



TecnoAgro

Tecnologías para Mejorar la Producción y
la Productividad Agropecuaria

Diplomado en Producción **SOSTENIBLE DE HORTALIZAS**

**TEMA 8: Fertilización Sintética
Eficiente de la Planta**

FACILITADOR: Miguel Jerónimo Ríos





Contenido	Pagina
I. INTRODUCCIÓN	3
II. DESARROLLO	4
Principios básicos de la nutrición vegetal	4
Importancia del análisis de suelo en las parcelas agrícolas	4
Problemas comunes en el uso de fertilizantes	5
El productor debe conocer algunos conceptos básicos de cómo se alimenta la planta	5
Nutrición Mineral y Absorción de Nutrientes en las Plantas	5
Macronutrientes	6
Micronutrientes Requeridos en pequeñas cantidades:	6
Absorción de Nutrientes por la Raíz	¡Error! Marcador no definido.
A. Flujo de masas	¡Error! Marcador no definido.
B. Difusión	¡Error! Marcador no definido.
C. Intercepción radicular	¡Error! Marcador no definido.
Transporte Pasivo	¡Error! Marcador no definido.
Transporte Activo	¡Error! Marcador no definido.
Funciones Fisiológicas de los Principales Nutrientes	7
Fertilizantes foliares nitrogenados	10
Beneficios de los fertilizantes foliares	11
Cómo aplicar los fertilizantes foliares correctamente	12
Problemas comunes en el uso de fertilizantes	12
Manejo eficiente de fertilizantes	12
Compatibilidad con otros productos	¡Error! Marcador no definido.
Errores comunes en la aplicación de fertilizantes foliares	13
III. PASO A PASO PARA CALCULAR DOSIS DE FETILIZACION	15
Programa de fertirriego - tomate (por semana)	16
Beneficios de una fertilización adecuada	¡Error! Marcador no definido.



Beneficios para el productor ..¡Error! Marcador no definido.

V REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
---	-----------

I. INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas en Nicaragua enfrenta importantes desafíos que limitan la productividad y la rentabilidad de los pequeños productores. Entre los principales problemas destacan el uso de prácticas tradicionales con bajo rendimiento, la escasa atención a la salud del suelo, el uso ineficiente del agua mediante riego por inundación y la aplicación empírica de fertilizantes sin base técnica. Estas condiciones no solo incrementan los costos de producción, sino que también reducen la eficiencia en el uso de los nutrientes y afectan la sostenibilidad de los sistemas productivos.

En este contexto, el uso eficiente de los fertilizantes sintéticos se presenta como una herramienta clave para mejorar la productividad, reducir pérdidas económicas y minimizar el impacto ambiental. Sin embargo, para lograrlo, es necesario que los productores desarrollen competencias prácticas que les permitan comprender cuánto fertilizante aplicar, cuándo hacerlo y cómo aprovechar mejor los nutrientes disponibles en el suelo.

Este material ha sido diseñado como una guía sencilla, aplicada y adaptada a las condiciones reales del campo, con el propósito de fortalecer las capacidades de los productores en el diseño y aplicación de planes de fertilización eficientes en cultivos hortícolas.

Como agricultores se debe entender que el suelo es un ser vivo y dependiendo del manejo lo convertimos en un suelo enfermo al realizar prácticas inadecuadas como quemas de rastrojo en las parcelas, uso excesivo de fertilizantes sintéticos, compactación del suelo y la poca o nula incorporación de materia orgánica.

Resultado esperado: El productor obtiene las competencias para diseñar y aplicar planes de fertilización eficientes.

II. DESARROLLO

Principios básicos de la nutrición vegetal

Las plantas requieren nutrientes esenciales para crecer, desarrollarse y producir. Los principales son:

Macronutrientes primarios: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K)

Macronutrientes Secundarios: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S)

Micronutrientes: Zinc (Zn), Boro (B), Hierro (Fe), entre otros

La producción depende del nutriente que esté en menor disponibilidad (Ley del mínimo).

La eficiencia significa: Aplicar el nutriente correcto, en la dosis correcta, en el momento correcto y en el lugar correcto (Principio de las 4R de la fertilización)

Importancia del análisis de suelo en las parcelas agrícolas

El suelo es la base de toda producción agrícola. De su calidad depende en gran medida el rendimiento de los cultivos, la rentabilidad del productor y la sostenibilidad de la finca. Sin embargo, muchas veces se toman decisiones de fertilización sin conocer realmente qué nutrientes tiene o le hacen falta al suelo. Aquí es donde el análisis de suelo se vuelve una herramienta fundamental.

Realizar un análisis de suelo permite conocer el estado real de la fertilidad de la parcela. A través de este estudio se identifican aspectos clave como el nivel de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros), el pH del suelo



(acidez o alcalinidad), el contenido de materia orgánica y posibles problemas como salinidad o deficiencias específicas.

Con esta información, el productor puede tomar decisiones más acertadas. Por ejemplo, aplicar únicamente los fertilizantes que el cultivo necesita, en las cantidades adecuadas.

Esto evita gastos innecesarios y reduce el riesgo de afectar negativamente el suelo o el ambiente por el uso excesivo de insumos.

Problemas comunes en el uso de fertilizantes

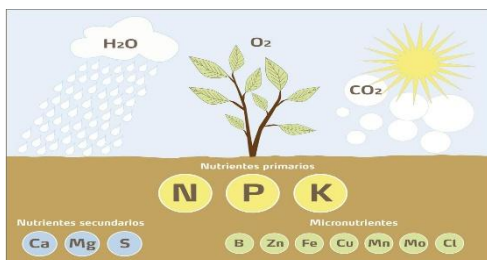
- Aplicación "al ojo" sin cálculos
- Uso excesivo de nitrógeno
- No considerar el análisis de suelo
- Pérdidas por lavado (lluvia o riego excesivo)
- Baja eficiencia del fertilizante (solo 40-60% es aprovechado)

El productor debe conocer algunos conceptos básicos de cómo se alimenta la planta

Nutrición Mineral y Absorción de Nutrientes en las Plantas

La nutrición mineral es el proceso mediante el cual las plantas absorben, transportan, asimilan y utilizan los elementos minerales esenciales para su crecimiento, desarrollo y reproducción. Estos nutrientes son obtenidos principalmente de la solución del suelo en forma de iones.

Un elemento se considera esencial cuando:



1. Su ausencia impide que la planta complete su ciclo de vida.

2. Ningún otro elemento puede sustituir su función.

3. Participa directamente en procesos metabólicos o

estructurales.

Actualmente se reconocen 17 elementos esenciales para la mayoría de las plantas superiores.

Macronutrientes

Son requeridos en grandes cantidades:

Elemento	Forma absorbida
Nitrógeno (N)	NO_3^- , NH_4^+
Fósforo (P)	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}
Potasio (K)	K^+
Calcio (Ca)	Ca^{2+}
Magnesio (Mg)	Mg^{2+}
Azufre (S)	SO_4^{2-}

Micronutrientes Requeridos en pequeñas cantidades:

Elemento	Forma absorbida
Hierro (Fe)	Fe^{2+} , Fe^{3+}
Manganeso (Mn)	Mn^{2+}
Zinc (Zn)	Zn^{2+}
Cobre (Cu)	Cu^{2+}
Boro (B)	H_3BO_3
Molibdeno (Mo)	MoO_4^{2-}
Cloro (Cl)	Cl^-
Níquel (Ni)	Ni^{2+}

Funciones Fisiológicas de los Principales Nutrientes

Nitrógeno (N)

Participa en:

- Aminoácidos.
- Proteínas.
- Clorofila.
- Ácidos nucleicos.

Deficiencia:

- Clorosis en hojas viejas.
- Bajo crecimiento.

Fósforo (P)

Participa en:

- ATP.
- ADN y ARN.
- Transferencia de energía.

Deficiencia:

- Crecimiento lento.
- Coloración verde oscura o púrpura.

Potasio (K)

Funciones:

- Regulación osmótica.
- Apertura estomática.
- Activación enzimática.

Deficiencia:

- Necrosis marginal.
- Baja resistencia al estrés.

Calcio (Ca)

Funciones:

- Integridad de membranas.
- Formación de paredes celulares.
- Señalización celular.

Deficiencia:

- Muerte de meristemos.
- Pudrición apical en frutos.

Magnesio (Mg)

Funciones:

- Átomo central de la clorofila.
- Activación enzimática.

Deficiencia:

- Clorosis intervenal en hojas viejas.

Azufre (S)

Funciones:

- Aminoácidos sulfurados.
- Proteínas.

Deficiencia:

- Clorosis en hojas jóvenes.

Factores que Afectan la Absorción de Nutrientes

pH del suelo

- pH 6.0–7.0 favorece la disponibilidad de la mayoría de nutrientes.
- Suelos muy ácidos pueden generar toxicidad por Al y Mn.
- Suelos alcalinos reducen la disponibilidad de Fe, Zn y Mn.

Humedad del suelo

La deficiencia hídrica reduce:

- Flujo de masas.
- Difusión.
- Crecimiento radical.

Temperatura

Temperaturas bajas:

- Disminuyen la actividad metabólica.
- Reducen la absorción de fósforo y nitrógeno.

Oxigenación

La falta de oxígeno limita:

- Respiración radical.
- Producción de ATP.
- Transporte activo de nutrientes.

Síntomas de deficiencia nutricional

Las deficiencias se manifiestan mediante **síntomas visibles en hojas y tejidos vegetales.**

Nutriente Síntoma principal

Nitrógeno Amarillamiento de hojas viejas

Fósforo Coloración púrpura

Potasio Bordes de hojas quemados

Magnesio Clorosis entre nervaduras

Hierro Amarillamiento de hojas jóvenes

Fertilizantes y fuentes de nutrientes

Los fertilizantes aportan nutrientes para suplir las necesidades del cultivo.

a) Fertilizantes nitrogenados

- Urea
- Nitrato de amonio
- Sulfato de amonio

b) Fertilizantes fosfatados

- Fosfato diamónico (DAP)
- Superfosfato triple

c) Fertilizantes potásicos

- Cloruro de potasio
- Sulfato de potasio

Tipos de fertilizantes foliares

Existen distintos tipos de **fertilizantes foliares** según el nutriente predominante. Conocerlos es clave para elegir el adecuado según la etapa del cultivo y sus necesidades específicas.

Fertilizantes foliares nitrogenados

- Aportan nitrógeno, esencial para el crecimiento vegetativo.
- Favorecen el desarrollo de hojas y tallos.
- Ejemplos: urea foliar, nitrato de amonio.
- Se recomiendan en etapas iniciales y de crecimiento activo.

a) Fertilizantes foliares fosfatados

- Aportan fósforo, clave para la floración y el enraizamiento.
- Favorecen la energía celular (ATP) y la formación de flores y frutos.
- Ejemplos: fosfato monoamónico (MAP), fosfato monopotásico (MKP).

b) Fertilizantes foliares potásicos

- Suministran potasio, esencial para el llenado de frutos y resistencia al estrés.
- Mejoran la calidad, tamaño y sabor de los productos agrícolas.
- Ejemplos: sulfato de potasio, nitrato de potasio.

c) Micronutrientes foliares

- Aportan elementos como hierro, zinc, manganeso, boro y cobre.
- Corrigen deficiencias puntuales y mejoran el metabolismo de la planta.
- Ejemplo: quelatos de zinc, soluciones de boro.

Beneficios de los fertilizantes foliares

El uso de **fertilizantes foliares** ofrece ventajas significativas para el manejo nutricional de los cultivos, tanto en la corrección de deficiencias como en la mejora de la productividad y calidad. Estos beneficios se deben a su capacidad de actuar de forma directa y rápida sobre los tejidos vegetales.

Los fertilizantes foliares permiten que los nutrientes sean absorbidos directamente a través de la cutícula y los estomas de las hojas. Esto facilita que, en pocas horas, los elementos esenciales estén disponibles en el interior de la planta.

Son especialmente útiles para corregir **deficiencias agudas de micronutrientes** como zinc, boro, hierro o manganeso, que pueden limitar el rendimiento si no se corrigen a tiempo.

Eficiencia en condiciones adversas

En situaciones donde la absorción radicular es limitada –por ejemplo, **suelos fríos, encharcados, con pH muy ácido o alcalino**, o con alta salinidad la fertilización foliar se convierte en una herramienta clave.

En estos casos, los nutrientes aplicados al follaje suplen las

Mejora de la calidad de la cosecha

La aplicación de fertilizantes foliares en etapas clave como **floración, cuajado y llenado de frutos** puede mejorar atributos de calidad como el tamaño, el color, el sabor y la firmeza.

Por ejemplo:

- En frutas como tomate y pimiento, el potasio foliar incrementa la firmeza y el color.
- En cítricos, el zinc y el boro foliares mejoran la uniformidad del calibre y la cáscara.

Aumento del rendimiento

Cuando se utilizan como complemento de la fertilización al suelo, los fertilizantes foliares ayudan a maximizar el rendimiento al asegurar que la planta cuente con los nutrientes necesarios en momentos críticos. Esto se traduce en:



- Mayor número de flores viables.
- Mejor calidad de frutos.

Cómo aplicar los fertilizantes foliares correctamente

Para lograr la máxima eficacia de los **fertilizantes foliares**, es fundamental seguir buenas prácticas de aplicación.

Momento ideal de aplicación

- Realizar las aplicaciones **temprano en la mañana** o **al final de la tarde** para evitar evaporación y quemaduras.
- Evitar aplicaciones en horas de alta radiación solar.

Problemas comunes en el uso de fertilizantes

- Aplicación "al ojo" sin cálculos
- Uso excesivo de nitrógeno
- No considerar el análisis de suelo
- Pérdidas por lavado (lluvia o riego excesivo)
- Baja eficiencia del fertilizante (solo 40-60% es aprovechado)

Manejo eficiente de fertilizantes

Para maximizar la eficiencia:

- Aplicar fertilizantes **con humedad adecuada**
- Evitar aplicaciones antes de **lluvias intensas**
- Realizar **análisis de suelo cada 1-2 años**
- Utilizar **fertilización balanceada**
- Seguir siempre las indicaciones de la etiqueta del producto.
- No exceder la dosis para prevenir fitotoxicidad.

Errores comunes en la aplicación de fertilizantes foliares

- Aplicar en condiciones de viento fuerte que provoca pérdida de producto.
- No respetar el pH recomendado de la solución (generalmente entre 5.5 y 6.5).
- Usar boquillas inadecuadas que generan gotas demasiado grandes o pequeñas.
- Aplicar en cultivos estresados por sequía o plagas, reduciendo la eficacia.

Fertilización de hortalizas

Algunas hortalizas importantes para mercado nacional y exportación:

- *Solanum lycopersicum* (tomate)
- *Capsicum annuum* (chile dulce)
- *Cucumis sativus* (pepino)

Requerimientos nutricionales generales

Nutriente Dosis

N	120 – 200 kg/ha
P ₂ O ₅	80 – 120 kg/ha
K ₂ O	150 – 250 kg/ha



Valores técnicos usados en
campo (tomate)

Eficiencia promedio

Nutriente	Eficiencia (%)
-----------	----------------

Nitrógeno (N)	50 - 70%
---------------	----------

Fósforo (P)	20 - 40%
-------------	----------

Potasio (K)	60 - 80%
-------------	----------

En fertirriego (mejora mucho)

Nutriente	Eficiencia (%)
-----------	----------------

N	70 - 90%
---	----------

P	40 - 60%
---	----------

K	80 - 90%
---	----------

El fertirriego duplica la eficiencia del fósforo

Manejo recomendado

- Fertirrigación en sistemas de riego
- Aplicaciones fraccionadas
- Monitoreo con análisis foliar

III. PASO A PASO PARA CALCULAR DOSIS DE FETILIZACION

Programa práctico por etapas para el cultivo de tomate

Etapla 1: Establecimiento (0-15 días)

- Mayor fósforo
- Aplicación localizada

Etapla 2: Crecimiento (15-40 días)

- Incremento de nitrógeno
- Aplicaciones fraccionadas

Etapla 3: Floración y fructificación

- Mayor potasio
- Aplicación frecuente (fertirriego recomendado)

Uso eficiente del agua y fertilizante

- Evitar riego por inundación
- Aplicar riego por goteo cuando sea posible
- Fertilizar con humedad adecuada
- No fertilizar antes de lluvias fuertes

Buenas prácticas para productores

- Realizar análisis de suelo al menos una vez al año
- Dividir la fertilización en varias aplicaciones

- Observar síntomas en las plantas
- Registrar aplicaciones (fecha, dosis, producto)

Programa de fertirriego – tomate (por semana)

Establecimiento (Semana 1-2)

Ejemplo 1.

Volumen de riego: 10,000 – 15,000 L/ha/día

Fertilizantes por semana:

- Urea: 10 kg
- DAP: 30 kg
- KCl: 15 kg

Concentración aproximada:

- 0.4 – 0.6 g/L Diario o día de por medio

Crecimiento vegetativo (Semana 3-5)

Volumen: 15 000 – 25 000 L/ha/día

Fertilizantes por semana:

- Urea: 40 kg
- DAP: 20 kg
- KCl: 35 kg

Concentración: 0.6 – 0.8 g/L Diario (mejor eficiencia)

Floración (Semana 6-8)

Volumen: 20,000 – 30,000 L/ha/día

Fertilizantes por semana:

- Urea: 30 kg
- DAP: 15 kg
- KCl: 50 kg

- Nitrato de calcio: 25 kg

Concentración: 0.8 – 1.2 g/L Diario (dividir en 2 riegos si hay altas temperaturas)

Fructificación y cosecha (Semana 9-16)

Volumen: 25000 – 40000 L/ha/día

por semana:

- Urea: 30 kg
- DAP: 10 kg
- KCl: 60 kg
- Nitrato de calcio: 30 kg
- Concentración: 1.0-1.5 g/L Diario (ideal 2 aplicaciones/día)

Ejemplo 2

Tenés:

- Tanque: 200 litros
- Fertilizante: 10 kg

Concentración: $10 \text{ kg} \div 200 \text{ L} = 50 \text{ g/L}$ "Cada litro de solución lleva 50 gramos de fertilizante"

Ejemplo 3. Inyección en riego

- Inyección: 1%
- Riego: 1000 L de agua

Cálculo: 1% de 1,000 = 10 L de solución madre

"De cada 1000 litros de agua, solo metemos 10 litros de fertilizante"

Ejemplo 3. Cálculo Por Planta

- 10,000 plantas

- 1,000 L de riego

Operación: $1000 \div 10000 = 0.1 \text{ L/planta}$ "Cada planta recibe 100 ml de agua con fertilizante"

Ejemplo 4. Dosis (nitrógeno)

Cultivo necesita:

- 150 kg N/ha

Eficiencia (fertirriego): $80\% = 0.8$

Cálculo: $150 \div 0.8 = 187.5 \text{ kg N a aplicar}$

"Si la planta solo aprovecha el 80%, tenés que darle un poco más"

Fósforo (muy importante)

Necesidad: 80 kg P_2O_5

Eficiencia: 50%

Cálculo: $80 \div 0.5 = 160 \text{ kg } P_2O_5$

"El fósforo se pierde mucho en el suelo, por eso se aplica más"

Potasio

Necesidad: 200 kg K_2O

Eficiencia: 85%

Calculo: $200 \div 0.85 = 235 \text{ kg } K_2O$

Ejemplo 5

9. Ejercicio práctico para el productor

Problema:

Un productor necesita aplicar 150 kg de N/ha usando urea.

Cálculo:

Urea = 46% N

Cantidad = $150 / 0.46 = 326$ kg de urea/ha

Ejemplo 6.

Cálculo de nitrógeno (N) para tomate con aplicación edáfica

Datos del productor:

Cultivo: Tomate industrial

Rendimiento esperado: 80 toneladas/ha

Demanda estimada del cultivo:

Nutriente	Demanda
Nitrógeno	(N) 180 kg/ha

Análisis de suelo: N disponible: 60 kg N/ha

Eficiencia del fertilizante nitrogenado:
60 % (0.60)

Paso 1. Determinar la necesidad real de nitrógeno

$$\begin{aligned} \text{Necesidad} &= N_{\text{demanda}} - N_{\text{suelo}} \\ \text{Necesidad} &= 180 - 60 \\ &= 120 \text{ kg N/ha} \end{aligned}$$

El cultivo necesita obtener todavía 120 kg de N/ha.

Paso 2. Ajustar por eficiencia del fertilizante

$$\begin{aligned} \text{Dosis} &= \frac{120}{0.60} \\ &= 200 \text{ kg N/ha} \end{aligned}$$

El productor debe aplicar 200 kg de nitrógeno por hectárea.

Paso 3. Convertir nitrógeno a fertilizante comercial

Ejemplo usando urea:

Urea:
46 % N

$$\text{Cantidad de urea} = \frac{200}{0.46} = 435 \text{ kg de urea/ha}$$

Recomendación:

Aplicar aproximadamente:

435 kg de urea/ha durante el ciclo del tomate

Dividido en aplicaciones:

- Trasplante: 20 %
- Desarrollo vegetativo: 40 %
- Floración y llenado de fruto: 40 %

Cálculo de fósforo (P_2O_5)

Datos:

Demanda del tomate: $P_2O_5 = 90 \text{ kg/ha}$

Análisis de suelo: $P_2O_5 = 30 \text{ kg/ha}$

Eficiencia del fósforo: $35\% = 0.35$

Paso 1. Restar aporte del suelo

$$90 - 30 = 60$$

Faltan: $60 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}$

Paso 2. Ajustar eficiencia

$$\text{Dosis} = \frac{60}{0.35} = 171 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}$$

Paso 3. Convertir a fertilizante

Usando DAP: 18 – 46 – 0

Contiene: 46 % P_2O_5

$$\frac{171}{0.46} = 372 \text{ kg DAP/ha}$$

Resultado:

Aplicar: 372 kg DAP/ha

Preferiblemente:

- 100 % al trasplante o cercano a la raíz.
- Incorporado al suelo para evitar fijación del fósforo.

IV. CONCLUSIONES

El uso eficiente de fertilizantes sintéticos es una práctica fundamental para mejorar la productividad y rentabilidad en la producción de hortalizas, especialmente en sistemas manejados por pequeños productores. La aplicación basada en criterios técnicos permite reducir costos, evitar pérdidas de nutrientes y mejorar la calidad de los cultivos.

El desarrollo de competencias en el cálculo, selección y aplicación de fertilizantes facilita la toma de decisiones informadas en campo, dejando atrás prácticas empíricas que limitan el potencial productivo.

Finalmente, la integración de buenas prácticas como el análisis de suelo, el uso racional del agua y la aplicación del enfoque 4R contribuye a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, promoviendo una producción más eficiente, rentable y amigable con el medio ambiente.

V PREGUNTAS ORIENTADORAS

¿Estoy aplicando fertilizante basado en un cálculo técnico o solo en la costumbre?

¿Conozco cuánto nutriente aporta mi suelo antes de fertilizar?

¿Estoy aplicando el fertilizante en el momento y forma adecuada para que la planta lo aproveche mejor?

¿Qué porcentaje del fertilizante que aplico realmente está siendo aprovechado por el cultivo?

¿Cómo puedo mejorar el uso del agua para evitar que los fertilizantes se pierdan por lavado?

V REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Faithfull, N. T. (2005). *Métodos de análisis químico agrícola: Manual práctico*. Acribia.

FAO. (1970). *Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas*. FAO.

FAO. (1971). *Guía tipo para las investigaciones sobre fertilidad de los suelos en terrenos de agricultores*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Jackson, M. L. (1982). *Análisis químico de suelos* (4^a ed.). Omega.

Navarro, G. (2003). *Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Mundi-Prensa.

Taboada, M. A., & Micucci, F. G. (2002). *Fertilidad física de los suelos*. Editorial Facultad de Agronomía.



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!



TecnoAgro

Tecnologías para Mejorar la Producción y
la Productividad Agropecuaria