ANALIZADO

Suelos y fertilización

Alvaro Tamayo Vélez *

PROPIEDADES QUÍMICAS

Los suelos de clima frío en Antioquia son de baja fertilidad, con bajos contenidos de nutrimentos y desbalances nutricionales, con pH que fluctúan entre fuertemente ácido a moderadamente ácido (4,6 - 5,5). El aluminio intercambiable generalmente es menor de 3,0 me/100 g. No obstante, puede llegar a representar hasta el 60% de las bases intercambiables.

En los suelos de clima frío de Antioquia , la materia orgánica desempeña un papel preponderante en las propiedades físicas, generando suelos bien estructurados y estables. En cambio, en la parte química, la materia orgánica del suelo aporta poco nitrógeno, fósforo y azufre inorgánico; sin embargo, ésta contribuye en forma notoria en la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Los cultivos de clima frío moderado como las hortalizas y frutales como la mora y el lulo responden significativamente a aplicaciones de materia orgánica de rápida mineralización, no siendo así con la materia orgánica nativa del suelo. Otra característica importante en estos suelos, es la alta capacidad de cambio aniónico y de fijación de fosfatos, lo cual se atribuye a los altos contenidos de alofana que, como se sabe, es un mineral amorfo con altos contenidos de aluminio y gran parte del potasio total es potasio orgánico, debido a que la mineralización de la materia orgánica es muy baja.

En la década del 70 se utilizaba cal agrícola en dosis de 20-30 t/ha, para neutralizar la acidez, lo que pudo originar desplazamiento de las bases intercambiables de calcio y potasio de la fracción arcillosa a la solución del suelo, debido a la lixiviación provocada por las cantidades altas de cal agrícola. Igualmente se amplió la relación Ca:Mg y por ello es frecuente encontrar en los cultivos síntomas de deficiencia de Mg y K, en tanto la de calcio es poco frecuente.

* *I. A. MSc. Investigador Agrícola. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria C.I. La Selva.*

PROPIEDADES FÍSICAS

En los suelos del Oriente antioqueño, predominan los grandes grupos Melanudand, Hapludand y Fulvudand; aunque la prevalencia de cenizas volcánicas en el Altiplano Norte es menor, es posible que estos grandes grupos se encuentren en esta zona. En general, la región de Antioquia presenta suelos planos y ondulados, en colinas bajas de montaña o ladera, los cuales presentan un horizonte A con texturas medias: francas, franco arcillo limosos y franco limosos.

La estructura de este primer horizonte es granular y de migajón; los demás horizontes presentan bloques y prismas sobre capas sin estructura. (Figura 1), son friables, fáciles de desmenuzar.

(Figura 1)

Las características de textura, estructura, alto contenido de materia orgánica y baja densidad aparente, originan una porosidad total alta, con una buena distribución de macro y microporos que les permitan una adecuada retención de agua disponible, pero una profundidad efectiva superficial, menor de 50 cm, dado que los horizontes B y C presentan un mal drenaje interno, presentándose este fenómeno en los suelos planos, aluviales, terrazas y colinas bajas del Oriente antioqueño; en cambio suelos de ladera que han sido explotados de manera tradicional, han perdido gran parte de su horizonte A, debido a la fuerte erosión de tipo laminar, zanjas y surcos. En estas laderas es frecuente que afloren al horizonte B.

Funciones que cumplen los elementos nutritivos en el metabolismo de las plantas.

Nitrógeno

El papel más importante del nitrógeno en las plantas es su participación en la estructura de las moléculas de proteína, aminoácidos, ácidos nucléicos, vitaminas, fosfolípidos. En consecuencia, está involucrada la mayoría de las reacciones bioquímicas determinantes en la vida vegetal.

El nitrógeno tiene también un importante papel en el proceso de la fotosíntesis, debido a que es indispensable para la formación de la molécula de clorofila. El nitrógeno es el componente de vitaminas que tienen una importancia extraordinaria para el crecimiento de la planta. Entre otras funciones importantes del nitrógeno están las de aumentar el vigor general de las plantas, dar color verde a las hojas y demás partes aéreas, favorecer el crecimiento del follaje y el desarrollo de los tallos y promover la formación de frutos y granos; contribuye, en resumen, a la formación de los tejidos y se puede decir que es el elemento del crecimiento.

El exceso de nitrógeno retarda la maduración del cultivo y la formación de cabezas, provoca un escaso desarrollo del sistema radicular y en la planta un

crecimiento excesivo del follaje,reduce la producción de compuestos fenólicos (fungistáticos) de lignina de las hojas disminuyendo la resistencia a los patógenos obligados, pero no de los patógenos facultativos. Como regla general, todos los factores que favorecen las actividades metabólicas y de síntesis de las células y que retardan la senescencia de la planta hospedera (como la fertilización nitrogenada), aumentan la resistencia a los parásitos facultativos, que prefieren tejidos senescentes. Por otro lado, las aplicaciones altas de nitrógeno aumentan la concentración de aminoácidos y de amidas en el apoplasto y en la superficie foliar, las que aparentemente tienen mayor influencia que los azúcares en la germinación y desarrollo de las conidias, favoreciendo el desarrollo de enfermedades fungosas.

Fósforo

Aunque de los tres elementos primarios (N, P, K) el fósforo es el requerido en cantidades menores, la disponibilidad de este elemento en la mayor parte de los suelos agrícolas del trópico es muy limitada.

El fósforo es un elemento que juega un papel clave en la vida de las plantas. Es constituyente de ácidos nucléicos, fosfolípidos, las coenzimas NAD, NADP, y más importante aún, forma parte del ATP, compuesto transportador de energía en la planta. El fósforo se requiere en altas concentraciones en las regiones de crecimiento activo y además es indispensable en los procesos donde hay transformación de energía. Otras de sus funciones son los de estimular el desarrollo de la raíz, interviniendo en la formación de órganos de reproducción de las plantas y acelerar la maduración de los frutos, en los cuales generalmente se acumula en concentraciones altas.

El exceso de este elemento acelera la maduración a expensas del crecimiento y puede generar efectos adversos sobre la utilización de otros elementos nutritivos, tales como el zinc.

El potencial de fijación de fósforo en andisoles parece estar relacionado con la presencia de diferentes materiales en la fracción arcilla, como resultado de las diferentes condiciones de meteorización de la ceniza volcánica. Los suelos dominados por complejos humus-Al parecen tener mayor potencial de fijar fósforo, lo cual aparentemente es difícil de satisfacer. El contenido de carbono total podría ser una arma de diagnóstico complementaria que ayude a determinar la capacidad de fijación de fósforo en andisoles.

Potasio

Para un crecimiento vigoroso y saludable las plantas deben tomar grandes cantidades de potasio. Este nutriente altamente móvil está envuelto en la mayoría, si no en todos los procesos biológicos de la planta; sin embargo, no forma parte de la estructura de los compuestos orgánicos en la planta. Se conoce que el potasio tiene un papel vital debido a que cataliza procesos tan importantes como fotosíntesis, proceso por el cual la energía del sol, en combinación con agua y dióxido de carbono, se convierte en azúcares y materia orgánica, interviene en la formación de clorofila y la regulación del contenido de agua en las hojas.

Se ha demostrado también que el potasio juega un papel fundamental en la activación de más de 60 sistemas enzimáticos en las plantas. También es importante en la formación del rendimiento; se le reconoce como un elemento que mejora la calidad, ya que extiende el período de llenado e incrementa el peso del fruto, fortifica los tallos, mejora la resistencia a plagas y

enfermedades y ayuda a la planta a resistir mejor el estrés.

Otra función básica es la de regular la entrada de dióxido de carbono (CO_2) en las plantas a través de los estomas, cuya función de abrirse y cerrarse es regulada por el suplemento de potasio. En plantas bien proveídas de K, se incrementa el número y tamaño de estomas por unidad de área, facilitando de esta manera el intercambio de CO_2 y oxígeno del tejido de la hoja. La función primaria del potasio está ligada al transporte y acumulación de azúcares dentro de la planta y esta función permite el llenado de la fruta.

Calcio

El calcio forma parte de compuestos que constituyen las paredes de la células que mantienen unidas entre sí esas mismas células. Ejerce un efecto neutralizador de los desechos orgánicos de la planta, influye en la utilización del magnesio, potasio y boro en el movimiento de los alimentos producidos por las hojas. La deficiencia del calcio se observa porque el crecimiento se detiene, las hojas del cogollo se enroscan y comienzan a secarse por las puntas y los bordes. Algunas veces las hojas nuevas no se desarrollan.

Uno de los elementos minerales quizás más importantes en la determinación de la calidad de los frutos en lo referente a conservación, es el calcio. Es así como los frutos con altos contenidos de calcio, pueden resistir más el transporte y permanecer en buenas condiciones durante bastante tiempo. La concentración del calcio en el tejido necesaria para lograr estos resultados es usualmente superior a las concentraciones que acumulan normalmente los frutos.

Magnesio

El Magnesio es el componente principal de la clorofila e interviene en la síntesis de carbohidratos. Además participa en la síntesis de proteínas, nucleoproteinas y del ácido ribonucléico y favorece el transporte de P dentro de la planta. Es un elemento móvil en la planta, por lo que la deficiencia se presenta primero en las hojas más viejas.

Del total del magnesio absorbido, aproximadamente la mitad se encuentra en el tronco y ramas de la planta, un tercio en las raíces y el resto en las hojas. Durante la floración y fructificación se produce una translocación significativa del Mg hacia los brotes y frutos.

Azufre

El azufre es el cuarto elemento esencial para el desarrollo vegetal. Para el crecimiento de las plantas es requerido en cantidad similar al fósforo y magnesio. Algunos cultivos de importancia en el trópico y en el mercado mundial, tales como el café, algodón, palma africana y caña de azúcar, absorben más azufre que fósforo.

En la planta, el azufre es constituyente de las proteínas, varias vitaminas, como la tiamina y biotina y es componente importante de numerosas enzimas. Además, forma parte de algunos compuestos orgánicos responsables del olor y sabor de algunas hortalizas, como la cebolla y el ajo.

¿Qué papel juegan los micronutrientes?

Los investigadores están muy de acuerdo en que los llamados micronutrientes, desempeñan una función importante en la absorción y asimilación de los principales nutrientes de las plantas.

Es decir, la deficiencia de un nutriente mayor, ya sea el nitrógeno, el potasio o el magnesio, son algunas veces por deficiencia de elementos menores.

Hierro

El hierro es el microelemento más abundante en la mayoría de los suelos cultivables, pero en la mayor parte de ellos se encuentra en forma no asimilable. La química de este elemento al igual que manganeso es muy compleja, pues se sabe que se oxida y reduce fácilmente según las condiciones del suelo. Cuando se oxida queda no asimilable.

El papel más conocido del hierro en el metabolismo de la planta, es su participación en el grupo prostético del sistema citocromo, un grupo de enzimas implicadas en la oxidación terminal de la respiración. Algunas de las enzimas y de los portadores que actúan en el mecanismo respiratorio de las células vivas, son compuestos de hierro; ejemplos específicos son la catalasa, la peroxidasa, la oxidasa citocrómica y los citocromos.

La participación del hierro, en la forma de tales compuestos en los mecanismos oxidativos de las células, es indudablemente uno de los papeles más importantes en el metabolismo celular. Interviene en la formación de clorofila y es por lo tanto indispensable en la formación de alimentos en la planta; hace parte de la secuencia de reacciones que sintetizan los componentes de la clorofila; actúa como parte de un mecanismo enzimático que opera el sistema respiratorio de las células vivas; participa en reacciones que incluyen la división y el crecimiento celular. El hierro, asociado a cobre, manganeso y boro, aumenta el contenido de lignina, compuesto orgánico que cumple funciones de sostén y protección de la planta contra ataque de organismos causantes de enfermedades.

Cobre

El cobre está presente en diversas enzimas o proteínas relacionadas con los procesos de oxidación y reducción. Dos ejemplos notables son la citocromo-oxidasa, una enzima respiratoria que se halla en las mitocondrias, y la plastocianina, una proteína de los cloroplastos. El cobre induce formación de polen viable; por ello su más alta demanda se presenta en la floración.

Manganeso

El manganeso tiene una función estructural en el sistema de membranas del cloroplasto y actúa en la disociación fotosintética de la molécula de agua. El manganeso es un factor esencial para la respiración y el metabolismo del nitrógeno, en ambos procesos actúa como activador enzimatico. El manganeso interviene en la activación de numerosas enzimas que actúan en el metabolismo de los carbohidratos, tales como la hexoquinaza, adenosina y la fosfoglucoquinaza. Es el ión metálico predominante en el metabilismo de los ácidos orgánicos y activa la reducción de nitrito e hidroxialamina en amoniaco.

El manganeso es el ión metálico predominante en las reacciones del ciclo de Krebs. El manganeso genera resistencia en la planta a varios patógenos, inhibiendo la enzima fungosa fentin metilesterasa, esencial para iniciar el proceso infectivo. Inhibe además enzimas productivas por hongos ya establecidos.

El manganeso es esencial en el proceso que controla en la raíz la producción de la microflora, reduciendo la disponibilidad de nutrimentos para los microorganismos causantes de enfermedades.

Molibdeno

El molibdeno es esencial para el proceso de fijación de nitrógeno por parte de las bacterias en los nódulos de las raíces de las leguminosas. El molibdeno es parte estructural de una oxidasa que convierte el aldehído del ácido abscísico en la hormona ABA, reguladora de crecimiento que protege las plantas contra factores de estrés fisiológico. El molibdeno induce efectos positivos en la formación de polen viable al momento de la floración y fecundación.

Boro

Una vez que el boro ha sido utilizado por los tejidos en crecimiento activo de la planta, no puede trasladarse y ser utilizado nuevamente. Esto significa que debe existir una fuente permanente de boro disponible para la planta durante todo su ciclo de crecimiento y desarrollo.

El boro actúa sobre la diferenciación de tejidos y la síntesis de fenoles y auxinas; interviene en la germinación y crecimiento del tubo polínico; es importante en el metabolismo de ácidos nucleicos y en la elongación y división celular; interviene en el transporte de almidones y azúcares desde la hoja hacia los frutos en formación. Disminuye la caída de flores y aumenta la producción de frutos. Además está asociado con la actividad celular que promueve la maduración.

En resumen, el boro participa de una serie de procesos fisiológicos dentro de la planta y en ocasiones su deficiencia se confunde con la de otros nutrientes como la de P y K. Entre las funciones del boro en las plantas, dos están muy bien definidos: la síntesis de la pared celular y la integridad de las membranas plasmáticas. Por esta razón, en presencia de una deficiencia de boro no crecen nuevas raíces y tampoco nuevas brotaciones

Zinc

Es indispensable en la formación de clorofila. Es componente de varias enzimas, entre ellas las que promueven el crecimiento. Interviene en la utilización del agua y otros nutrimentos.

El zinc regula el crecimiento de meristemos al nivel de la raíz y parte aérea, mediante el control de la síntesis de triptófano, aminoácido precursor de la hormona del crecimiento conocida como ácido indolacético, AIA (auxina). El zinc activa diversos procesos enzimáticos, como la fosforilación de la glucosa, y a través de ella la formación del almidón. De igual manera actúa la anhidrasa carbónica para la utilización del ácido carbónico, asociada a la asimilación del CO_2. Además, está involucrado en la reducción de nitratos y síntesis de aminoácidos que se transformarán en proteínas.

Cloro

Las plantas absorben el cloro como ion Cl. Está involucrado en la apertura de los estomas y por lo tanto interviene en la turgencia de las células y ayuda al metabolismo del nitrógeno. Las plantas tienen su mecanismo de tolerancia a los excesos, acumulándose en las vacuolas. Generalmente las aguas de riego son ricas en cloruros; por tanto, casi nunca es necesario hacer aplicaciones de este elemento.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIAS

Dentro del grupo de las crucíferas, la coliflor es la especie mas sensible a las deficiencias

nutricionales. A continuación se describen los síntomas de deficiencias más comunes.

Nitrógeno

Aparece en plantas jóvenes; las hojas más antiguas pierden el color verde y se tornan amarillas y rosadas y las más nuevas toman un color pardo. Con frecuencia los brotes prematuros son causados por la deficiencia de nitrógeno en los tejidos.

En repollo, una deficiencia de nitrógeno, disminuye los rendimientos considerablemente, el crecimiento se hace lento y la planta tiende a enanificarse y a defoliarse. Las hojas nuevas presentan un color verde claro y las inferiores muestran una coloración anaranjada con tintes rojos y morados; la formación de la cabeza es tardía, pues se disminuye la capacidad de absorción y el repollo puede tomar un sabor fuerte.

Si el nitrógeno está ausente no se produce la cabeza. El nivel crítico de nitrógeno observado en los tejidos, es de 1,3% en base seca para hojas externas y 2,1% para raíces; como consecuencia, la producción decrece en un 50% a causa de la deficiencia.

Fósforo

La deficiencia de este elemento se manifiesta en el sistema radical, siendo este raquítico, acompañado de síntomas generales de perturbación en el crecimiento; así las plantas crecen lentamente y a menudo se quedan enanas, llegando a la madurez.

Los síntomas de deficiencia de fósforo para el brócoli son similares a los del nitrógeno, pero con follaje de color púrpura y bronceado (Figura 2). Estos síntomas se presentan desde el semillero (Figura 3).

(Figura 2)

(Figura 3)

En repollo, las raíces detienen su crecimiento y desarrollan poca ramificación. El nivel crítico de fósforo en los tejidos, como consecuencia de la deficiencia, es de 0,1% en base seca para hojas externas y de 0,2% para raíces.

Potasio

Las plantas se deforman parcialmente o totalmente. Las hojas adquieren un color rosado y se arrugan principalmente por los bordes. Las deficiencias del potasio en el repollo producen, inicialmente en las hojas viejas, manchas amarillas que luego se tornan pardo-amarillentas y finalmente se necrosan; las hojas viejas empiezan a morir de la parte baja a la parte alta y la expansión de las hojas jóvenes se hace anormal; estas hojas son pequeñas y deformes; las raíces son escasas y delgadas; las cabezas se forman poco compactas.

El desarrollo de la planta de repollo es uniforme y secuencial cuando es adecuado el suministro de nutrientes, y su crecimiento y desarrollo es alterado y retrasado, en parte, cuando el suministro de potasio es subnormal. Contenidos de potasio menores de 0,5% en las hojas externas, son desfavorables para la formación de la cabeza.

La gran cantidad de nitrógeno y potasio acumulada en las hojas internas, sugiere que ambos nutrientes son los elementos más importantes de los macronutrientes para la formación de cabeza. El suministro de potasio es necesario tanto en los estados tempranos como en los tardíos de crecimiento, ya que este elemento asegura la formación de una cabeza firme, compacta.

Calcio

Deformación total de las hojas, enrollamiento de las mismas, manchas alargadas de color amarillo o rosado, muerte posterior de hojas y plantas. Las hojas viejas sufren el colapso de los tejidos del mesófilo. Los puntos meristemáticos pueden morir. Los suelos ácidos presentan esta deficiencia combinada con el exceso de manganeso, lo cual hace que las hojas se enrosquen en forma de copa. Curvamiento hacia abajo del ápice de las hojas jóvenes. La coloración café en el ápice y los bordes. Las hojas viejas presentan manchas cloróticas intervenales, seguidas de necrosis. Las raíces se tornan pardas debido a la muerte de las raicillas.

Magnesio

Las hojas adquieren color más claro y al final se tornan de color marrón claro, se deforman ligeramente en la parte superior y las nervaduras conservan su color verde (Figura 4).

(Figura 4)

Molibdeno

El síntoma inicial en coliflor y repollo es una clorosis y el encartuchamiento de las márgenes de las hojas más jóvenes (Figura 5), acompañado de una necrosis intervenal. En las hojas desarrolladas, ocurre una deformación o torcimiento de las nervaduras. El tejido se torna irregular y hay reducción del limbo de la hoja (Figura 6). La apariencia de látigo en la hoja hace que se le asigne el nombre de "cola de látigo"; las plantas no forman la cabeza y si lo hacen son atrofiadas (Figura 7).

(Figura 5)

(Figura 6)

(Figura 7)

Boro

La deficiencia de este elemento causa el síntoma conocido como tallo hueco o corazón negro. (Figura 8). Cuando se presenta tallo hueco en coliflor por deficiencia de boro, se presenta una coloración parda en las paredes internas del hueco y se observa un resquebrajamiento interno del tallo floral que deja un espacio vacío (Figura 9)

(Figura 8)

(Figura 9)

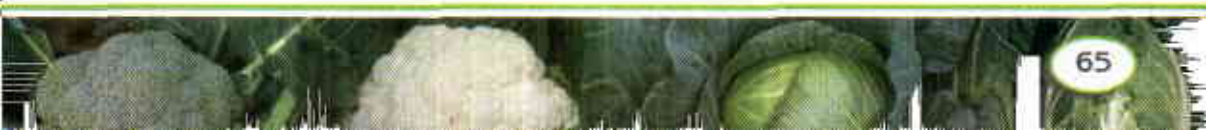
Generalmente la cabeza o el tallo de la coliflor y al brócoli, debe ser cortado longitudinalmente para observar el daño (Figuras 10 y 11)

(Figura 10)

(Figura 11)

En casos severos de deficiencia, aparecen manchas de color marrón, que pueden afectar toda la cabeza y luego se extienden hacia la parte interior de la cabeza (Figura 12).

(Figura 12)



Azufre

Ocurren difícilmente pero, en condiciones experimentales, las hojas viejas se decoloran y las raíces se vuelven largas pero delgadas. Los niveles críticos de calcio, magnesio y azufre en los tejidos, están estimados alrededor de 1,10, 0,15 y 0,40 %, con base en peso seco, respectivamente; por debajo de estos valores la producción decrece considerablemente hasta del 50 %.

Muestreo de suelos y foliar en crucíferas

El suelo no es una masa homogénea sino más bien compleja y heterogénea, que presenta múltiples variaciones. Por ello en la toma de la muestra, se debe examinar el área a ser estudiada en relación a la homogeneidad en cuanto a topografía, color y tipo de suelo, textura, grado de erosión, tratos culturales anteriores, cobertura vegetal, drenaje y otras características que pueden servir de guía para diferenciar las unidades de muestreo y de muestras entre sí, para una posterior recomendación. Un procedimiento común consiste en recorrer el lote siguiendo dos líneas diagonales en forma de X, en las cuales se escogen los sitios en forma sistemática, dependiendo del tamaño del lote, se puede usar cualquier otra forma sistemática de muestreo tratando de cubrir adecuadamente el campo, acomodándose a las condiciones particulares de cada lote. (Figura 13).

(Figura 13)

En relación a la profundidad de muestreo, esto debe realizarse tomando en consideración las características de la distribución del sistema radical de las crucíferas. Se debe efectuar con muestreo superficial (0-20 cm).

Las submuestras de cada sitio se recolectan en un recipiente plástico limpio, se mezclan completamente y de esta mezcla se retira una porción de alrededor de 1 kg de suelo que es lo que se envía al laboratorio.

Para un buen diagnóstico, además del análisis del suelo, que nos informa sobre el contenido de los elementos disponibles en el suelo, así como de ciertas características que pueden afectar el comportamiento de los fertilizantes, debemos realizar el análisis foliar que dirá lo que la planta está asimilando

Partes de la planta para la muestra

En la planta, no todas las partes de una misma estructura contienen necesariamente la misma concentración de los elementos; por éstas y otras razones se debe seleccionar muy cuidadosamente qué parte se debe tomar para poder tener un diagnóstico correcto del estado nutricional de la planta.

Para el análisis foliar, en crucíferas como la coliflor, brócoli, col y repollo, las muestras foliares se toman inmediatamente antes de la aparición de la inflorescencia (cabezas); se toma la nervadura central de las hojas externas, procurando tomar solo dos hojas por planta y 50 plantas por muestra.

Es necesario tener en cuenta algunas precauciones al hacer el muestreo, tales como: no se deben tomar partes de plantas cubiertas de suelo, polvo o cubiertas de rocío o con exceso de agua.

No se deben muestrear partes de plantas que presenten daños mecánicos o provocados por insectos, ni que estén enfermas o necrosadas. No muestrear plantas que presenten anormalidades fisiológicas causadas por humedad o temperatura excesiva en el ambiente, porque estas desarrollan concentraciones no usuales de nutrimentos que pueden ser engañosas.

Después del muestreo, el material foliar debe ser lavado con una solución detergente de 0,1 a 0,3% y posteriormente remojarlos en agua pura. El proceso de lavado debe ser rápido para evitar pérdidas de potasio y calcio. Después de lavado el material se procede al secado de la muestra. El secado de los tejidos vegetales frescos puede ser por desecación al aire o en una estufa a temperatura de 60° C a 80° C. También por ventilación forzada sobre capas delgadas de tejido. Una vez secas se procede a la molienda y empaque de la muestra.

REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

Para el cultivo de las crucíferas en general los mejores suelos son:

- Textura franco a franco arcillosa
- Bien drenados
- Buena capacidad de retención de humedad
- Buena fértilidad
- Ricos en materia orgánica.
- Con un pH ideal de 5,7 a 6,8 y aunque se desarrolla bien a pH inferiores. Las condiciones de acidez no solo afectan la disponibilidad de boro y molibdeno en el suelo, sino tambien aumenta la incidencia del hongo *Plasmodiosphora brassicae*, causante de la enfermedad conocida como "la Hernia de las coles".
- En caso de necesitar aplicar cal por existencia de aluminio, pH bajo o relaciones inadecuadas de nutrientes, esta debe aplicarse por lo menos ocho días antes de la siembra.
- Son plantas exigentes en fertilización nitrogenada, potasio y azufre y no soportan los suelos salinos.
- La relación Ca : Mg no debe superar a cuatro.
- Por ser especies altamente sensibles a la deficiencia de boro y molibdeno en el suelo, debe existir un mínimo de 1 ppm de boro en el suelo; en caso contrario, se debe acudir a la aplicación foliar de este micronutriente.

Brocoli

Se desarrolla bien en cualquier tipo de suelo, prefiriendo los francos a franco-arenosos, fértiles, con buen contenido de materia orgánica. Prefiere suelos profundos, con buen drenaje y buena retención de humedad, y pH entre 5,7 y 6,8; este cultivar se clasifica como ligeramente tolerante a la acidez y medianamente tolerante a la salinidad.

Son plantas exigentes en nitrógeno, potasio, azufre, boro y molibdeno. Son medianamente tolerantes a la salinidad. Las extracciones de los nutrimentos son variables en función del cultivar y de las condiciones climáticas y edáficas, con diferentes rendimientos. Para un rendimiento de 20 t/ha se extraen; 90 kg/ha de nitrógeno, 34 kg/ha de P_2O_5 y 84 kg/ha de K_2O.

Coliflor

El suelo para la siembra de esta especie debe ser profundo, de textura media (franco-arenoso), alto contenido de materia orgánica y con buena capacidad de retención de humedad; de buen drenaje, pues es una planta muy sensible al

encharcamiento. Es una planta que no tolera el encharcamiento y es moderadamente sensible a la salinidad. Se desarrolla bien en suelos con pH entre 5,5 y 6,2, se ha clasificado como una especie ligeramente tolerante a la acidez, siendo un rango óptimo de pH 6,0-6,8. Es algo sensible a disminución brusca del pH, debido a que se provocan indirectamente desórdenes fisiológicos por falta de algunos nutrimentos como magnesio, molibdeno y boro. También aumenta la incidencia de *Plasmodiophora brassicae*, patógeno causal de la hernia de la col.

Repollo

El repollo se puede desarrollar en casi todo tipo de suelos, en lo que se refiere a texturas desde arenosos hasta pesados, prefiriendo aquellos que tengan medio a alto contenido de materia orgánica de textura intermedia, buen drenaje, buena retención de humedad, profundidad efectiva y pH entre 5,5 y 6,5. En suelos con acidez menor a 5,5 puede provocar en la planta carencias de nutrimentos como fósforo, magnesio y potasio siendo más frecuentes los ataques de la hernia de la col. Para un cultivar precoz, los suelos livianos son considerados los mejores, en tanto que los suelos pesados son apropiados para los cultivos tardíos; estos retienen más humedad y toleran mejor el frío; en estos suelos los rendimientos son mayores. Los suelos arcillosos afectan la producción de repollo, con desuniformidad de desarrollo, retardo en la producción, posiblemente por mal drenaje, por lo cual tiene mayor exigencia en adición de materia orgánica.

Col de bruselas

Requiere un suelo suelto sin problemas de drenajes y con un pH entre 5,8 y 6,8. Esta se adapta a terrenos de textura media, que no sean excesivamente ricos en nitrógeno, puesto que inducen un desarrollo foliar exagerado, en detrimento de los cogollos tanto en número y son menos apretados. Crece también en suelos con pH ligeramente ácidos.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES Y FERTILIZACIÓN

Es importante conocer los requerimientos nutricionales de las principales crucíferas de clima frío. La mayoría de ellas se cultivan en suelos andisoles; su productividad solo se verá favorecida en la medida en que los ambientes donde se establezcan cumplan de manera apropiada con los requerimientos exigidos por cada especie

La aplicación de nutrientes en crucíferas debe basarse en los análisis de suelo. Esto ayuda a obtener el mayor beneficio agronómico y económico de la aplicación de fertilizantes.

La fertilización es una práctica importante de manejo de las crucíferas, que tiene como objetivo aumentar la concentración de nutrientes en la solución del suelo, cuando no existe suficiente cantidad de estos, para satisfacer las demandas nutrimentales del cultivo. De acuerdo con la Tabla 1, las crucíferas son altamente extractoras de potasio y azufre.

La aplicación de azufre, usualmente, conduce a mejorar el rendimiento y la calidad, especialmente en oleaginosas y hortalizas como cebolla, ajo y puerro; en estos cultivos los compuestos que contienen azufre (alina y glucosinolatos) son importantes para el aroma y por ende determinan la calidad.

Tabla 1.
Extracción de nutrientes totales en diferentes crucíferas (Fertilizantes F+S Kali GmbH.)

Variedad	Rendimiento Tn/ha	N	P_2O_5	K_2O	Mg	S
		Kg/ha				
Repollo	47	----	75	249	28	61
Brócoli	18	----	61	151	18	59
Coliflor	25	----	63	213	23	48

Estimación de niveles críticos

Los niveles críticos ofrecen una gran utilidad en la agricultura actual, ya que son una herramienta que acompañada con los resultados experimentales de respuesta a la fertilización y a la experiencia particular del lote de cultivo, ayudan a diagnosticar el nivel de probabilidad de respuesta al suministro de elementos nutricionales a partir del análisis del suelo. Es necesario aclarar que estos valores deben ser evaluados mediante investigación, para ir ajustando las recomendaciones de cada cultivo y cada zona particular.

De acuerdo con experiencias en el Altiplano cundiboyacense y en el Oriente antioqueño, se plantea una aproximación de los niveles críticos para crucíferas en las dos subregiones (Tabla 2).

Fertilización en semilleros

Para las especies coliflor, brócoli y repollo es necesario la elaboración de semilleros, para lo cual, se deben tener en cuenta sectores de la finca protegidos de vientos y provistos de riego.

Existen bandejas germinadoras, con sustratos de germinación a base de turba reforzada o suelo desinfectado con el metodo de solarización, como una tecnología ideal para la producción de plántulas de excelente calidad y vigor para

Tabla 2.
Propuesta de niveles críticos en crucíferas de clima frío

Especie	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	S	M.O. (%)
	Ppm	Cmol/kg			ppm	
Crucíferas Repollo y Coliflor (1)	< 15	< 0.2	< 3	< 0.5	<10	< 5
	15-30	0.2-0.4	3-6	0.5-1.2	10-20	5-10
	> 30	> 0.4	> 6	> 1.2	> 20	> 10
Crucíferas: Brócoli, Coliflor y Repollo (2)	< 20	< 0.25	< 3.5	< 2.0	-----	< 10
	20-30	0.25-0.45	3.5-7.0	2.0-3.0	-----	10-20
	> 30	> 0.45	> 7.0	> 3.0	-----	> 20

(1) Altiplano Cundiboyacense. (2) Oriente Antioqueño

transplante a campo. Para evitar las deficiencias de molibdeno se recomienda la aplicación de klip molibdeno a la tercera semana después de la siembra en dosis de 2,5 cc/L aplicado al follaje.

Fertilización a la siembra o preabonado

Por experiencias obtenidas en trabajos de investigación en el programa de hortalizas del C.I "La Selva", el preabono tiene significativa ventaja en el arranque y prendimiento del cultivo. Tiene como objetivo proporcionar en el orden del 40-50% de la fertilización de fondo previo o ó en el momento del transplante.

Las fuentes y dosis se seleccionan de cuerdo con el análisis de suelo y requerimientos nutricionales de la especie, empleando fertilizantes compuestos y/o mezclas físicas de fuentes simples manofacturadas o realizadas en campo. Una fertilización recomendada en el C.I La "Selva" es aplicar 150 g/planta de materia orgánica bien descompuesta, en lo posible compostada, más la adición de 20 g por sitio de cal dolomitica y 0,6 g de borax.

Fertilización de reabonamiento

La práctica de reabonamiento respecto al abonamiento total ha demostrado en la mayoría de los cultivos semestrales tener éxito, debido a que el fraccionamiento mejora la eficiencia de la fertilización y disminuye la capacidad extractiva de las malezas, al ser aprovechadas las desyerbas para incorporar el fertilizante.

En el CI "La Selva" se recomienda aplicar a los 20 días después del transplante entre 20-25 g/planta del fertilizante compuesto 10-30-10 más 3 gramos de agrimins. Entre los 20 y 40 días del transplante aplicar klip molibdeno en dosis de 2,5 cc/l. Para estas especies de crucíferas que son tan susceptibles a deficiencias de boro, es recomendable hacer dos aplicaciones foliares de borax (2,5 cc/l) a la tercera y quinta semana después del transplante.

Para las crucíferas de clima frío se propone la Tabla 3, a partir de trabajos realizados en el Altiplano cundiboyacense y en el Oriente antioqueño; con base en las recomendaciones de fertilización consignadas en fertilización en diversos cultivos, (V

Tabal 3.
Recomendaciones generales de N, P_2O_5, K_2O y abono orgánico para crucíferas en dos pisos térmicos.

Hortalizas	Resultados análisis de suelos		Fertilización recomendada (kg/ha)			
	P mg/kg	K Cmol/kg	N *	P_2O_5	K_2O	Abono orgánico (ton/ha)
Repollo Coliflor (1)	< 15	< 0.2	50-75	100-120	120-180	Repollo: 3-5 Coliflor: 2-3
	15-30	0.2-0.4		75-100	90-120	
	> 30	> 0.4		50-75	75-90	
Repollo Coliflor Brócoli (2)	< 15	< 0.2	80-90	150-170	120-180	5-10
	15-30	0.2-0.4		90-150	60-120	
	> 30	> 0.4		50-90	30-60	

(1) Altiplano Cundiboyacense
(2) Oriente Antioqueño (Suelos Andisoles)

aproximación, 1992. ICA), ajustaron los rangos de niveles críticos y las recomendaciones de fertilización.

- En hortalizas no se tiene en cuenta el contenido de materia orgánica del suelo para la fertilización nitrogenada. Esta depende de la especie y del empleo del abono orgánico.

- Las dosis más bajas de n se recomiendan cuando se aplican dosis medianas de abono orgánico. Cuando se aplican dosis altas de este abono, se puede omitir o disminuir la recomendación del fertilizante químico nitrogenado.

Resultados de investigación sobre fertilización en crucíferas en Antioquia

Coliflor

Al comparar los abonos champiñonaza y agrosolar, en la producción de coliflor, los mayores rendimientos se obtuvieron con la aplicación de 7,5 t/ha de agrosolar, más 1.200 kg/ha de 10-30-10.

Dentro de los abonos orgánicos compost Cioma, compost Bacthon y lombricompuesto, sobresale el lombricompuesto, obteniendo la mayor producción de coliflor con la aplicación de 10 t/ha de compost, más 800 kg/ha de 10-30-10. Para las especies repollo y lechuga los mayores rendimientos, tanto para el compost cioma y bacthon, se presentaron cuando se fertilizó con 10 t/ha de compost, más 800 kg/ha de abono químico 10-30-10.

Para las especies repollo y lechuga, los mayores rendimientos con la aplicación de lombricompuesto, se presentaron cuando se fertilizó con 6 t/ha de lombricompuesto, más 600 kg/ha de 10-30-10.

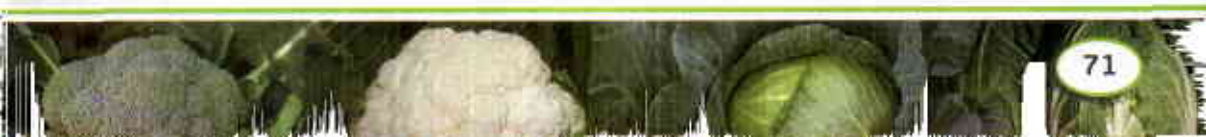
El trabajo se realizó durante dos semestres consecutivos en dos localidades de la vereda "Alto de Mercado" del municipio de Marinilla (Antioquia). Los suelos son Andisoles, de texturas francas, de pH fuertemente ácidos y de baja fertilidad. Se utilizó el híbrido de coliflor Cashmere, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Para el análisis de varianza se utilizó un análisis combinado (localidad por semestre).

Los tratamientos fueron tres dosis orgánicas (3, 5 y 8 t/ha de gallinaza) combinadas con tres dosis químicas (300, 500 y 800 kg/ha de 10-30-10); adicionalmente se evaluaron tres testigos, así: un tratamiento orgánico 5 t/ha de gallinaza, un testigo químico 500 kg/ha de 10-30-10 y un testigo absoluto sin ninguna aplicación. Se encontraron diferencias altamente significativas entre las dosis de fertilización. La mayor producción se obtuvo con la dosis más alta, 800 kg/ha de 10-30-10 más 8 t/ha de gallinaza, seguida de la fertilización de 800 kg/ha de 10-30-10 pero combinado con 5 t/ha de gallinaza.

El testigo químico 500 kg/ha de 10-30-10 produjo una reducción de 11,8 t/ha con respecto a la máxima producción, 32,45 t/ha. El tratamiento con sólo gallinaza 5 t/ha tuvo una disminución de 10 t/ha de coliflor con respecto a la máxima producción. El testigo sin ninguna aplicación presentó una disminución de 18 t/ha de coliflor con respecto a la máxima producción (38,74 t/ha).

Brocoli

El trabajo consistió en evaluar la producción de brócoli cuando se combinan diferentes dosis de fertilizante químico (300, 500 y 800 kg/ha de 10-30-10) con diferentes dosis de materia orgánica (3, 5 y 8 t/ha de gallinaza). El experimento se realizó en



cuatro localidades de la vereda "Las Mercedes" del municipio de Marinilla-Oriente antioqueño. Los suelos estudiados son Andisoles de textura franco y franco arcillosa, de pH extremadamente ácido (5,1-5,7), con contenidos medios a bajos en materia orgánica (7,3-13,9%), de medios a altos en potasio (0,24-1,26 meq/100 g), altos contenidos de calcio (4,5-23,4 meq/100 g) y medios a bajos en magnesio (0,66-2,08 meq/100 g). Los resultados ilustran diferencias altamente significativas entre las diferentes localidades e igualmente entre las diferentes dosis de fertilizante aplicado.

La mayor producción 26,22 t/ha se obtuvo cuando a la fertilización (800 kg/ha de 10-30-10) se le adicionaron 8 t/ha de gallinaza. Le siguen en su orden las combinaciones 500 y 300 kg de 10-30-10 con 8 y 5 t/ha de gallinaza por hectárea. La fertilización sola con 500 kg/ha de 10-30-10 produjo 22,83 t/ha de cabezas de brócoli. La fertilización orgánica sola de 5 t/ha de gallinaza produjo un rendimiento de 22 62 t/ha. El tratamiento testigo absoluto obtuvo 19,10 t/ha de brócoli.

Repollo

Con el propósito de evaluar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos sobre la producción de hotalizas se realizó el presente ensayo.

El suelo donde se estableció el experimento fue un Andisol Typic melano aquand isotérmico ubicado en el CI "La Selva" de CORPOICA Regional 4 (Rionegro, Antioquia), en clima frío moderado, a una altitud de 2.100 m.s.n.m., con temperatura promedio de 17°C y una precipitación anual de 1.850 mm.

El trabajo consistió en evaluar el efecto de diferentes abonos orgánicos (champiñonaza y agrosolar), en dosis crecientes 5, 7.5,10, 12,5 y 15 t/ha, en la producción de coliflor. Igualmente se evaluó compost obtenido de la descomposición de residuos de cosecha de hortalizas tratados con dos productos comerciales Bacthon y Cioma a base de bacterias descomponedoras; asi mismo, se evaluó un lombricompuesto en dosis de 6, 8, 10 y 12 t/ha más la combinación de 600 y 800 kg/ha del abono químico 10-30-10 en repollo y lechuga.

La mayor producción de coliflor, se obtuvo cuando se aplicaron 7,5 t/ha de agrosolar. La adición de abono químico a la champiñonaza no mejoro considerablemente la producción de coliflor. La mayor producción de repollo y lechuga se presentaron cuando se fertilizaron con la mayor dosis de abono orgánico y químico (10 t/ha más 800 kg/ha de 10-30-10), tanto de compost como de lombricompuesto.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Bibliografía

- **Anaya M., M. 1996.** Nutrición de los frutales caducifolios y fundamentos técnicos para su fertilización. En: Fertilización de cultivos en clima frío. Ricardo Guerrero Riascos (ed.). Monómeros p 272-305.

- **Castro H. 2001.** Planes de fertilización aplicables a cultivos hortícolas del Altiplano cundiboyacense, énfasis al Departamento de Boyaca. En: Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el silicio en la agricultura. Francisco Silva Mojica (ed.) Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Comité Regional de Cundinamarca y Boyaca. p 135-161.

- **Devlin R. 1982.** Fisiología Vegetal. Cuarta edición. Barcelona, España, Editorial Omega, S.,A, p 516.

- **Espinosa J. 1996.** Fijación de fósforo en suelos derivados de ceniza volcánica. Inpofos. Informaciones Agronómicas. No.23: 1-3.

- **Espinosa J. 1998.** Fijación de fósforo en suelos derivados de ceniza volcánica y fertilización fosfórica del cultivo de la papa. En: Fertilización de cultivos de clima frío. Ricardo Querrero Riascos (ed.), Monómeros, p 103-111.

- **Girard E., O. J. 1983.** Crucíferas: repollo. En: Hortalizas. Manual de asistencia técnica No 28. Juan Jaramillo Vásquez y Mario Lobo (Compiladores). Instituto Colombiano Agropecuario. 167-188p.

- **Gualdrón A., R.; F. Herrón. 1979.** Fraccionamiento, fijación y liberación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas del Oriente antioqueño. Boletín de Ciencias de la Tierra, No.4. Medellín. p 59-93.

- **Guerrero R., R. 1996.** Los nutrientes de las plantas. En: Fertilización de cultivos de clima cálido. Ricardo Querrero Riascos (ed.) Monómeros. p 37-43.

- **Instituto Colombiano Agropecuario- ICA.1992.** Fertilización en diversos cultivos. V aproximación. Manual de Asistencia Técnica No 25. 64 p.

- **Inpofos. 1978.** Potasa: Su necesidad y uso en agricultura moderna. p 44.

- **Jaramillo N., J. E. 1995.** Fertilización de hortalizas de clima frío. Seminario Fertilización de Cultivos. Sociedad Colombiana de Ciencia de Suelo. Comité Regional de Antioquia. Medellín. p. 96-13.

- **Jaramillo J., D. 1995.** Andisoles del Oriente antioqueño. Caracterización química y fertilidad. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. p 35.

- **Jaramillo N., J. E.; Tamayo, V. A.; J. Mazo. 1998.** Abonamiento orgánico y químico de lechuga, brócoli, coliflor y zanahoria en suelos derivados de cenizas volcánicas en clima frío moderado. En: Frutos de la Investigación Agrícola. 1994-1997. CORPOICA, Regional 4. Rionegro, 11 de Junio de 1998, 181p.

- **Jaramillo N., J. E.; Muñoz, L.; Zapata, M. 2001.** Recomendaciones generales para el manejo de hortalizas comerciales, CI "La Selva" Rionegro Antioquia. Corpoica p 70.

- **León S., A. 1971.** Teorías modernas sobre la naturalezas de la acidez del suelo. Suelos Ecuatoriales. 3(1): 42P.

- **Lobo M.; Girard E.; Mejia V. 1983.** Crucíferas: coliflor. En: Hortalizas. Manual de Asistencia Técnica No 28. Juan Jaramillo Vásquez y Mario Lobo (Compiladores) Instituto Colombiano Agropecuario. p 189-195.

- **Malavolta E. 1998.** Importancia de la fertilización en la calidad de los productos agrícolas. Inpofos. Informaciones Agronómicas. Quito-Ecuador. 30: 7-13.

- **Microfertisa. 2001**. Manual Técnico. Cuarta Edición. Bogotá, D.C. 100 p

- **Muñoz A., R. 1998**. Fertilización de la papa en Antioquia. En: Fertilización de cultivos de clima frío, Ricardo Riascos (ed.) Monómeros p 43-61.

- **Muñoz A., R. 1979**. Los elementos secundarios S, Ca y Mg en suelos de clima frío en Colombia. VI Coloquio sobre suelos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Palmira, 20p.

- **Ospina L., O. 1974**. El fósforo en los andisoles. Suelos Ecuatoriales 681): 97-136.

- **Tamayo A. 2003**. Aplicación de materiales orgánicos en algunos cultivos del Oriente Antioqueño. En: Seminario: Materiales orgánicos en la Agricultura. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Medellín. p. 27-28. Marzo 1-4. Disponible en CD.

- **Tamayo P., J.; Jaramillo N., J. E. 2005**. Enfermedades de las crucíferas en Colombia. Guía para su diagnóstico y manejo. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de investigación "La Selva", Apartado Aéreo 100, Rionegro, Antioquia, Colombia. Boletín Técnico No. 24. Asohofrucol, Central Mayorista de Antioquia, Sena. 70 p.

- **Tamayo A.; Jaramillo N., J. E. 2005**. Abonos orgánicos en la producción de hortalizas. Suelos ecutoriales vol 35 (2). p. 78 -84.

- **Toro E.; et al. 1979.** Suelos del Departamento de Antioquia. Tomo I y II. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección Agrológica. Bogotá. Tomo I, 780p. y Tomo II, 900p.

- **Yamada T. 1996**. La nutrición mineral y la resistencia de las plantas a las enfermedades. Inpofos. Informaciones Agronómicas. Quito-Ecuador No.23. Enero de 1996. p. 7-10.