



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
ESCUELA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,
presentado al Honorable Consejo Directivo de la Facultad, como
requisito previo para obtener el título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

“Principios de la movilidad acropetal de nutrientes por el tejido
conductor de las plantas”.

AUTORA:

Judith Janeth Vera Sánchez

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon López Izurieta, Msc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
ESCUELA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de grado de carácter Complexivo,
presentado al Honorable Consejo Directivo de la Facultad, como
requisito previo para obtener el título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

“Principios de la movilidad acropetal de nutrientes por el tejido
conductor de las plantas”.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Agr. Oscar Mora Castro, MSc.

PRESIDENTE

Ing. Agr. Emilio Ramírez Castro, MSc.

VOCAL

Ing. Agr. Carlos Barros Veas, MSc.

VOCAL

La responsabilidad por la Investigación análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones presentadas y sustentadas en este componente práctico del examen Complexivo son de exclusividad de la autora.

JUDITH JANETH VERA SANCHEZ

DEDICATORIA

A mi inmemorial Madre quién desde el cielo me cuida y quién me apoyo desde lejos, pero siempre está presente en cada logro y derrota.

A mi querido Padre por su apoyo incondicional y por guiarme en el camino que me brindará excelencia personal y profesional, con mucho amor y cariño, todo esto es por ti.

A mis hermanos que me apoyaron emocionalmente, por su gran amor y apoyo gracias porque siempre creyeron en mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme guiado y dado la oportunidad de tener salud, valentía, fortaleza, responsabilidad y de luchar cada día y poder culminar mi carrera.

A la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, especialmente a la Carrera Ingeniería Agropecuaria, por haberme acogido en sus aulas durante 5 años, y brindarme todo lo necesario para obtener conocimientos.

A los docentes quienes me formaron profesionalmente, y cada uno dedico su tiempo, esfuerzo, paciencia y aprendizaje para enseñarme y poder culminar mi carrera como Ingeniera Agropecuaria.

RESUMEN

El documento permitió comprender los principios de la movilidad acropetal de nutrientes por el tejido conductor de las plantas. Hay que enfatizar que el movimiento Acropetal está relacionado al movimiento dentro del xilema, que es un sistema de tejidos conectados del sistema vascular, sin actividad metabólica pero su importancia radica en lo relacionado al transporte de agua por vía pasiva es decir la corriente transpiratoria. Se aprovecha para el movimiento de absorción de ciertos elementos como el Calcio, Boro, entre otros y su mayor actividad está en la relación raíz-hoja. Por la información obtenida se concluyó que la concentración de nutrientes en hoja desde una edad temprana hasta la senescencia de la planta declina con el tiempo, excepto los nutrientes inmóviles. Esto probablemente se deba a que hay un cambio en la proporción de ciertos tejidos con la edad, como puede ser el incremento de la proporción de tejidos estructurales y sustancias de reserva. En cultivos perennes la concentración de nutrientes en hojas y otros órganos fluctúan con los rebrotes estacionales y crecimientos y desarrollo de frutos, y también varían entre hojas de ramas vegetativas y fructíferas y las plantas absorben nutrientes en diferentes proporciones a lo largo de su ciclo de desarrollo. En general, la tasa de absorción es menor al comienzo del ciclo de crecimiento, aumenta durante el desarrollo de la fruta y cae justo antes de la cosecha. Además, las tasas de absorción de nutrientes individuales varían a lo largo del ciclo de crecimiento.

Palabras claves: movilidad, acropetal, nutrientes.

SUMMARY

The document made it possible to understand the principles of acropetal mobility of nutrients through the conductive tissue of plants. It must be emphasized that Acropetal movement is related to movement within the xylem, which is a system of connected tissues of the vascular system, without metabolic activity, but its importance lies in relation to passive water transport, that is, the transpiratory current. It is used for the absorption movement of certain elements such as Calcium, Boron. and its greatest activity is in the root-leaf relationship. Based on the information obtained, it was concluded that the concentration of nutrients in the leaf from an early age to the senescence of the plant declines with time, except for immobile nutrients. This is probably due to the fact that there is a change in the proportion of certain tissues with age, such as the increase in the proportion of structural tissues and reserve substances. In perennial crops the concentration of nutrients in leaves and other organs fluctuates with seasonal shoots and growth and fruit development, and also varies between leaves of vegetative and fruiting branches and plants absorb nutrients in different proportions throughout their development cycle. . In general, the absorption rate is lower at the beginning of the growth cycle, increases during fruit development, and falls just before harvest. Also, the absorption rates of individual nutrients vary throughout the growth cycle.

Keywords: mobility, acropetal, nutrients.

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| RESUMEN | vi |
| SUMMARY | vii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I | 3 |
| MARCO METODOLÓGICO | 3 |
| 1.1. Definición del tema caso de estudio | 3 |
| 1.2. Planteamiento del problema | 3 |
| 1.3. Justificación | 4 |
| 1.4. Objetivo | 4 |
| 1.4.1. General | 4 |
| 1.4.2. Específicos | 5 |
| 1.5. Fundamentación teórica | 5 |
| 1.6. Hipótesis | 14 |
| 1.7. Metodología de la investigación | 14 |
| CAPÍTULO II | 15 |
| RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN | 15 |
| 2.1. Desarrollo del caso | 15 |
| 2.2. Situaciones detectadas (hallazgo) | 15 |
| 2.3. Soluciones planteadas | 16 |
| 2.4. Conclusiones | 16 |
| 2.5. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso) | 17 |
| BIBLIOGRAFÍA | 18 |

INTRODUCCIÓN

Una planta se considera normal cuando sus tejidos contienen los elementos en cantidades y proporciones adecuadas, es capaz de dar altas producciones y exhibir un buen aspecto visual. Cuando se identifican deficiencias nutricionales, se recurre a la fertilización como una práctica que busca entre otras cosas corregir esas limitantes, lograr un buen desarrollo y rendimiento de los cultivos; sin embargo, es claro que la respuesta de las plantas depende de las condiciones edáficas, del medio que las rodea y del material vegetal. Además, se considera que la hoja es el órgano de la planta que refleja mejor el estado nutricional. Estos análisis realizados de forma oportuna e interpretados adecuadamente, son una herramienta apropiada para corregir limitantes nutricionales del cultivo, y para determinar la concentración óptima de los nutrientes en una determinada época del ciclo del cultivo, que asegure los mejores rendimientos (Puentes *et al.* 2016)

Se ha demostrado que la movilidad de ciertos elementos es mucho mayor en la compartimentación extracelular de la planta, constituida por el apoplasto (conjunto de las paredes celulares, incluidas las células del xilema) que, en la compartimentación intracelular, el simplasto (comunidad de protoplastos vivos, incluidos los tubos del floema). Por lo tanto, el transporte de ciertos elementos a las hojas parece estar más relacionado con la tasa de crecimiento de las raíces que con la de los brotes. (Monge 2014).

La absorción mineral de las plantas es un proceso muy efectivo. Esto se debe a la capacidad de éstas para absorber iones inorgánicos que se encuentran a bajas concentraciones y a la gran área superficial de las raíces. Después de su absorción, los elementos minerales son almacenados, metabolizados o transportados vía xilema al resto de la planta. Otros organismos, como bacterias y hongos también participan, junto con las raíces, en la adquisición de nutrientes (Ayala 2015).

Es necesario señalar que parte de los nutrientes se perderán de la planta

cuando se produzca la abscisión de órganos, de manera que serán posteriormente incorporados al suelo mediante la mineralización de la materia orgánica (Faustino et al. 2015)

En la mayoría de los sistemas agrícolas, la fertilización de cultivos se realiza aplicando los nutrientes directamente al suelo. La eficiencia de este tipo de fertilización depende tanto de la capacidad de la planta para movilizar los nutrientes desde las raíces hasta los diferentes órganos y tejidos, como de las condiciones del suelo (pH, disponibilidad de agua, temperatura y contenido de arcillas, entre otros) y de la forma de presentación del fertilizante (en polvo, granulado, líquido, etc.) (Castillo et al. 2015).

Por lo anteriormente expuesto, es necesario identificar la movilidad acropetal de nutrientes por el tejido conductivo de las plantas.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento trató sobre los principios de la movilidad acropetal de nutrientes por el tejido conductivo de las plantas.

Los nutrientes son indispensables para el desarrollo y crecimiento de los vegetales. Como en todos los organismos vivos, la unidad funcional básica de las plantas es la célula. Por ello, el estudio de la fisiología de las plantas es, en gran medida, el estudio de la fisiología de sus células y de su integración en el organismo. La gran diversidad ecológica de las plantas está directamente relacionada con la enorme variedad de formas, estructuras y funciones de las células individuales que las forman. Esta diversidad hace difícil generalizar las características de una célula. Así, las células del xilema son bioquímicamente inactivas (muertas), pero cumplen una importante función en el transporte del agua. Las células del floema, los elementos cribosos, son anucleadas y han perdido gran parte de su sistema de membranas, a excepción de la membrana plasmática; sin embargo, están perfectamente adaptadas para permitir el transporte de asimilados (Azcon y Talón 2014).

1.2. Planteamiento del problema

Uno de los principales problemas que afectan a los cultivos es el escaso desarrollo y producción de las cosechas, que se nota influenciada por los nutrientes que son necesarios e indispensables para las plantas.

Cuando la nutrición mineral es deficiente se reduce la producción y consecuentemente aparecen síntomas visibles debido a la carencia de uno otro elemento; en contraste a medida que se proporcionan los elementos requeridos en cantidades suficientes y balanceadas, por tanto, se obtienen producciones más altas y se reduce la probabilidad de presentarse síntomas visibles de sus

carencias. Una nutrición excesiva o desbalanceada afecta negativamente la producción con sintomatologías visibles en casos severos.

Los síntomas de las plantas dependerán del grado y la velocidad del traslado de los nutrimentos desde las hojas viejas hacia las partes nuevas. Los nutrimentos difieren notablemente en cuanto a su movilidad dentro de la planta.

1.3. Justificación

La disponibilidad y movilidad de los nutrientes esenciales en el suelo y en la propia planta es muy variable, lo cual tiene implicaciones directas en el manejo de la nutrición vegetal y riego. La movilidad de los nutrientes en las plantas influye en la evidencia de signos de deficiencia nutricional en las hojas. Una deficiencia de nutrientes inmóviles se observa en el amarillamiento de nuevas hojas, mientras que una deficiencia de nutrientes móviles se puede ver en el amarillamiento de las hojas viejas. Esto se debe a que los nutrientes móviles viajan desde las hojas viejas para un nuevo crecimiento, mientras que los nutrientes inmóviles no pueden transferirse entre el nuevo y viejo crecimiento, por lo que los síntomas de deficiencia aparecerán en el nuevo crecimiento (Smart 2020).

El proceso de nutrición de las plantas se distingue de las siguientes fases, como absorción y transporte de agua y sales minerales desde la raíz hasta el xilema; transporte de agua y sales minerales por el xilema; intercambio de gases en las hojas; fotosíntesis; transporte de materia orgánica por el floema y respiración celular.

1.4. Objetivo

1.4.1. General

Sintetizar la información sobre los principios de la movilidad acropetal de nutrientes por el tejido conductivo de las plantas.

1.4.2. Específicos

- Conocer el proceso fisiológico que realiza la planta durante la absorción y movilidad de las sales minerales desde el suelo a las hojas.
- Describir la importancia de los vasos conductores en la movilidad de los nutrientes.

1.5. Fundamentación teórica

Los principios fisiológicos del transporte de los nutrientes absorbidos por las hojas son similares a los que siguen por la absorción por las raíces. Sin embargo, el movimiento de los nutrientes aplicados sobre las hojas no es el mismo en tiempo y forma que el que se realiza desde las raíces al resto de la planta. Tampoco la movilidad de los distintos nutrientes no es la misma a través del floema (Melgar 2015).

La nutrición mineral es uno de los factores que más contribuye para lograr elevado rendimiento y mejor calidad del producto, de forma que los nutrientes deben ser aplicados de acuerdo a las exigencias del cultivo, en las cantidades y épocas adecuadas (Coraspe 2019).

El análisis de plantas, a veces erróneamente referido como análisis foliar, es una técnica que determina el contenido de los nutrientes en tejidos vegetales de plantas de un cultivo muestreado en un momento o etapa de desarrollo determinados. Esta herramienta se basa en los mismos principios que el análisis del suelo, asumiendo que la concentración de nutrientes en la planta está directamente relacionada con la habilidad del suelo para proporcionarlos y a su vez, con la productividad de las plantas (Correndo y García 2015).

En muchos agroecosistemas los micronutrientes limitan del crecimiento de los cultivos, frecuentemente esta condición no es evidente. En consecuencia, el suplemento adecuado de micronutrientes incrementa en forma apreciable la productividad del cultivo. Además, un nivel adecuado de micronutrientes en la planta es esencial para que el nitrógeno (N) y el fósforo (P) aplicados en los

fertilizantes sean usados eficientemente por las plantas. Investigaciones recientes sobre fisiología vegetal han demostrado que los micronutrientes desempeñan un importante papel en la resistencia de las plantas al estrés abiótico y al biótico (particularmente en la resistencia a enfermedades y plagas) (Kyrkby y Römheld 2017).

Todos los nutrientes son móviles en el xilema, pero dentro del floema su movilidad varía ampliamente. Según el movimiento desde hojas viejas a jóvenes y el desarrollo de órganos cuando existe deficiencia de nutrientes, éstos se clasifican en móviles en el floema, inmóviles y de variable movilidad (Barbazán 2015).

Normalmente, el término análisis de planta se refiere al análisis cuantitativo de laboratorio de los tejidos vegetales recolectados. Sin embargo, también existen metodologías denominadas semicuantitativas, para llevar a cabo a campo, que mediante diferentes pruebas determinan el contenido de nutrientes solubles en savia, como el test de nitratos en jugo de base del tallo en maíz, u otros métodos indirectos como los que determinan el índice de verdor, un estimador de la clorofila y el estatus nitrogenado. Estos análisis pueden dar una idea del contenido de nutrientes, pero no poseen la precisión característica de un análisis de planta. El análisis vegetal es una herramienta sumamente eficiente para evaluar la nutrición del cultivo ya que el contenido de nutrientes en planta es un valor que resulta de la interacción entre el cultivo, el ambiente y el manejo (Correndo y García 2015).

En muchos cultivos donde la movilidad de nutrientes dentro de la planta es baja, las hojas jóvenes y los brotes terminales muestran un crecimiento retardado o necrosis. Los internudos son más cortos y las láminas foliares se deforman. El diámetro de los tallos y pecíolos se incrementa y esto puede llevar a la quebradura del tallo (Kyrkby y Römheld 2017).

Las utilidades del análisis vegetal pueden ser diversas tales como:

- Verificar síntomas de deficiencias nutricionales.
- Identificar deficiencias asintomáticas (“hambre oculta”).

- Indicar interacciones entre nutrientes.
- Localizar zonas del lote que se comportan en forma diferente.
- Evaluar el manejo nutricional de los cultivos (Correndo y García 2015).

Nutrientes móviles en el floema: Los nutrientes móviles en el floema son N, P y K. Cuando el suministro de los mismos es limitante, los tejidos jóvenes los obtienen a expensas de las hojas viejas, en las que su contenido disminuye. Por lo tanto, cuando se desarrollan síntomas de deficiencia las concentraciones de estos nutrientes son altas en hojas jóvenes y bajas en las hojas viejas. El Mg, en general, se comporta en forma similar a los nutrientes móviles (Barbazán 2015).

Nutrientes inmóviles: Ca, B, Mn y Fe son relativamente inmóviles en el floema, dado que no son removilizados hacia los tejidos jóvenes cuando disminuye su suministro. En el desarrollo de los síntomas de deficiencia de tales nutrientes, su concentración es alta en hojas viejas, declinando rápidamente en hojas jóvenes (Barbazán 2015).

Nutrientes de movilidad variable: S, Cu y Zn. Estos nutrientes permanecen en hojas viejas cuando su suministro disminuye, pero pueden moverse rápidamente desde ellas durante la senescencia. Cuando hay deficiencia, estos nutrientes no se mueven tan rápidamente desde las hojas viejas, por lo cual se desarrollan los síntomas en las hojas jóvenes. Sobre la movilidad de nutrientes como Mo, Co y Ni no se sabe aún (Barbazán 2015).

La fertilización foliar, comparada con la fertilización al suelo, era la mejor técnica de fertilización, debido a la mayor utilización de los nutrientes y menor contaminación ambiental. Fácilmente se puede demostrar que la absorción y utilización de los nutrientes aplicados al follaje también tienen limitaciones, por ejemplo, en el caso de los nutrientes requeridos en dosis altas como potasio (K) y nitrógeno (N) o en el caso de nutrientes de baja movilidad en el floema como calcio (Ca), boro (B) y manganeso (Mn) (Romheld y El-Fouly 2016).

La fertilización foliar tiene limitaciones específicas de tipo fisiológico debido a la limitada movilidad de los nutrientes en el floema y a la alta dependencia en la época de aplicación. Existe una gran cantidad de ejemplos que demuestran que no existe superioridad de la fertilización foliar sobre la aplicación al suelo en términos de eficiencia total cuando la provisión de nutrientes es adecuada (cantidad, época y balance) (Romheld y El-Fouly 2016).

El autor antes mencionado indica que la aplicación foliar de fertilizantes promueve la absorción de nutrientes por las raíces. No se puede hacer una afirmación tan general porque esto depende de la movilidad de los nutrientes aplicados dentro de la planta y el sitio de la aplicación de los nutrientes (hojas viejas u hojas jóvenes). La distribución de un nutriente dentro de la hoja y su translocación hacia fuera de la hoja depende de la movilidad del nutriente en el floema y xilema.

Debido a la baja movilidad de varios nutrientes dentro de la planta y la poca posibilidad de aplicar dosis altas (particularmente macronutrientes) se requieren repetidas aspersiones durante el ciclo de crecimiento de los cultivos. Además, la fertilización foliar tiene solamente una eficacia de corto plazo, particularmente en los cultivos perennes. Por estas razones, la frecuencia de las aplicaciones foliares es decisiva para determinar la eficacia económica de la práctica (Romheld y El-Fouly 2016).

La evidencia de la movilidad o inmovilidad del nutriente en el floema también se percibe a través de la distribución del nutriente dentro de los diferentes órganos de la planta. En condiciones de campo, existen cultivos que contienen la mayor concentración de nutrientes en las hojas maduras y menor concentración en el fruto y en el tejido de la semilla (Brown y Hu 2015).

Una vez que los elementos esenciales ingresan a las raíces de las plantas, estos se mueven con relativa facilidad hasta las hojas a través del xilema. Del mismo modo algunos nutrientes pueden moverse rápidamente vía floema desde las hojas más viejas hacia las más nuevas cuando ocurre una deficiencia; razón por la cual se conocen como elementos móviles. Por el contrario, ante la

eventualidad de una carencia, los nutrientes inmóviles permanecen en las hojas más viejas. En el diagnóstico de las deficiencias nutricionales, los síntomas de la falta de elementos móviles aparecen principalmente en las hojas más viejas, y en el caso de los inmóviles en los tejidos más nuevos (López et al. 2017).

La concentración de nutriente, en hojas de diferente edad de la misma especie, proporciona evidencia de la movilidad de nutriente. Concentraciones más altas de nutriente en hojas viejas o maduras comparadas con las concentraciones en hojas más jóvenes evidencian la inmovilidad. Por el contrario, concentraciones más altas de nutriente en hojas jóvenes son un indicativo de movilidad del nutriente, debido a que estas hojas transpiran menos que las hojas más viejas (Brown y Hu 2015).

Los nutrientes, por su parte, penetran a la célula donde pueden ser metabolizados o ser almacenados en la vacuola o pueden pasar al floema para ser reexportados hacia los órganos demanda o vertederos, cuando se trate de elementos con buena movilidad en el floema (Díaz 2016).

Los nutrientes móviles en el floema, como el K, P, N y magnesio (Mg), se distribuyen dentro de la hoja en forma acropetálica (por el xilema) así como en forma basipetálica (por el floema) y gran parte del nutriente absorbido puede ser transportado fuera de la hoja a otras partes de la planta donde existe alta demanda (sumideros). Por otro lado, los nutrientes con una restringida movilidad en el floema como el Ca, S, Cu, Fe, Mn y Zn se distribuyen en la hoja principalmente en forma acropetálica, sin que exista una considerable translocación del nutriente fuera de la hoja. La movilidad del B dentro de la planta depende mucho del genotipo y esto tiene particular importancia en el manejo de la aplicación foliar de este nutriente (Romheld y El-Fouly 2016).

La diferencia de movilidad determina la diferente expresión de los síntomas de toxicidad por nutriente en las plantas. En aquellas en las cuales el nutriente es inmóvil, se acumula siempre en el ápice y en los bordes de las hojas viejas, los síntomas de toxicidad en estas especies se presentan siempre como quemaduras en los márgenes y en la punta de las hojas (Brown y Hu 2015).

El nitrógeno ha sido añadido mayoritariamente en formas nitrogenadas y los procesos de mineralización han debido favorecer la presencia de formas inorgánicas como nitrato que son asimilables por la planta a la vez que fácilmente solubles y con riesgo de contaminación. La movilidad de potasio ha sido baja a (al igual que la de la materia orgánica y el N-Kjeldahl), por lo que se evitan pérdidas de este nutriente y se mantiene su disponibilidad para las plantas en los horizontes superficiales (Almendro et al. 2016).

Actualmente se conoce que el B es móvil en el floema de todas las especies que utilizan poliols (azúcares simples) como un metabolito fotosintético primario. En estas especies, un complejo polioliol-B-poliol se forma en los tejidos fotosintéticos y es transportado en el floema hacia zonas de acumulación activa, como los meristemas vegetativos o reproductivos. En especies que no producen cantidades significativas de poliols, el B, una vez transportado hasta la hoja a través del flujo transpiratorio, no puede reentrar en el floema, dando como resultado una completa inmovilidad de este elemento en la hoja (Brown y Hu 2015).

El cadmio es quizás el metal de mayor interés en suelos y plantas, debido a su alta toxicidad, mayor movilidad y biodisponibilidad que otros metales. Las propiedades físico-químicas de los suelos son fundamentales para evaluar la movilidad de metales. Dependiendo de estas propiedades la matriz de los suelos puede actuar como fuente y a la vez como fijadora de metales (Tapia 2017).

Muchos factores afectan la retención, movilidad o absorción biológica de metales y metaloides en el suelo como la relación metal/ligando, la naturaleza de ligandos orgánicos e inorgánicos y elementos trazas, y las propiedades de la superficie del sorbente (Gómez et al. 2017).

La presencia de materia orgánica en el suelo, entre otras funciones, ayuda al desarrollo o mantenimiento del complejo arcillo-húmico, fundamental para garantizar una buena movilidad de los nutrientes, contribuye a mantener un pH del suelo óptimo, fundamental para la asimilación de ciertos nutrientes en el

suelo, facilita el mantenimiento de una actividad biológica adecuada, circunstancia que entre otras ventajas dificulta la proliferación de organismos patógenos, evita la pérdida de algunos nutrientes en el suelo y favorece la absorción de otros (González y Pomares 2018).

Un mayor grado de humificación de la materia orgánica puede contribuir significativamente a reducir la solubilidad y movilidad de los metales pesados. Las sustancias húmicas comprenden una serie de ácidos, amarillos a negros de moderadamente alto peso molecular, formados por reacciones de síntesis secundaria donde intervienen microorganismo). En general, las sustancias húmicas (particularmente ácidos húmicos) forman compuestos que son la mayoría insolubles y las sustancias no húmicas (aminoácidos, carbohidratos, ácidos orgánicos, grasas y ceras) pueden formar complejos solubles con los metales pesados (Tapia 2017).

Una vez el agua y los nutrientes han llegado al xilema de la raíz, este debe iniciar el movimiento ascendente hacia las hojas y hacia los ápices de la planta, en la llamada corriente de transpiración. El agua y los nutrientes pueden penetrar directamente al simplasto de la raíz a través de los pelos radicales. En este caso, agua y nutrientes deben pasar a través de la membrana celular del pelo radical y continúan vía simplástica hasta la estela de la raíz, donde pasan al xilema de la raíz (Díaz 2016).

El mismo autor manifiesta que para que el agua y los minerales puedan ser absorbidas por la raíz, es necesario que estos entren en contacto físico con la misma. La forma como los minerales entran en contacto con la raíz es:

1. Por flujo de masas: Lo cual sucede cuando el agua de riego o la lluvia arrastran consigo las sales a la zona de la rizosfera.
2. Por difusión: debido a gradientes de concentración. Los fluidos - Líquidos o gaseosos se mueven espontáneamente de los sitios de mayor concentración a los de menor concentración. Los minerales en solución en el suelo se mueven por difusión hacia las raíces.
3. Por crecimiento de las raíces: Las raíces agotan rápida mente la rizosfera de minerales y, por ella, están en continuo crecimiento, explorando volúmenes de

suelo en donde los minerales no han sido agotados.

Los principios fisiológicos de la absorción de nutrientes minerales desde el apoplasto hacia el interior de las células que constituye el simplasto son similares a los que participan en la absorción por las raíces. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre con la absorción radicular, la absorción por las hojas es más dependiente de factores externos como humedad relativa y la temperatura ambiente. La luz la afecta directamente, ya que en su transporte intervienen enzimas y energía disponible en la hoja, que es obviamente afectada por la luz en los procesos de fotosíntesis y respiración (Melgar 2015).

Gómez, A, (s.f) indica que el xilema es un sistema que conduce el agua en extremos abiertos, esencialmente con movimiento ascendente, se considera que los solutos se mueven dependiendo la tasa del agua ya que sus movimientos pueden estar influidos por la adsorción de las paredes de los vasos o por difusión hacia abajo de un gradiente de potencial dentro del sistema de flujo. Este movimiento es pasivo y en una sola dirección por arrastre de solventes, para realizar esta función la planta no necesita ninguna fuerza motora que no sea el agua para movilizarlos al extremo superior del sistema de xilema abierto, en este punto de solutos podrían removerse por transporte activo o por difusión, según la concentración de los solutos de las células foliares y sus requerimientos.

La importancia de conocer los balances nutricionales de los cultivos para conocer la verdadera demanda del cultivo y la dinámica de los nutrientes en la relación suelo- planta. En los balances nutricionales se considera como entrada al sistema suelo-planta la cantidad de nutriente aplicado como fertilizante al cultivo, el existente en el suelo y como salida la cantidad de nutriente contenido en el producto exportado. Si bien esto es correcto, hay otras formas de pérdida de nutrientes que habitualmente no son contempladas como, por ejemplo, pérdidas por lixiviación, por escorrentía, y por volatilización. La magnitud de estas pérdidas depende de la movilidad de cada nutriente, del tipo de suelo y de las condiciones ambientales (Iruña 2014).

El movimiento y translocación fuera de las hojas después de la fertilización dependen del movimiento del nutriente en el floema y xilema. Los nutrientes móviles en el floema, tales como el K, P, N y Mg se distribuyen dentro de la hoja de manera acrópeta (por el xilema) y basípeta (por el floema), y un alto porcentaje del nutriente absorbido puede transportarse fuera de la hoja hacia otras partes de la planta que tengan una alta demanda. Al contrario, ocurre con nutrientes de movimiento limitado en el floema, tales como el Cu, Fe y Mn, que se distribuyen principalmente en forma acrópeta dentro de la hoja sin una translocación considerable fuera de la hoja. En el caso del Boro, la movilidad dentro de la planta depende mucho del genotipo de la planta. De ahí que este factor tenga importantes consecuencias en la eficiencia hacia de la fertilización foliar con este nutriente (Melgar 2015).

El conocimiento de la cantidad de nutrientes en la planta en cada fase de crecimiento suministra información que ayuda al establecimiento de programas de fertilización. Sin embargo, esas curvas reflejan apenas lo que la planta necesita y no lo que debe ser aplicado, ya que debe considerarse la eficiencia del aprovechamiento de los nutrientes, el cual varía según las condiciones de fertilidad del suelo, la época de siembra, condiciones climáticas, manejo del sistema de cultivo, finalidad de uso del producto cosechado y sistema de irrigación, entre otros factores. En lo fundamental, las curvas de absorción de nutrientes auxilian en los programas de fertilización, principalmente en las cantidades de los diferentes nutrientes que deben ser aplicados en las diferentes etapas fisiológicas de las plantas. Una de las herramientas utilizadas en la determinación de fertilizaciones balanceadas son las curvas de absorción de nutrientes, expresadas bajo la forma de curvas en función de la edad de la planta (Coraspe 2019).

1.6. Hipótesis

Ho = no existen principios de la movilidad acropetal de nutrientes por el tejido conductivo de las plantas.

Ha = existen principios de la movilidad acropetal de nutrientes por el tejido conductivo de las plantas.

1.7. Metodología de la investigación

La presente información se desarrolló como componente práctico para el trabajo de titulación y se realizó de acuerdo a las investigaciones recopiladas de artículos científicos, textos, revistas, periódicos, ponencias, congresos y páginas virtuales.

La búsqueda posteriormente fue sometida a las técnicas de análisis, síntesis y resumen donde se trató los principios de la movilidad de nutrientes por el tejido conductivo de las plantas, desde el suelo a las hojas.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El documento permitió comprender los principios de la movilidad acropetal de nutrientes por el tejido conductivo de las plantas.

Hay que enfatizar que el movimiento Acropetal está relacionado al movimiento dentro del xilema, que es un sistema de tejidos conectados del sistema vascular, sin actividad metabólica pero su importancia radica en lo relacionado al transporte de agua por vía pasiva es decir la corriente transpiratoria. Se aprovecha para el movimiento de absorción de ciertos microelementos como el Boro y Calcio y su mayor actividad está en la relación raíz-hoja.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

No todos los nutrientes que están presentes en el suelo están disponibles para las plantas. De hecho, la mayoría de los nutrientes en el suelo se encuentran en minerales o en materia orgánica y solo una pequeña fracción está disponible para la absorción de la planta.

La concentración de un nutriente en una planta no es un valor fijo, sino que varía debido a varias causas. La diferencia entre la velocidad de crecimiento de la planta y la de absorción de un nutriente puede producir acumulación o dilución del nutriente dentro de una planta. También el movimiento de los nutrientes dentro y entre partes de la planta (translocación) ejerce su influencia en la concentración de nutriente que tiene un tejido en un momento dado, a medida que el crecimiento de una planta progresa, ocurren marcados cambios en la concentración de nutrientes en los tejidos o partes de la planta.

Las plantas absorben formas iónicas específicas de los nutrientes, por ello

el nitrógeno es único, debido a que puede ser absorbido como un anión (NO_3^-) o un catión (NH_4^+). Las dos formas de nitrógeno son muy diferentes en su metabolismo en la planta y en su efecto en el entorno del sistema radicular.

2.3. Soluciones planteadas

Las plantas necesitan una serie de nutrientes que se encuentran en diferentes proporciones en los suelos. Los nutrientes y micronutrientes deben ser asimilados por la planta durante su movilidad para que produzca plantas con buenas capacidades productivas y resistentes a plagas y enfermedades.

La relación entre la concentración de un nutriente en una planta o en una parte de la misma y el rendimiento constituye la base de muchos esquemas para usar el análisis de planta como herramienta para evaluar el estado nutricional del cultivo.

2.4. Conclusiones

Por lo detallado se concluye:

La concentración de nutrientes en hoja desde una edad temprana hasta la senescencia de la planta declina con el tiempo, excepto los nutrientes inmóviles. Esto probablemente se deba a que hay un cambio en la proporción de ciertos tejidos con la edad, como puede ser el incremento de la proporción de tejidos estructurales y sustancias de reserva. En cultivos perennes la concentración de nutrientes en hojas y otros órganos fluctúan con los rebrotes estacionales y crecimientos y desarrollo de frutos, y también varían entre hojas de ramas vegetativas y fructíferas.

Las plantas absorben nutrientes en diferentes proporciones a lo largo de su ciclo de desarrollo. En general, la tasa de absorción es menor al comienzo del ciclo de crecimiento, aumenta durante el desarrollo de la fruta y cae justo antes de la cosecha. Además, las tasas de absorción de nutrientes individuales varían a lo largo del ciclo de crecimiento.

2.5. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso)

Se debe concientizar a los agricultores para que realicen análisis de suelos y garantizar la buena producción de los cultivos, lo que conlleva a que los nutrientes se muevan con facilidad provoquen buenos rendimientos.

Promover investigaciones sobre la movilidad de nutrientes en las plantas para lograr resultados favorables en beneficio de los productores.

BIBLIOGRAFÍA

- Almendro-Candel, M. B., Navarro-Pedreño, J., Meléndez-Pastor, I., Córdoba-Sola, P., Gómez-Lucas, I. (2016). Materia orgánica y movilidad de nitrógeno y potasio en un antrosol del sureste español (alicante) enmendado con lodo de depuradora. *Edafología*, 13(3), 151-160.
- Ayala, M. (2015). Módulo 2: Absorción y Transporte de Nutrientes Minerales. Ciencia y Tecnología Agraria. Área Fisiología Vegetal ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena
- Azcon, J., Talón, M. (2014). Fundamentos de fisiología vegetal. Disponible en <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>
- Barbazán, M. (2015). Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. *Informe de asistente de fertilidad de suelos. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo*, 3.
- Brown, P., Hu, H. (2015). Manejo del boro de acuerdo a su movilidad en la planta. *Informaciones Agronómicas*, 36, 6-8.
- Castillo, R. G. M., Marín, G. P., & León, R. G. (2015). Absorción de nutrientes a través de la hoja. *Uniciencia*, 27(1), 232-244.
- Coraspe-León, H. M., Muraoka, T., Franzini, V. I., De Stefano Piedade, S. M., do Prado Granja, N. (2019). Absorción de macronutrientes por plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la producción de tubérculo-semilla. *Interciencia*, 34(1), 057-063.
- Correndo, A. A., García, F. O. (2015). Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico: Cultivos extensivos. *AGRÓNOMICO*# 14.

- Díaz, H. A. (2016). Toma, transporte y metabolismo del agua y nutrientes en la planta. *Agronomía Colombiana*, 13(2), 138-141.
- Faustino, L. I., Graciano, C., Gortari, F., & Guiamet, J. J. (2015). ¿Cómo afectan los nutrientes el uso del agua en plantas leñosas? *Ecología austral*, 21(3), 233-250.
- Gómez, X., Ladd, B., Muñoz, A., De la Rosa, R. A. (2017). Determinación del efecto del biocarbón en movilidad del mercurio en sistema suelo-planta. *The Biologist*, 15(1).
- Gómez, A, (s.f). Relaciones entre patrón e Injerto en frutales, Universidad La Molina, Perú.
- González, V., & Pomares, F. (2018). La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. *Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Madrid*.
- Irurtia, C., Rivero, E., Michelena, R. (2014). Pérdidas de nutrientes por lixiviación y escurrimiento en siembra directa.
- Kyrkby, E., Römheld, V. (2017). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. *Ecuador: Quito*.
- López, S. M. M., Cenicafé, A., & Echeverri, Ó. J. L. (2017). Movilidad de nutrientes en la planta.
- Melgar, R. (2015). Aplicación foliar de micronutrientes. *Proyecto Fertilizar*.
- Monge, E., Val, J., Sanz, M., Blanco, A., & Montañés, L. (1994). El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. *INSTITUCIÓN «FERNANDO ELCATÓLICO»*, 189.
- Puentes-Páramo, Y. J., Menjivar-Flores, J. C., & Aranzazu-Hernández, F. (2016).

Concentración de nutrientes en hojas, una herramienta para el diagnóstico nutricional en cacao. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 329-336.

Romheld, V., El-Fouly, M. (2016). Aplicación foliar de nutrientes: retos y límites en la producción agrícola. *Sociedad de Fertilidad de Tailandia. Bangkok-Tailandia*.

Sagan, L. (2018) El proceso de nutrición en las plantas. Disponible en <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448180895.pdf>

Smart. (2020). Absorción de nutrientes. Disponible en <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/nutrient-uptake/>

Tapia Fernández, Y. (2017). Movilidad de metales pesados en sustratos de restos de poda y bisólidos: ensayos de fitoextracción con "Rosmarinus officinalis" y "Atriplex halimus".