

# El molibdeno, silicio y cloro en la agricultura

Carlos Sierra Bernal

Ing Agr. M Sc.

[carlos.sierra.bernal@gmail.com](mailto:carlos.sierra.bernal@gmail.com)

<https://fertilizacion.cl/>

Molibdeno.- Su principal efecto en las plantas es la asimilación normal del nitrógeno, es un componente esencial de la nitrato reductasa y de la nitrogenasa, que controla la reducción del ión nitrato (NO<sub>3</sub>) a amonio (NH<sub>4</sub>) y además ayuda a fijar el N elemental en NH<sub>3</sub>, por lo tanto es indispensable en las leguminosas. También es requerido para la síntesis de ácido ascórbico y además contribuye a que el hierro este fisiológicamente disponible en la planta. El molibdeno disponible se extrae desde el suelo con oxalato de amonio, sin embargo se ha establecido que el método es poco preciso, debido a que las concentraciones requeridas por las plantas son en extremo bajas. Se considera como un índice crítico en el suelo cuando este presenta menos de 0,2 mg/kg de molibdeno. Otra característica de este micronutriente es que su disponibilidad en el suelo se incrementa a medida que el pH es mas alcalino a diferencia de los otros micronutrientes metálicos.

Las concentraciones en las plantas son muy variables y pueden presentar desde 0,1 hasta mas de 200 ppm de molibdeno. Sin embargo, el contenido mas frecuente varía entre 0,1 y 2 ppm. El molibdeno se concentra principalmente en las hojas. En el Cuadro 1 se presenta el contenido de molibdeno en diferentes cultivos.

En general y para la mayoría de las especies de cultivo se considera que planta con menos de 0,1 ppm pueden responder a la aplicación de fertilización con molibdeno. Las plantas pueden tolerar contenidos muy altos de molibdeno sin mostrar toxicidad, pero un alto contenido en los forrajes puede afectar al ganado que lo consume.

Síntomas de carencia de molibdeno.- Como interviene directamente en el metabolismo del nitrógeno, su carencia se parece a la del nitrógeno. Este efecto es mas claro aun en el caso de las leguminosas. La deficiencia severa produce plantas de color verde muy claro o pálidas.

**Cuadro 1.- Concentración de molibdeno en diferentes cultivos**

Especie de cultivo	Parte de la planta	Contenido de molibdeno
		Mg/kg
Alfalfa	Hojas con 10% floración	0,34
Cebada	Lamina de la hoja de 2 meses	0,03
Habas	Hojas del extremo superior de 2 meses	0,4
Limonero	Hojas de 5 meses	0,23 – 3,0
Nabo	Hojas de 2 meses	1,2
Espinaca	Hojas de 2 meses	1,6
Tomate	Hojas de 5 semanas	0,68

La sensibilidad de las distintas especies de plantas a la carencia de molibdeno es variable, destacan como muy sensibles especies como la lechuga y la coliflor, ambos cultivos presentan gran demanda de nitrógeno nítrico que debe ser reducido rápidamente a amonio. En el Cuadro 2 se muestra el grado de sensibilidad de diferentes cultivos a la carencia de molibdeno.

Cuadro 2.- Grado de sensibilidad de diferentes cultivos a la carencia de molibdeno

Especies poco sensibles	Especies con sensibilidad media	Especies muy sensibles
Cebada	Alfalfa	Coliflor
Haba	Coles	Trébol
Zanahoria	Avena	Lechuga
Apio	Arveja	Espinaca
Maíz	Soya	
Papa	Rábano	
Sorgo	Remolacha azucarera	
Arroz	Betarraga	
Trigo	Tomate	
Manzano	Nabo	
Duraznero	Cítricos	
Vid		

Cuadro 3.-Fuentes de molibdeno

Fuente	% de molibdeno
Molibdato de potasio	-
Molibdato de sodio	39
Molibdato de amonio	54
Trióxido de molibdeno	66
Molibdenita	60

El Silicio.- Este elemento no es considerado esencial para la nutrición de las plantas, pero presenta una serie de efectos benéficos y algunos fisiólogos lo consideran en la practica como esencial. En la actualidad en nuestro país existe escasa información experimental sobre el efecto de la aplicación de silicio en plantas, ya sea al suelo o vía foliar. Los cultivos presentan requerimientos de nutrientes que son esenciales para su crecimiento y desarrollo y nutrientes que sin ser esenciales son considerados benéficos, debido a favorecen el estado nutricional de los vegetales. El elemento silicio se reconoce como nutriente benéfico en hortalizas y frutales. Por otra parte, el contenido de silicio extraíble o disponible de los suelos del país no se conocen muy bien.

El silicio junto con el hierro y el aluminio son los elementos mas abundantes en el suelo, sin embargo gran parte de estos forman parte estructural de las arcillas del suelo. Por lo tanto, su bio-disponibilidad para las raíces de las plantas es baja, sin embargo esto dependerá del material parental de los suelos. En los suelos de la zona sur tipo trumaos, de origen volcánico los contenidos de silicio son naturalmente mas bajos debido al tipo de arcillas presentes en este tipo de suelos,

debido a que la relación Si/Al es baja, es decir los suelos de la zona sur son naturalmente mas ricos en aluminio que en silicio especialmente de Temuco al sur.

Por otra parte, en la actualidad en varios países del mundo desarrollado o en desarrollo (Australia, Sud Africa) el uso de silicio ha permitido mejorar el rendimiento de los cultivos al aire libre y en invernadero. Como ya fue señalado, el silicio es un elemento estructural del suelo, es decir forma parte de las estructuras cristalinas de las arcillas, estas normalmente estan constituidas principalmente por tetraedros de silicio y octaedros de aluminio, formando una estructura con intercalado de ambas estructuras. Sin embargo, la liberación de silicio a la solución del suelo está determinada por la capacidad de intemperización del material arcilloso. La cual va a estar gobernada por la humedad del suelo, la temperatura y el pH principalmente. Por lo tanto, la cantidad de silicio soluble y disponible para las raíces de las plantas dependerá, de la cantidad y tipo de arcilla y de los factores ya señalados y además del manejo histórico del suelo.

Los beneficios del silicio cruzan distintos aspectos de la agronomía de las plantas, como por ejemplo: mejora la nutrición, mitiga la acción de iones tóxicos como aluminio, manganeso y cadmio; genera resistencia de las plantas a plagas y enfermedades tan importantes como el oidio, permite reducir la tasa de riego, entre otros muchos beneficios observados en múltiples estudios realizados en el extranjero.

Las plantas superiores difieren bastante en su capacidad de absorber silicio. Según Marschner (1986) estas pueden dividirse en tres grupos. Gramíneas de suelos húmedos como el arroz, con altos contenidos de silicio, entre 10 y 15 % en la materia seca; Gramíneas de tierras secas como la caña de azúcar y la mayoría de los cereales, trigo, avena y algunas dicotiledóneas, con 1 a 3 % de silicio. El tercer grupo corresponde a la mayoría de las dicotiledóneas, especialmente legumbres con menos de 0,5 % de silicio total en la materia seca. Es muy importante destacar que los valores señalados son cuantitativamente mas importante que varios nutrientes esenciales como magnesio, fósforo, azufre, cuyos niveles adecuados son ligeramente superiores a 0,3%. Solamente el nitrógeno y el potasio presentan contenidos mayores que el silicio en las dicotiledóneas.

Otro aspecto interesante de considerar, es que el efecto del silicio afecta mas bien la etapa reproductiva de las plantas, mas que la fase vegetativa especialmente en tomate y otras especies.

Posiblemente debido a su escaso diámetro iónico el silicio se caracteriza por su depositación como material inerte que refuerza la capa de células epidermiales, esto es al interior de las células, pero también permite modular la biosíntesis de lignina. Es sabido que este tipo de estructura orgánica actúa como barrera contra plagas y enfermedades. En consecuencia, este reforzamiento de las paredes celulares permite generar resistencia al ataque de hifas de hongos y mitigar el daño por plagas.

Por otra parte, el ángulo de inserción de las hojas en las plantas es modificado por el exceso de nitrógeno, el silicio permite mejorar el ángulo de inserción de las hojas, incrementando así la intercepción lumínica. Como se puede apreciar el silicio es un elemento que promueve diversos mecanismos físicos y químicos en las plantas, que favorecen un mejor crecimiento y desarrollo. Todos los factores señalados promueven un mejor comportamiento fisiológico de las plantas.

Cloro.- El cloro en el suelo es extremadamente móvil porque no es retenido por las arcillas, por lo tanto es muy fácil de lavar del perfil del suelo, siempre que haya buen drenaje. Normalmente se presenta a la forma de ion cloruro  $\text{Cl}^-$ , en algunos casos puede presentarse ligado a la materia orgánica. Generalmente las aguas de riego aportan importantes cantidades de cloro especialmente en las zonas áridas. Su principal función conocida de este nutriente esencial en las plantas, es su intervención en la movilización del oxígeno en el fotosistema II del proceso de la fotosíntesis. Otras funciones no específicas son la elevación de la presión osmótica de las células y la hidratación de los tejidos. El contenido de cloro en las plantas puede ser muy variable y puede oscilar entre 0,015 % hasta 5,5 % en base a peso seco. El cloro es poco móvil en las plantas, por lo tanto las hojas basales más viejas presentan mayor contenido y las hojas nuevas de los brotes presentan una menor concentración. En general se considera que plantas con menos de 100 mg/kg es decir menos de 0,01 % sugiere plantas con deficiencia de cloro. Su carencia genera plantas mostrando clorosis en las hojas jóvenes y marchitez generalizada. El cloro fue el penúltimo nutriente en ser considerado y declarado como esencial a fines de los años 50, el último fue el níquel.

Sin embargo, es difícil observar deficiencia de cloro en las plantas en condiciones naturales de campo debido a que este elemento es abundante en la naturaleza debido incluso a su presencia en el aire. Además varios fertilizantes aportan cloro como es el caso del cloruro de potasio y el cloruro de amonio, además otros fertilizantes lo incluyen como impurezas. Por otra parte, mucho más frecuente es el exceso que presentan las plantas especialmente en zonas áridas y en zonas cercanas a la costa. Entre los efectos más característicos de la toxicidad debida al cloro son el quemado del borde de las hojas, que comienza en el ápice de la misma, además otro síntoma es el bronceado y amarilleamiento prematuro y posterior caída de las hojas. Los cultivos varían notablemente en su sensibilidad al exceso de cloro. En el Cuadro 4 se presenta algunos cultivos tolerantes y sensibles al exceso de cloro.

Cuadro 4.- Cultivos tolerantes y sensibles al exceso de cloro

Especies tolerantes al exceso de cloro	Especies sensibles	Especies muy sensibles
Remolacha azucarera	Papa	Palto
Betarraga	Haba	Berries
Acelga	Cítricos	Frutilla
Espinaca	Lechuga	
Cebada	Vid	
Tomate		



Foto 1.- Toxicidad por cloruro en palto, el necrosado de la hoja comienza en el apice.