



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

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

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**TEMA:**

“Principios de la movilidad basipetal de nutrientes por el tejido  
conductivo de las plantas”

**AUTORA:**

Keiko Maylin López Vargas

**TUTOR:**

Ing. Agr. Marlon López Izurieta, MSc.

**Babahoyo - Los Ríos - Ecuador**

**2021**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi corazón y de manera especial a mis padres Fermín Vargas y Martina Aguirre quienes han estado conmigo en cada etapa de mi vida de forma constante y permanente acompañándome más aun en el difícil camino llamado etapa universitaria; dándome consejos, ánimo y brindándome toda su paciencia en aquellos días de estrés.

A mi tía, Ing. Conchita Vargas por creer en mí y ser otra madre, hermana y sobretodo una amiga que en muchas ocasiones basada en su experiencia me aconsejó y guió por el camino correcto. Sus palabras nunca fueron en vano ya que me llenaron de fuerza y sabiduría para cumplir mis objetivos.

A mi familia que siempre aposto y creyó en mí. También a mis amigas incondicionales Melissa Palma y Yoselyn Santillán por permanecer a mi lado llenándome de valor y alegría. Para finalizar dedico este trabajo a cada una de las personas que en las diferentes etapas de mi vida con sus palabras de aliento y motivación han demostrado que confían en mis capacidades.

¡No ha sido fácil!, pero ahora comparto este logro con ustedes pues sin su compañía nada sería posible.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero a DIOS por llenarme de salud, sabiduría y carácter; y por fortalecerme en cada paso dado durante la carrera.

A mis padres Fermín y Martina. De manera especial a mi madre, la más fiel compañera a la que no le importo desvelarse junto a mí. Gracias por nunca perder la fe en tu hija y por todos los sacrificios hechos para verme cumplir mis sueños.

A mi tutor el Ing. Marlon López Izurieta por su paciencia, consejos y recomendaciones que me ayudaron a concluir con éxito la elaboración de mi tesina.

Al Ing. Álvaro Pazmiño por confiar en mis capacidades como estudiante y dirigente estudiantil. También por sus consejos que fueron un gran soporte durante la última etapa de mi carrera universitaria.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias por abrirme las puertas. A todos los docentes por impartir sus conocimientos, personal administrativo y empleados por la entereza y amabilidad.

A mis compañeros y amigos que permanecieron a mi lado sobrellevando mi carácter y apoyándome cuando más lo necesitaba. Realmente espero que cada aporte dado de manera personal para el curso y/o compañeros de aula les ayude a cumplir sus objetivos como estudiantes o profesionales.

## RESUMEN

La presente información permitió conocer sobre los principios de la movilidad basipetal de nutrientes por el tejido conductor de las plantas. El movimiento basipetal se da dentro del tallo, justo en el floema de las plantas donde se mueven las soluciones nutritivas orgánicas, entre ellas las biomoléculas como: glucosa, carbohidratos, y otras de forma bidireccional (de arriba hacia abajo y viceversa), que se han producido en el proceso fotosintético y que sirven para su crecimiento, desarrollo y producción. El floema primario es el primer tipo de floema que aparece en los órganos en desarrollo, surge primero como protofloema y más tarde como metafloema.

El protofloema se forma a partir del procámbium que es el tejido meristemático que aparece tempranamente en el embrión, a partir del cual se originan los tejidos conductores primarios. Los tejidos conductores de las plantas son los encargados de guiar el paso de nutrientes a larga distancia por las diferentes estructuras del organismo vegetal.

Las plantas que presentan tejidos conductores son llamadas plantas vasculares. Existen dos clases de tejidos conductores: el xilema y el floema. El xilema está compuesto por los elementos traqueales (las traqueidas y las tráqueas) y se encarga del transporte de agua y minerales. El floema, el segundo tipo de tejido conductor, está formado principalmente por los elementos cribosos y se encarga de la conducción de los productos de la fotosíntesis, redistribuye agua y otros materiales orgánicos. Podemos encontrar la existencia de un conducto constituido por células vivas; la elevada concentración de azúcares en la solución de transporte de hasta un 33%; y la presión positiva, superior a la atmosférica, a la que se encuentra ese contenido; aquí el sentido basípeto del transporte, opuesto a la corriente transpiratoria, en la base del tallo.

**Palabras claves:** Movilidad, floema, basipetal, glucosa.

## SUMMARY

The present information allowed us to know about the principles of basipetal mobility of nutrients by the conductive tissue of plants. The basipetal movement occurs within the stem, right in the phloem of the plants where nutritive solutions move, including biomolecules such as: glucose, carbohydrates, among others in a bidirectional way (from top to bottom and vice versa), that have been produced in the photosynthetic process and that serve for its growth, development and production. The primary phloem is the first type of phloem that appears in In developing organs, it appears first as a protofloem and later as a metaphloem. The protofloem is formed from the procambium, which is the meristematic tissue that appears early in the embryo, from which the primary conductive tissues originate. The conductive tissues of plants are responsible for guiding the long-distance passage of nutrients through the different structures of the plant organism. Plants that have conductive tissues are called vascular plants. There are two classes of conductive tissues: xylem and phloem. The xylem is made up of the tracheal elements (the tracheids and tracheas) and is responsible for the transport of water and minerals. The phloem, the second type of conductive tissue, is formed mainly by sieve elements and is responsible for conducting the products of photosynthesis, redistributing water and other organic materials. We can find the existence of a conduit made up of living cells; the high concentration of sugars in the transport solution of up to 33%; and the positive pressure, higher than atmospheric, at which this content is found; here the basipetal sense of transport, opposite to the transpiratory current, at the base of the stem.

**Keywords:** Mobility, phloem, basipetal, glucose.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
SUMMARY .....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 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. Objetivos .....	5
1.4.1. General.....	5
1.4.2. Específicos .....	5
1.5. Fundamentación teórica .....	5
1.6. Hipótesis .....	15
1.7. Metodología de la investigación .....	15
CAPÍTULO II .....	16
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
2.1. Desarrollo del caso .....	16
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo).....	16
2.3. Soluciones planteadas .....	17
2.4. Conclusiones .....	18
2.5. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso) .....	18
BIBLIOGRAFÍA.....	20

## INTRODUCCIÓN

Las plantas, a diferencia de los animales, son organismos sésiles que han desarrollado mecanismos muy versátiles de flexibilidad fenotípica para contrarrestar los efectos de las diferentes condiciones ambientales, lo que permite el desarrollo y crecimiento de las plantas, favoreciendo el normal proceso hormonal o fitohormonal que integran los estímulos externos para llevar a cabo las respuestas fisiológicas de las plantas.

Las raíces presentan raicillas en forma de pelos muy finos, los cuales también se los puede llamar pelos radicales o absorbentes que son considerados una extensión de las células epidérmicas, aumentando así el intercambio en la superficie de contacto entre la raíz y el suelo. Cabe indicar que en la raíz, el transporte de agua se lleva a cabo radialmente, de los pelos absorbentes a la estela central, donde se encuentra el xilema, cruzando la pared o el citoplasma de las células de la corteza

Las raíces de las plantas toman los nutrientes del suelo en forma diluida, es decir, en forma de sales minerales y su absorción depende de factores exógenos y endógenos. En primer orden destaca el contenido de agua, grado de aireación, temperatura, concentración elementos que se encuentran en el suelo y pH. Mientras que los factores endógenos, son los relacionados con la pared celular, respiración, fotosíntesis, transpiración y del antagonismo y/o sinergismo de los nutrientes.

Los minerales y el agua son absorbidos desde suelo a través de la vía simplasto o apoplasto al interior de las raíces, y luego al xilema (vasos conductores de savia bruta), donde se distribuyen en una sola vía a la parte superior de la planta (tallos y hojas), Luego que se genera la fotosíntesis en las

hojas la sabia elaborada se moviliza hacia arriba y también hacia abajo por el floema.

El floema, es un tejido conductor, está formado principalmente por los elementos cribosos y se encarga de la conducción de los productos de la fotosíntesis, redistribuye agua y otros materiales orgánicos y minerales que determinan algunas de las características del transporte, como la existencia de un conducto constituido por células vivas; la elevada concentración de azúcares en la solución de transporte; la presión positiva, superior a la atmosférica, a la que se encuentra ese contenido; y el sentido basípeto del transporte, opuesto a la corriente transpiratoria o sea, de arriba desde su ápice, hacia abajo donde se encuentra la base del tallo y las raíces (Garcia & Guardiola 2014).

Los tubos cribosos son la característica distintiva del floema, por cuanto se relaciona con las estelas que son diferentes en cada una de las plantas por su forma. Junto a ellos se ubican las células parenquimáticas, fibras y, en algunas especies laticíferos (*Cannabis*), que poseen vasos conductores o elementos cribosos que están implicados directamente en el transporte de sustancias relacionadas en la regulación metabólica y en la carga de los fotoasimilados.

El floema se divide en floema primario y secundario. En el floema primario, son cada una de las células del tubo criboso, el cual se forma a partir de los elementos del procambium, y su diferenciación procede en sentido acropeto de modo progresivo hasta la inmediata vecindad de los meristemos apicales. En el floema secundario, los tubos cribosos se originan por la diferenciación simultánea de una serie longitudinal de derivadas fusiformes del cámbium, que se extienden del ápice del tallo y las hojas hasta el extremo de la raíz (Megías Molist & Pombal 2016).

# **CAPITULO I**

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **1.1. Definición del tema caso de estudio**

El presente documento indica sobre los principios de la movilidad basipetal de nutrientes por el tejido conductor de las plantas.

El movimiento basipetal se da dentro del tallo, justo en el floema de las plantas donde se mueven las soluciones nutritivas orgánicas, entre ellas las biomoléculas como: glucosa, carbohidratos, entre otras de forma bidireccional (de arriba hacia abajo y viceversa), que se han producido en el proceso fotosintético y que sirven para su crecimiento, desarrollo y producción.

La glucosa producida en la fase oscura de la fotosíntesis es aprovechada por la planta para incentivar el crecimiento y producción de la materia orgánica, de esta forma permite la estabilidad funcional y de protección de la misma.

### **1.2. Planteamiento del problema**

En base a la importancia del movimiento de los fluidos nutricionales en las plantas por medio de los tejidos conductores, es necesario indicar que los componentes o el resultado que se obtienen de la fotosíntesis fase oscura como la glucosa, carbohidratos, entre otros que son el resultado de dicho proceso para el desarrollo y producción de las plantas, también es necesario manifestar que en dicho proceso fotosintético también se produce el oxígeno en la fase lumínica. Conociendo estos antecedentes es necesario aclarar la importancia de identificar los tipos de tejidos conductivos en las plantas para establecer las características

de los principios de movilidad basipetal de los nutrientes considerando que algunos elementos esenciales son móviles e inmóviles dentro de la planta, permitiendo determinar el estado nutricional de la misma, mediante un análisis de tejidos.

La movilidad basipetal se puede realizar de forma ascendente o descendente de acuerdo a la movilidad de los nutrientes y la presión radicular de la planta según el entorno que la rodea. Cabe recalcar que no todos los tejidos conductivos son iguales en su forma debido a los diferentes tipos de estela que poseen.

### **1.3. Justificación**

El presente trabajo se lo realizó con la finalidad de adquirir conocimientos y crear información en base a los objetivos propuestos, los cuales permiten identificar los tipos de tejidos conductivos en las plantas para establecer las características de los principios de movilidad basipetal de las sustancias orgánicas que le permitan a la planta una adecuada nutrición para su desarrollo y producción. También, nos permite conocer las diferentes características de las plantas como los tejidos vasculares (xilema y floema) que se caracterizan de acuerdo a la ubicación de las estelas dentro del tallo, de acuerdo a ello dependerá la presión que ejerce la planta en la transpiración, o sea, la pérdida del agua por medio de la planta que arrastran consigo los nutrientes y sales minerales desde el suelo hacia las hojas por el xilema. Además de llevar sustancias producidas por efecto de la fotosíntesis hacia los diferentes órganos de la planta por medio del floema, en este caso por el movimiento basipetal.

La disponibilidad y movilidad de los nutrientes esenciales en el suelo y en la planta son variables, dependiendo del manejo nutricional y de la humedad disponible en el suelo se realiza la translocación de las sustancias orgánicas que

pueden ocasionar algún tipo de deficiencia de nutrientes 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 Fertilizer Software 2020).

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. General**

Analizar los principios de la movilidad basipetal de nutrientes por el tejido conductivo de las plantas

### **1.4.2. Específicos**

- Identificar los tipos de tejidos conductivos en las plantas.
- Establecer la información de los principios de movilidad basipetal de los nutrientes.

## **1.5. Fundamentación teórica**

Es de mencionar que la ciencia que estudia el funcionamiento de las plantas para su supervivencia es la fisiología vegetal, en ella explica a través de leyes físicas y químicas como las plantas son capaces de utilizar la energía de la luz para, a partir de sustancias inorgánicas, sintetizar moléculas orgánicas con las que construir las complejas estructuras que forman el cuerpo de la planta. Explica también como las plantas, siguiendo un programa de desarrollo endógeno, son capaces de reproducirse y como adaptan dicho programa al ambiente particular de cada momento. Pero el aspecto más importante no es el cumulo de procesos físicos y químicos que tienen lugar en cada punto concreto de la planta y en cada

momento de su programa de desarrollo, sino como se integran dichos procesos en el espacio y en el tiempo y su modulación por el medio ambiente para llevar a buen término el desarrollo del organismo planta (Revilla & Zarra 2014).

La absorción es el paso de agua y sales minerales desde el suelo hacia el interior de la raíz. Dicho proceso tiene lugar en los numerosos pelos absorbentes, unas finas ramificaciones que se encuentran en la raíz. El agua y las sales minerales disueltas en ella penetran en la raíz directamente desde el suelo. El conjunto de sustancias inorgánicas absorbidas por la planta constituye la savia bruta, que sirve de materia prima para realizar la fotosíntesis (Muñoz 2017).

Existen algunos elementos que son esenciales para las plantas. Un elemento esencial, es un componente intrínseco en la estructura o en el metabolismo de una planta y cuya ausencia causa anomalías, en el crecimiento, desarrollo y/o reproducción de la planta. Por lo tanto, si a una planta se le proporciona todos los elementos esenciales, así como agua y la luz del sol, será capaz de sintetizar todos los compuestos que necesita para su crecimiento normal (Cortés 2013).

Las células parenquimáticas son células asociadas al floema que permiten la movilidad de las soluciones nutritivas en la planta. Las denominadas células acompañantes son células parenquimáticas que están ligadas a los elementos conductores del floema, puesto que mantienen metabólicamente a los tubos cribosos, ya que estos carecen de núcleos y tienen un citoplasma reducido. Por el contrario, las células acompañantes tienen un núcleo grande y un citoplasma muy rico en orgánulos que indican una alta tasa metabólica, aunque carecen de almidón. Las células acompañantes solo aparecen en angiospermas. En las gimnospermas las células asociadas a los elementos conductores se denominan células de Strasburger o albuminosa con funciones similares a las acompañantes (Megias Molist & Pombal 2018).

Habitualmente, 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 en el campo y que 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 & García 2015).

El análisis de plantas se puede considerar como una fotografía de la concentración de nutriente en el momento del muestreo. Es una herramienta que permite diagnosticar el estado nutricional de un cultivo. La predicción de cuánto agregar de un nutriente a partir del análisis de planta necesita de investigación de ensayos de respuesta y modelos en los cuales se tengan en cuenta, por ejemplo, rendimiento y/o calidad del cultivo. En situaciones donde aún no se tenga investigación nacional, los datos provenientes de otros países pueden seguir siendo útiles, aunque no deberían ser extrapolados estrictamente (Barbazán 2016).

Las estelas se aprecian como un cilindro central, dentro del córtex en un tallo. Conjunto de tejidos de conducción en tallos con crecimiento primario, en forma de columna, de forma cilíndrica o como conjunto de haces que recorren el tallo longitudinalmente por donde circulan las soluciones nutritivas que sirven para el desarrollo y producción de la planta (UNAM 2014).

Hay tres tipos básicos de estelas según la distribución relativa del sistema vascular y el sistema fundamental de los ejes en estado primario de desarrollo: protostela, sifonostela y eustela, cada uno con variantes, las mismas que pueden

ser: La protostela es una columna sólida de tejidos vasculares ubicada en posición central. Es el tipo más simple y el más primitivo filogenéticamente. En la sifonostela el sistema vascular tiene forma de tubo, envolviendo una médula parenquimática. No presenta lagunas foliares. Por otro lado la eustela en su sistema vascular consta de haces vasculares organizados en simpodios, dispuestos alrededor de una médula. Las lagunas foliares pueden o no estar delimitadas (gimnospermas, dicotiledóneas), según su sistema vascular, ya sea cerrado o abierto. Los haces vasculares son abiertos, con cambium fascicular, ya que la mayoría de estas plantas presenta crecimiento secundario (Gonzalez 2006).

En la mayoría de las espermatofitas salvo monocotiledóneas (es decir, en gimnospermas y dicotiledóneas) durante el crecimiento primario aparece en el tallo una estela llamada eustela, que consiste en tener los haces vasculares de xilema + floema ordenados en un anillo alrededor de la médula. En ese anillo se encuentra el cambium que es tejido meristemático que dará comienzo al crecimiento secundario de la planta. En cambio en monocotiledóneas, la estela del tallo es una atactostela, esto es, los haces vasculares están dispersos todo a lo largo de la estela y no forman ningún patrón aparente. No poseen cambium (si lo poseen es anómalo). En las raíces la estela encontrada es la actinostela, en la que los haces vasculares se ordenan en forma de estrella (Croda 2020).

Los tejidos conductores de las plantas son los encargados de guiar el paso de nutrientes a larga distancia por las diferentes estructuras del organismo vegetal. Las plantas que presentan tejidos conductores son llamadas plantas vasculares. Existen dos clases de tejidos conductores: el xilema y el floema. El xilema está compuesto por los elementos traqueales (las traqueidas y las tráqueas) y se encarga del transporte de agua y minerales. El floema, el segundo tipo de tejido conductor, está formado principalmente por los elementos cribosos y se encarga de la conducción de los productos de la fotosíntesis, redistribuye agua y otros materiales orgánicos (Gelambi 2019).

El xilema primario es el primer tipo de xilema que se forma durante el desarrollo de un órgano de la planta, y está formado por el protoxilema y el metaxilema. En primer lugar se forma el protoxilema a partir del meristemo procámbium. El metaxilema aparece tras el protoxilema, cuando el órgano se está alargando, y madura después que se detiene la elongación. El xilema secundario se produce en aquellos órganos con crecimiento secundario a partir del cámbium vascular. Es el tejido de conducción maduro en los órganos con crecimiento secundario en el grosor de la planta (Megías Molist & Pombal 2016).

Los autores antes mencionados manifiestan que el floema primario es el primer tipo de floema que aparece en los órganos en desarrollo, aparece primero como protofloema y más tarde como metafloema. El protofloema se forma a partir del procámbium que es el tejido meristemático que aparece tempranamente en el embrión, a partir del cual se originan los tejidos conductores primario. El metafloema sustituye rápidamente al protofloema, cuando termina la elongación del órgano, y también se origina a partir del procámbium, es el floema funcional en las plantas con crecimiento primario. El floema secundario se forma a partir del cámbium vascular en plantas con crecimiento secundario. Los elementos conductores están muy desarrollados, así como las células acompañantes, y aparecen tanto el parénquima axial como el radiomedular. Las células del floema secundario no depositan pared secundaria y son células vivas. En los árboles en crecimiento hay muy poco floema secundario activo implicado en la conducción de nutrientes.

El floema es el tejido vascular encargado de transportar los azúcares y nutrientes resultantes tras la fotosíntesis. Una vez convertida la savia bruta en savia elaborada, el floema la transporta por todos los órganos de la planta empezando desde las hojas hasta la raíz, para que estos sean consumidos o almacenados según las necesidades de la planta. A este proceso realizado por el floema también se le conoce como translocación. Este se da cuando los azúcares que se han ido acumulando durante el desarrollo de la planta se transportan hasta los llamados meristemos, que son otro tipo de tejido vegetal encargado de

desarrollar nuevas células para aumentar y mejorar el desarrollo de la planta. Este proceso suele darse sobre todo durante la primavera que es la época del año en el que las plantas están más activas (Acosta 2020).

De acuerdo a García y Guardiola (2014) indican que en 1928, Masón y Maskell demostraron que el transporte de los fotoasimilados interrumpen el transporte basípeto de azúcares (fundamentalmente sacarosa) que tiene lugar en la capa más interna de la corteza, constituida por el floema secundario. Lo que provoca la acumulación de carbohidratos por encima de la región anillada y su agotamiento por debajo de ella. Mientras que Hartig demostró que los elementos cribosos forman un conducto celular continuo que, cuando se corta, secreta un fluido con un contenido en azúcares de hasta el 33%, y éstos son numerosos en el floema, se supuso que el transporte tiene lugar en su lumen que es tal cual se le denomina a la parte interna de una estructura de forma tubular. Estas observaciones permitieron establecer la función del floema en el transporte de los azúcares y otras sustancias orgánicas y minerales, y determinar algunas de las características del transporte, como son:

— la existencia de un conducto constituido por células vivas;— la elevada concentración de azúcares en la solución de transporte; y—la presión positiva, superior a la atmosférica, a la que se encuentra ese contenido; aquí — el sentido basípeto del transporte, opuesto a la corriente transpiratoria, en la base del tallo.

Presión radical otra de las consecuencias de la presencia de la endodermis en la raíz es la existencia de la presión radicular, que se genera en el xilema de la raíz y empuja el agua verticalmente hacia arriba. Cuando la transpiración es muy reducida o nula, como ocurre durante la noche, las células de la raíz pueden aún secretar iones dentro del xilema. Dado que los tejidos vasculares en la raíz están rodeados por la endodermis, los iones no tienden a salir del xilema. De esta manera, el aumento de concentración dentro del xilema causa una disminución del mismo, y el agua se desplaza hacia dentro del xilema por ósmosis, desde las células circundantes. Se crea así una presión positiva llamada presión de raíz (presión radicular), que fuerza al agua y a los iones disueltos a subir por el xilema

hacia arriba. Las gotas de agua similares al rocío que aparecen a primeras horas de la mañana, en plantas de pequeño porte ponen de manifiesto la existencia de la presión radicular. Estas gotas no son rocío sino que proceden del interior de la hoja, este fenómeno lo conocemos con el nombre de gutación (Universidad Politécnica de Valencia 2003).

La presión radicular es menos efectiva durante el día, cuando el movimiento de agua a través de la planta es más rápido, debido a la transpiración. Esta presión no es suficiente para llevar el agua hasta la parte más alta de un árbol de gran porte, más aún, algunas plantas como las coníferas no desarrollan presión de raíz. Por lo que su presencia no está generalizada y su intensidad, variable según las especies, suele ser baja (Universidad Politécnica de Valencia 2003).

La sacarosa es el resultado de la fase oscura del proceso fotosintético y que ocupa un lugar en el metabolismo de todas las plantas, siendo de gran importancia. La fotosíntesis es el proceso mediante el cual se captura la energía lumínica para sintetizar los azúcares a partir de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua, produciéndose así el oxígeno que respiramos. Entonces, para la síntesis de los azúcares en las plantas se requiere de los cloroplastos, orgánulos presentes mayormente en las células de las hojas y algunos tallos, en los que se encuentra la clorofila y lugar donde se realiza la fotosíntesis. Aunque es un proceso muy complejo, puede resumirse en que, por medio de éste, el  $\text{CO}_2$  (materia inorgánica) se transforma en azúcar (materia orgánica) en la denominada Fase Oscura por no ser dependiente de la luz, empleando la energía bioquímica de la molécula energética celular, el ATP (trifosfato de adenosina) (Guzman 2019).

Las plantas son seres autótrofos que fabrican sus propias sustancias orgánicas en las hojas por medio de la fotosíntesis para su subsistencia y que necesitan la luz solar para cambiar su metabolismo y producir materia orgánica. Este proceso necesita sustancias inorgánicas como  $\text{CO}_2$ , agua y sales minerales,

además de órganos fotosintéticos como las hojas que están provistas de cloroplastos que contienen clorofila, que da el color verde a las plantas (Julian 2020).

Las plantas necesitan ciertos nutrientes que son fundamentales para su crecimiento pleno y el logro de rendimientos óptimos. Las consecuencias de la falta de estos nutrientes pueden variar desde crecimiento perjudicado y descoloración de las hojas hasta la pérdida de los cuerpos fructíferos. En todos los casos los rendimientos de las cosechas disminuyen. Las plantas deben extraer los siguientes nutrientes de la tierra: macronutrientes primarios - nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), macronutrientes secundarios – azufre (S), calcio (Ca), magnesio (Mg) micronutrientes - boro (B), cloro (Cl), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn). Los macronutrientes son necesarios en cantidades mayores, al paso que los micronutrientes sólo son necesarios en cantidades muy pequeñas (algunas partes por millón). Las plantas requieren un aporte equilibrado de todos estos nutrientes fundamentales para que la planta tenga un crecimiento normal (Croda 2020).

Los nutrientes minerales esenciales para las plantas son aquellos que le permiten completar su ciclo productivo o desarrollo de ser el caso, involucrando las funciones metabólicas o estructurales que no pueden ser sustituidos, y cuya deficiencia se asocia a síntomas específicos. Los minerales esenciales que se encuentran en el ambiente y que forman parte de la materia orgánica son Carbono (C), Hidrogeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N) y Azufre (S), mientras que los elementos Fosforo (P), Boro (B) y Silicio (Si) son los que están relacionados con la esterificación o generación de alcoholes en las plantas; y los absorbidos como iones de la solución del suelo son Potasio (K), Sodio (Na), Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Manganeso (Mn) y Cloro (Cl) y Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Molibdeno (Mo) que son absorbidos como iones o quelatos por las plantas. La adición más reciente al grupo de minerales esenciales es el Níquel, involucrado en el metabolismo de la urea y de los ureidos, la absorción de

Fe, la viabilidad de las semillas, la fijación de N y el crecimiento reproductivo (Gutierrez 2004).

Según Garcia y Guardiola (2014) los fotoasimilados producidos en las hojas de las plantas vasculares se transportan a otros órganos (frutos, raíces y zonas de almacenamiento) a distancias que oscilan entre unos centímetros y varias decenas de metros. Ni los procesos de difusión, ni el transporte célula a célula permiten mover con eficacia las sustancias a distancias tan considerables. En la cuantía en que este transporte tiene lugar, solamente es posible si los solutos recorren aquellas distancias arrastrados por el agua en el lumen de conductos especializados, al igual que los elementos minerales absorbidos por las raíces se transportan en sentido acropeto en los vasos del xilema arrastrados por la corriente transpiratoria.

Los autores antes mencionados indican que el tronco y las ramas de las plantas leñosas es factible separar la corteza del leño en la zona del cambium vascular, y este autor comprobó que la eliminación de un anillo de corteza alrededor de la base del tallo no tiene un efecto inmediato en el transporte ascendente de agua en el xilema. Por lo que la planta no se marchita, al mismo tiempo que provoca un hinchamiento característico de la corteza en la región inmediatamente por encima del anillado.

Un proceso similar que ocurre en la raíz napiforme que consta de una raíz principal, cuya función es la de almacenar sustancias de reserva de muchas plantas bienales. Durante el primer año, de crecimiento vegetativo, estas plantas acumulan carbohidratos de reserva en la raíz. Durante el segundo año. En que tiene lugar la floración y fructificación, los carbohidratos de la raíz se movilizan hacia el tallo. Estos cambios en el comportamiento se traducen en cambios en el sentido del transporte. En el tallo de las plantas bienales, es basípeto (del tallo hacia la raíz) durante el primer año y acropeto (de la raíz hacia el tallo) durante el segundo. En el peciolo de las hojas se observa un cambio similar en el sentido del

transporte ligado al desarrollo, inicialmente hacia la lámina y posteriormente hacia el tallo. No existe, por tanto, una polaridad en el transporte del floema (García & Guardiola 2014).

A su vez señalan que las hojas situadas en las regiones centrales del tallo exportan tanto hacia el ápice del mismo como hacia las raíces. Esto determina que el movimiento neto de los azúcares sea acropeto en las regiones apicales y basípeto en las regiones basales. Los flujos de transporte cambian durante la ontogenia (desarrollo de un organismo, desde la fecundación por la fusión de los gametos masculino y femenino para la conformación de un cigoto durante reproducción sexual hasta su senescencia) de la planta al hacerlo la posición de las fuentes y los sumideros, y pueden ser manipulados experimentalmente. De este modo, la ablación de las hojas de la región apical del tallo aumenta el transporte hacia el ápice desde las hojas situadas en posición más basal. El movimiento de los fotoasimilados es facilitado por la existencia de conexiones vasculares directas entre los órganos. Como en el tallo los tubos cribosos están próximos a la superficie y orientados longitudinalmente respecto al eje del mismo, las relaciones nutricionales son más intensas entre los órganos situados en el mismo ortostico que entre órganos más próximos pero situados en ortosticos distintos.

Las fitohormonas son sustancias de naturaleza química muy diversa, que afectan el funcionamiento de diferentes tipos de órganos, tejidos o células de la plantas. Además, en ellas actúan pequeñas concentraciones que se logran sintetizar en otras partes de la planta. Existe un grupo específico de fitohormonas, entre ellas tenemos a las auxinas, citocininas (CK), giberelinas (GA), ácido abscísico (ABA), ácido salicílico (SA); poliaminas; ácido jasmónico (JA), brasinoesteroides (BR), etileno y estrigolactonas y algunas de éstas, como las auxinas, se han estudiado más extensivamente debido a su importancia durante el desarrollo vegetal (Garay Arroyo et al. 2014).

## **1.6. Hipótesis**

Las hipótesis a considerar dentro del presente trabajo práctico de la modalidad de examen complejo son:

Ho: el movimiento basipetal de las soluciones nutritivas, es igual en todos los tejidos conductivos de las plantas.

H1: el movimiento basipetal de las soluciones nutritivas, es diferente porque depende del tejido conductivo de la planta.

## **1.7. Metodología de la investigación**

La presente información se desarrolló como parte del 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 a continuación 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 las hojas al resto de la planta.

## **CAPÍTULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Desarrollo del caso**

La presente información permitió conocer sobre los principios de la movilidad basipetal de nutrientes por el tejido conductivo de las plantas

Cabe resaltar que el movimiento basipetal está relacionado con el floema el mismo que es un tejido del sistema vascular que permite a la planta distribuir las sustancias orgánicas de forma bidireccional y que por ende favorece la nutrición y asimilación de las sustancias orgánicas e inorgánicas en las plantas.

#### **2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)**

El tejido conductivo de las plantas está formado por haces vasculares que comprenden el xilema y el floema; en el caso del xilema son conductos por donde se mueven las soluciones nutritivas y el agua de forma ascendente; mientras que, por el floema lo realizan las sustancias orgánicas que se producen en el proceso fotosintético, especialmente en la fase oscura de la fotosíntesis (glucosa) que es de gran importancia para la supervivencia, desarrollo y producción de las plantas, y que debido al movimiento basipetal el cual es bidireccional en la transportación de las sustancias antes mencionadas en el floema, esto permite visualizar el estado nutricional de las plantas y sus deficiencias o toxicidades en las hojas de ser el caso.

En algunas plantas para la producción de glucosa deben absorber CO<sub>2</sub> del ambiente, durante la fase oscura de la fotosíntesis para lo cual necesita de

energía ATP que se produce o que se genera en la fase lumínica, esto permite producir materia orgánica

### **2.3. Soluciones planteadas**

Dentro de las soluciones planteadas se puede manifestar que las plantas superiores están conformadas por vasos conductores como son el xilema y el floema, por donde ascienden o descienden las soluciones nutritivas orgánicas e inorgánicas en el interior de la planta, debido a ello en la agricultura es necesario su conocimiento, por cuanto se pueden realizar varias observaciones o trabajos entre ellos, la visualización de los síntomas de deficiencias y toxicidades que se pueden presentar por mal manejo de cultivos de ser el caso.

Para la formación de la glucosa y otras sustancias orgánicas, las plantas en su mayoría deben obtener el CO<sub>2</sub> del ambiente, de esta manera podemos indicar que es muy importante y necesario el proceso fotosintético para su producción.

La glucosa y otras sustancias orgánicas se distribuyen por el movimiento basipetal ayudando en la germinación, desarrollo y producción de las plantas. Además, se ve favorecida más cuando la planta tiene disponible agua y nutrientes esenciales en el suelo y que ascienden desde las raíces hacia las hojas para la formación de la fotosíntesis, donde por medio de la luz solar son transformados en dichas biomoléculas orgánicas.

Es necesario indicar que no todas las plantas poseen la misma intensidad de presión radicular que favorece el ascenso o descenso de los fluidos hacia las hojas, porque las plantas tienen diferentes tipos de estelas o ubicación de los haces vasculares en el interior del tallo.

## **2.4. Conclusiones**

Como conclusiones podemos indicar que:

Los vasos conductores que posee la planta son el xilema y el floema, los mismos que están directamente relacionados con el tipo de estela que posee la planta y de acuerdo a lo expuesto, es la presión que ejercen las raíces en el movimiento basipetal de las sustancias orgánicas que produce la planta, después del proceso de fotosíntesis.

Para generar glucosa o azúcares en la fase oscura de la fotosíntesis se necesita capturar el CO<sub>2</sub> del ambiente lo que produce el desgaste de energía en la planta.

Dentro de las características de los principios de la movilidad basipetal podemos encontrar la existencia de un conducto constituido por células vivas; la elevada concentración de azúcares en la solución de transporte de hasta un 33%; y la presión positiva, superior a la atmosférica, a la que se encuentra ese contenido; aquí el sentido basípeto del transporte, opuesto a la corriente transpiratoria, en la base del tallo.

## **2.5. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso)**

Se sugiere hacer un estudio más minucioso de la importancia que tiene cada una de las estelas en relación al movimiento de los fluidos nutritivos orgánicos, ya sea ascendente o descendente en el movimiento basipetal en los diferentes tipos de tallos.

Analizar la cantidad de biomasa que producen las plantas en relación al secuestro del CO<sub>2</sub> del ambiente.

Analizar la concentración de glucosa en relación al desarrollo y producción de los diferentes tipos de plantas y así determinar su influencia y concentración para una alta productividad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. (25 de Septiembre de 2020). Ecologia Verde. Obtenido de Ecologia Verde: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-floema-y-su-funcion-3030.html>
- Barbazán, I. A. (2016). Limitantes de la interpretacion del analisis de plantas. Analisis de plantas y sintomas visuales de deficiencia de nutrientes , 15.
- Carlos Julian. (30 de Octubre de 2020). La nutricion en las plantas. Obtenido de La nutricion en las plantas: <https://sites.google.com/site/mochilade2o/naturales-2/tema-2-la-nutricion-en-las-plantas>
- Correndo, A. A., & García, F. O. (7 de Julio de 2015). IPNI. Obtenido de IPNI: [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/2983F9B934DDE60D852579BA00747DF4/\\$FILE/AA14.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/2983F9B934DDE60D852579BA00747DF4/$FILE/AA14.pdf)
- Cortés., J. A. (12 de Septiembre de 2013). cienciacebas's Blog. Obtenido de cienciacebas's Blog: <https://cienciacebas.wordpress.com/2013/09/12/nutricion-mineral-en-plantas>
- Croda. (6 de agosto de 2020). Croda. Obtenido de Croda: <https://www.crodacropcare.com/es-mx/discovery-zone/market-areas/micronutrients>
- Garate, A., & Bonilla, I. (2014). Nutricion mineral y produccion vegetal. En J. Azcon, & B. M. Talon, Fundamentos de Fisiologia Vegetal (pág. 115). Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.
- Garcia, A., & Guardiola, J. (2014). La posición de fuentes y sumideros varia durante la ontogenia. En J. Azcon, & B. M. Talon, Fundamentos de Fisiologia vegetal (pág. 74). Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.
- Garcia, A., & Guardiola, J. (2014). Transporte en el floema. En J. Azcon, & B. M. Talon, Fundamentos de la Fisiologia Vegetal (pág. 65). Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona. Recuperado el 4 de marzo de 2021, de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetalAzcon.pdf>
- Garcia, A., & Guardiola, J. (2014). Transporte en el floema. En J. Azcon, & B. M. Talon, Fundamentos de fisiologia vegetal (págs. 74-75). Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.
- Garcia, A., & Guardiola, J. (2014). Transporte en el floema. En J. Azcon, & B. M. Talon, Fundamentos de la fisiologia vegetal (pág. 65). Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona .
- Gelambi, M. (7 de marzo de 2019). Lifeder.com. Obtenido de Lifeder.com: <https://www.lifeder.com/tejidos-conductores/>

- Gonzalez, A. M. (26 de Junio de 2006). Morfología de plantas vasculares. Obtenido de Morfología de plantas vasculares: [www.biologia.edu.ar/botanica/tema17/17-7estela.htm](http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema17/17-7estela.htm)
- Guzman, M. S. (2019). Saber mas. Obtenido de Revista de divulgacion de la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo: <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/267-numero-31/479-la-sacarosa-el-dulce-de-las-plantas.html>
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. (12 de mayo de 2016). Atlas de histología vegetal y animal. Obtenido de Atlas de histología vegetal y animal: [https://mmegias.webs.uvigo.es/1-vegetal/guiada\\_v\\_conductores-a.php](https://mmegias.webs.uvigo.es/1-vegetal/guiada_v_conductores-a.php)
- Megias, M., Molist, P., & Pombal, M. A. (21 de abril de 2018). atlas de histologia vegetal y animal. Obtenido de atlas de histologia vegetal y animal: <https://mmegias.webs.uvigo.es/descargas/v-conduccion.pdf>
- Muñoz, W. A. (29 de marzo de 2017). UNAP. Obtenido de UNAP: <https://www.unapiquitos.edu.pe/pregrado/facultades/forestales/descargas/publicaciones/FISIO-TEX.pdf>
- Quimica.Es. (12 de enero de 2020). Quimica.Es. Obtenido de Quimica.Es: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Estela>
- Revilla, G., & Zarra, I. (2014). La fisiología vegetal y su impacto social, la célula vegetal. En J. Azcon, & B. M. Talon, Fundamentos de Fisiología Vegetal (pág. 1). Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.
- Smart Fertilizer Software. (12 de febrero de 2020). Smart Fertilizer Software. Obtenido de Smart Fertilizer Software: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/nutrient-uptake/>
- UNAM. (9 de Junio de 2014). Facultad de ciencias, UNAM. Obtenido de Facultad de ciencias, UNAM: <http://biologia.fciencias.unam.mx/plantasvasculares/GlosarioPlantas/AnatomiaVegetal/index.html>
- Universidad Politecnica de Valencia. (9 de Noviembre de 2003). Universidad Politecnica de Valencia. Obtenido de Universidad Politecnica de Valencia: [http://www.euita.upv.es/varios/biologia/temas/tema\\_12.htm](http://www.euita.upv.es/varios/biologia/temas/tema_12.htm)
- Garay-Arroyo, A; de la Paz Sánchez, M; García-Ponce, B; Álvarez-Buylla, E; Gutiérrez, C. 2014. La Homeostasis de las Auxinas y su Importancia en el Desarrollo de Arabidopsis Thaliana (en línea). REB. Revista de educación bioquímica 33(1):13-22. Consultado 11 ene. 2021. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/scielo.php>
- Gutierrez, M. 2004. NUTRICION MINERAL DE LAS PLANTAS: AVANCES Y APLICACIONES (en línea). Agronomía Costanicense :1-11. Consultado 20 abr. 2021. Disponible en [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v21n01\\_127.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n01_127.pdf).