato monoamónico * | $12,8/3 = 4,3$ | 4,3 | 0,43 |
| Nitrato potásico | $106,7/3 = 35,6$ | 35,6 | 3,56 |
| Nitrato calcio * | $15,5/3 = 5,2$ | 5,2 | 0,52 |
| Nitrato amónico | $63,6/3 = 21,2$ | 21,2 | 2,12 |

* 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.

Final de ciclo:

En este caso, al ser la cantidad de nitrógeno a aportar pequeña, se podría aportar en su totalidad como nitrato de calcio:

| Fertilizante | Cantidad (kg/ha) | | | Fertilizante |
|---------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|--------------|
| | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | |
| Fosfato monoamónico | 0 | | 0 | 0 |
| Nitrato potásico | | 10,9 | 3,1 | 23,7 |
| Nitrato calcio | | | $4,3 - 0 - 3,1 = 1,2$ | 7,7 |
| Totales | 0 | 10,9 | 4,3 | 31,4 |

Si el periodo es de 1 semana, los aportes a poner en fertirrigación por semana:

| Abono elegido | Cálculo semanal | kg/ha.semana | g/m ² .semana |
|----------------------|-----------------|--------------|--------------------------|
| Fosfato monoamónico* | 0/1 = 0 | 0 | 0 |
| Nitrato potásico | 24,1/1 = 24,1 | 24,1 | 2,41 |
| Nitrato calcio* | 7,7/1 = 7,7 | 7,7 | 0,77 |

* 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.

Al final del ciclo de cultivo estaríamos aplicando una cantidad total de 433,6 kg/ha de abonos en la fertirrigación. Suponiendo un gasto de agua de 1500 m³/ha, la concentración media sería 0,29 g/L, equivalente a subir la CE en 0,34 dS/m.

Si quisiéramos comprobar si los cálculos son correctos, podríamos ver si los aportes totales de nutrientes de los abonos corresponden a las necesidades a aportar con fertilizantes: Por ejemplo, la suma de todos los aportes de fosfato monoamónico serían 7,2 + 8,5 + 12,8 + 0 = 28,5 kg. 28,5 kg aportan $28,5 \times 100/60 = 17$ kg P₂O₅, además de 3,4 kg de N.

A la hora de calcular las cantidades a aportar en cada riego, se puede realizar de varias formas. Una sería la cantidad por unidad operacional de riego (una unidad operacional de riego sería la superficie que se riega de una vez), sabiendo su 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 de 25230 lechugas y una densidad de 11,1 lechugas/m², equivalente a $25230/11,1 = 2273$ 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) |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------|--|
| F. monoamónico* | 0,43 | 0,43 x 2273 = 978 g | 978 / 6 = 163 g ** |
| Nitrato potasio | 3,56 | 3,56 x 2273 = 8092 g | 8092 / 6 = 1349 g ** |
| Nitrato calcio* | 0,52 | 0,52 x 2273 = 1182 g | 1182 / 6 = 197 g ** |
| Nitrato amónico | 2,12 | 2,12 x 2273 = 4819 g | 4819 / 6 = 803 g ** |

* 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.

** A la hora de determinar la cantidad final de abono en cada riego debe tenerse en cuenta la precisión de la pesa disponible en la explotación.

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 estamos aplicando en cada riego 9376 litros a la unidad de 2273 m² (regando 45 minutos con emisores de 1 L/h para dos plantas lo que sería equivalente a 4,1 L/m².riego = 0,37 L/planta y riego para 11,1 plantas/m²):

Cantidad total de abonos en cada riego: 163 + 1349 + 197 + 802 = 2512 g

Concentración total de abono: 2512 g/ 9376 litros = 0,27 gramos/litro

El aumento de la CE por los aportes de abono en cada riego sería:

0,27 / 0,85 = 0,31 dS/m

Estos datos pueden cambiar sobre todo en función de la dosis de riego que estemos aplicando.

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 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 7). 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 para una aplicación previa al trasplante de lechugas, sobre todo si son de esperar condiciones de alta demanda evaporativa (alta temperatura y baja humedad relativa) favorables para la aparición de quemaduras en las hojas (tip burn).
 - Se recomienda el uso de estiércoles bien hechos o compost a dosis anuales en el entorno de 2,0 kg/m² (desde el punto de vista nutricional).
- 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 normalmente utilizadas en Tenerife suponen un ahorro del 20% en el nitrógeno y del 50% del fósforo, potasio y calcio que necesita la lechuga.

- 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.
- Barta, D.J. y Tibbitts, T.W. (2000) Calcium localization and tipburn development in lettuce leaves during early enlargement. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125(3): 294-298.
- Blancard, D.; Lot, H. y Maiseonneuve, B. (2005) Enfermedades de las lechugas. Identificar, conocer, controlar. Mundi-Prensa.
- 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
- 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/cmsgobcan/export/sites/agricultura/galerias/doc/contaminacion/boc-a-2021-089-2335.pdf>
- Haifa (2024) Fertilization of lettuce: our recommended fertilizers. <https://www.haifa-group.com/fertilization-lettuce-our-recommended-fertilizers>
- Joubert, G., Hutin, C.; Leteinterier, J.; Moras, P; Navez, B.; Odet, J.; Pelletier, J.; Perus, M. y Stengel, B. (1997). Laitues. Ctil.
- Kafkaki, U. y Tarchitzky, J. (2011). Fertigation. A tool for efficient fertilizer and water management. International Fertilizer Industry Association. International Potash Institute
- Marhuenda, J.A. y García J. (2016). Lechuga. p. 239-272. En: Maroto, J.V. y Baixauli, C. (Coord.). Cultivos hortícolas al aire libre. CAJAMAR Caja Rural.
- Maroto, J.V.; Miguel, A. y Baixauli, C. (2000). La lechuga y la escarola. Mundi-Prensa.
- 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. \(boe.es\)](https://www.boe.es/boe/dias/2013/07/10/pdfs/BOE-A-2013-164.pdf)
- 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>
- Rincón, L. (2005) La fertirrigación de la lechuga Iceberg. IMIDA. Región de Murcia.
- Rincón, L. (2008) Requerimientos de nutrientes en fertirrigación de lechugas especiales y minilechugas. *Vida Rural*, 266: 56-60.
- Ryder, E.J. (1999). Lettuce, endive and chicory. *Crop Production Science in Horticulture*, 9. CABI Publishing..
- 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.

- Thomas, J. (2020). Investigating optimum wavelength(s) for growth of *Lactuca sativa*, L. using tunable LED sources and developing thin-film filters for glass greenhouses. MsC Thesis. Edith Cowan University.
- Villalobos, F.J. y Fereres, E. (2017). Fitotecnia. Principios de agronomía para una agricultura sostenible. Mundi-Prensa.

¿Dónde 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 |

