



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

La fisiología de la absorción y conducción de agua y minerales a través del xilema en plantas vasculares y el desarrollo de la inteligencia visual y espacial como propuesta para su aprendizaje

Marco Antonio Torres Ramírez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales
Bogotá, Colombia

2012

La fisiología de la absorción y conducción de agua y minerales a través del xilema en plantas vasculares y el desarrollo de la inteligencia visual y espacial como propuesta para su aprendizaje

Marco Antonio Torres Ramírez

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Directora: Martha Cecilia Orozco Díaz
M.Sc. Martha Cecilia Orozco Díaz

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales
Bogotá, Colombia
2012

A mis padres

***“Nunca se va tan lejos como cuando
no se sabe a dónde se va.”***

Octavio Paz

Resumen

En la población estudiantil del colegio Alexander Fleming se encuentran estudiantes que tienen limitaciones cognitivas y físicas. Para ellos el aprendizaje de temas como la absorción y el transporte de agua y minerales en plantas vasculares es particularmente difícil, debido principalmente a la poca familiaridad que tienen con los conceptos y procesos de la fisiología vegetal. Por tanto, este trabajo busca construir una propuesta didáctica basada en el desarrollo de inteligencias múltiples, especialmente la inteligencia visual-espacial, junto con el trabajo cooperativo y por proyectos, para facilitar la apropiación de los temas mencionados. Se parte de la reflexión y elaboración de textos actualizados sobre la absorción y el transporte de agua y nutrientes en plantas vasculares y sus aspectos histórico-epistemológicos. Se indaga en la literatura sobre la forma de integrar al aula estrategias para potenciar la inteligencia visual-espacial. Finalmente se construye la propuesta didáctica de trabajo cooperativo y por proyectos basada en el desarrollo y fortalecimiento de la inteligencia visual-espacial.

Palabras clave: Fisiología vegetal, Absorción de agua, Inteligencias múltiples

Abstract

In the population of Alexander Fleming school are students who have cognitive and physical limitations. For them, learning topics such as absorption and water transport in vascular plants and minerals is particularly difficult, mainly due to unfamiliarity with the concepts and processes of plant physiology. This paper therefore seeks to build an educational proposal based on the development of multiple intelligences, especially visual spatial intelligence, along with cooperative work and projects to facilitate the ownership of these issues. It is part of the reflection and preparation of updated texts on the absorption and the transport of water and nutrients in vascular plants and their historical epistemological aspects. It explores the literature on how to integrate the classroom strategies to enhance visual spatial intelligence. Finally, build the didactic and cooperative work based project development and strengthening of visual spatial intelligence.

Keywords: vegetable physiology, water absorption, multiple intelligences

Contenido

	Pág.
Resumen	VII
Lista de figuras	XI
Introducción	1
Objetivos	4
1. El agua y la fisiología de las plantas	5
1.1 La cohesión, adhesión y tensión superficial en el agua	6
1.2 Importancia del agua en el transporte de minerales en plantas vasculares	7
1.3 Potencial hídrico	8
1.3.1 El potencial hídrico y el movimiento del agua	8
1.4 El agua y las células vegetales	9
1.5 El agua y el suelo	9
2. La raíz	12
2.1 La epidermis	12
2.2 La corteza	12
2.3 El cilindro central o vascular	13
2.4 La absorción de nutrientes y agua por la raíz	13
2.5 La presión radical	15
3. El xilema	16
3.1 Transporte de agua y minerales a través del xilema	17
4. La transpiración y el transporte de agua	18
4.1 Factores que influyen en la transpiración	19
5. Absorción y transporte de nutrientes minerales	20
5.1 Las micorrizas	21
6. Análisis de aspectos histórico-epistemológicos relacionados con la fisiología de la absorción de agua y nutrientes en plantas vasculares	22
6.1 Medicina botánica y agricultura en Grecia y Roma	23
6.2 La botánica y agricultura en el imperio Bizantino	23
6.3 Los árabes y la botánica	24
6.4 La botánica en la edad media	24

6.5 El desarrollo de la fisiología vegetal en el renacimiento	24
6.6 El microscopio y la investigación en anatomía vegetal	25
6.7 El descubrimiento de la célula	26
6.8 Avances de la fisiología vegetal en los siglos XVII y XVIII	27
6.9 Desarrollos de la fisiología vegetal en los siglos XIX y XX	28
7. Como integrar las inteligencias múltiples y el desarrollo de la inteligencia visual – espacial en el aula de clase	30
7.1 La teoría de las inteligencias múltiples	30
7.2 Bases de la teoría de las inteligencias múltiples	31
7.3 Las inteligencias múltiples	31
7.4 La inteligencia visual – espacial	33
7.5 Integrando las inteligencias múltiples y la inteligencia visual – espacial al aprendizaje en el aula de ciencias naturales	34
7.6 Cómo planificar una clase basándose en el desarrollo de inteligencias múltiples	36
7.7 Por que el empleo de la metodología basada en inteligencias múltiples	36
8. Propuesta didáctica, basada en procesos y técnicas de desarrollo de la inteligencia visual	38
8.1 Introducción al tema	38
8.2 Trabajo de aula	38
8.3 Talleres	39
8.3.1 Taller 1	40
8.3.2 Taller 2	42
8.3.3 Taller 3	44
9. Conclusiones y Recomendaciones	48
9.1 Conclusiones	48
9.2 Recomendaciones	49
A. Anexo: Cartilla visual	50
Reconocimiento a los autores de las figuras	61
B. Anexo: CD Animación	62
Bibliografía	63

Lista de figuras

Pág.

Figura 1. Las inteligencias múltiples	32
Figura 2. Montaje para observar la transpiración en una planta	46
Figura 3. Las plantas, el agua y los minerales	51
Figura 4. La raíz	51
Figura 5. Estructura de la raíz	52
Figura 6. Los haces vasculares del xilema	52
Figura 7. Estructura del xilema	53
Figura 8. Detalles de la raíz, el xilema y las hojas	53
Figura 9. Movimiento del agua en las plantas durante la transpiración	54
Figura 10. El mesófilo foliar	55
Figura 11. El estoma	56
Figura 12. Ascenso del agua en las plantas vasculares	57
Figura 13. La transpiración en las plantas	58
Figura 14. Las plantas y su influencia en la humedad relativa de la atmosfera	59

Introducción

El colegio Alexander Fleming está ubicado en la localidad Rafael Uribe Uribe al sur de la ciudad de Bogotá D.C. Su población estudiantil pertenece a los estratos 1, 2 y 3. Algunos estudiantes tienen limitaciones cognitivas o físicas -problemas de visión, de lenguaje y de audición-. Sus familias son de escasos recursos económicos. El sector aledaño al colegio tiene problemas de seguridad aunados al consumo y tráfico de estupefacientes y a la existencia de pandillas juveniles. La situación descrita lleva a la apatía y a la desmotivación, principalmente cuando la escuela, desconoce el entorno social y las particularidades propias de sus estudiantes aplicando procesos de enseñanza tradicionales. Los maestros pretendemos que los niños aprendan todo lo que enseñamos sin tener en cuenta las diferencias, los gustos y las aptitudes personales.

Con base en lo anteriormente planteado, por medio de este trabajo se busca profundizar en aspectos disciplinares e histórico epistemológicos de la fisiología de la absorción de agua y nutrientes en plantas vasculares, e identificar estrategias para su enseñanza que tengan en cuenta, elementos de la teoría de las inteligencias múltiples. Se espera que incentivando el uso de la inteligencia visual-espacial mejoren los procesos de enseñanza aprendizaje de los estudiantes del grado octavo del colegio Alexander Fleming jornada de la tarde.

Este trabajo utiliza la teoría sobre el desarrollo de las inteligencias múltiples. Se fundamenta en los resultados obtenidos en países como EE.UU, donde en la década de los 80, un gran número de investigadores implementó, la enseñanza a partir del desarrollo de las inteligencias múltiples, en escuelas que tenían altos niveles de reprobación. Se encontró que los niños y jóvenes aprendían más y mejor cuando sus maestros comprendían que no todos ellos aprenden de igual forma, y además, no lo aprenden todo. En el trabajo con inteligencias múltiples llama la atención el desarrollo de la inteligencia visual-espacial que se vale de la visión como mecanismo para entender el funcionamiento del mundo natural. Por tanto, se propone implementar estrategias simples para que el educando desarrolle su capacidad espacial, su agudeza visual y sus habilidades para entender procesos naturales por medio de la observación, la ordenación, la clasificación, la síntesis y el análisis.

Durante el desarrollo de este trabajo se elaboró un texto documentado sobre la fisiología de la absorción de agua y minerales en las plantas vasculares, con el fin de fortalecer y entender mejor estos conceptos. Para ello se consultó documentación de diversas fuentes bibliográficas y documentos digitales.

Se realizó un estudio de los aspectos histórico-epistemológicos de la absorción de agua y nutrientes minerales en las plantas vasculares y la forma como se fue develando este misterio. El texto derivado de este estudio se elaboró en orden cronológico partiendo de los aportes de civilizaciones antiguas y pasando por diferentes épocas.

Sobre el campo de la integración de inteligencias múltiples y el desarrollo de la inteligencia visual-espacial se construyó un documento orientado a conocer cómo integrar las inteligencias al aula de clase. Allí se presenta el origen del planteamiento sobre las inteligencias múltiples a principios del siglo XX, sus fundamentos, fortalezas, desarrollo de habilidades del pensamiento y la forma como cambió la educación en las escuelas, de varios países, principalmente en Estados Unidos, donde los índices de reprobación, para esta época, eran muy altos.

A partir de la indagación previa se construyó una propuesta didáctica fundamentada en el desarrollo de la inteligencia visual-espacial, que busca optimizar los procesos de enseñanza aprendizaje, en particular sobre la absorción de agua y nutrientes en plantas vasculares. Se espera implementarla y que sirva de modelo para potenciar el aprendizaje, y deberá ser evaluada para determinar su pertinencia.

Para la propuesta didáctica se elaboraron estrategias de aula que parten del trabajo por proyectos, incentivando a los estudiantes para que ellos se planteen preguntas como: ¿Qué importancia tiene el agua para las plantas? ¿Cómo ascienden el agua y los nutrientes en las plantas?

Igualmente, para ayudar a los jóvenes en la resolución de sus dudas e inquietudes se construyeron talleres con enlaces a páginas de internet. Se espera que los talleres por su diseño metodológico les permitan ser protagonistas de su aprendizaje y el docente únicamente oriente los procesos, favoreciendo el desarrollo de la creatividad, la curiosidad científica y el trabajo cooperativo. Finalmente se elaboró una cartilla visual en la que se incluyen conceptos de la fisiología de las plantas.

Como posibles limitaciones de la puesta en marcha de este modelo, y de las propuestas que de él se deriven, se puede pensar en la resistencia de algunos docentes o directivos de la institución, que han venido trabajando por muchos años, con metodologías tradicionales. Ellos pueden llegar a pensar que el trabajo a partir de inteligencias

múltiples y por proyectos de aula les traerá complicaciones e incrementará su carga laboral. También pueden manifestar malestar de no hacer lo que siempre han hecho en forma rutinaria. Sin embargo, debido a los alcances de esta metodología vale la pena el esfuerzo y la superación de escollos, pues es posible mejorar los índices de deserción y reprobación. Además, se tendría como valor agregado, estudiantes felices que ven en el aprendizaje no algo monótono y aburrido, sino, un evento divertido que les permite compartir y cada día descubrir y aprender cosas nuevas.

Objetivo general

Plantear para los estudiantes del grado octavo de la institución Alexander Fleming una propuesta didáctica basada en el desarrollo de la inteligencia visual y espacial, orientada a mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje de la fisiología de la absorción y el transporte de agua y minerales en plantas vasculares.

Objetivos específicos

1. Elaborar un texto actualizado y discutido sobre la absorción y el transporte de agua y minerales en plantas vasculares.
2. Estudiar aspectos histórico epistemológicos de la absorción y el transporte de agua y nutrientes en plantas vasculares.
3. Buscar en la literatura información sobre cómo integrar las inteligencias múltiples y el desarrollo de la inteligencia visual y espacial al trabajo de aula.
4. Elaborar una propuesta didáctica, basada en procesos y técnicas de desarrollo de la inteligencia visual, para facilitar el aprendizaje del tema absorción y transporte de agua y nutrientes dirigida a los estudiantes de grado 8º del colegio Alexander Fleming.

1. El agua y la fisiología de las plantas

Como los demás seres vivos, los vegetales llevan a cabo funciones vitales que les permiten su crecimiento, desarrollo y reproducción. Los principales procesos para cumplir su metabolismo son la fotosíntesis; la absorción, el transporte y el uso de agua y nutrientes; la respiración y la transpiración. Estos procesos fisiológicos de una u otra manera están ligados al agua (Salisbury y Ross, 1994).

El agua líquida es fundamental para los seres vivos, debido principalmente a que sus características físicas y químicas particulares le permiten cumplir y participar en diferentes eventos a nivel molecular, subcelular, celular y de órganos (Smith y Smith, 2001).

El agua es esencial para las plantas. No sólo porque conserva turgentes las células proporcionando algo de sostén mecánico, sino también, porque sirve como fuente de hidrógeno para el proceso de fotosíntesis, entre otros muchos procesos (Sherman y Sherman, 1998).

El agua, que es el líquido más abundante de la superficie terrestre, es el componente principal, en peso, de los seres vivos. Está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlaces covalentes, donde la disposición de estos determina su papel. La polaridad de sus cargas eléctricas se debe a que presenta zonas débilmente positivas y negativas, que provocan la formación de enlaces débiles entre moléculas. Estos enlaces unen un átomo de hidrógeno de carga positiva débil de una molécula con un átomo de oxígeno de carga negativa de otra molécula, originando lo que se denomina puentes de hidrógeno (Salisbury y Ross, 1994).

Los puentes de hidrógeno mantienen unida una molécula de agua con la siguiente (cohesión) y la fuerza de atracción entre las moléculas de agua le proporcionan a este líquido una alta tensión superficial y un alto calor específico (cantidad de calor que se requiere para que una cantidad dada de sustancia tenga un aumento de temperatura). Igualmente los puentes de hidrógeno ocasionan que el agua tenga un alto calor de vaporización (calor requerido para que un líquido se vuelva gaseoso) y un alto calor de fusión (calor requerido para que un sólido pase a líquido). También, debido a estas características el agua tiene la capacidad de disolver otras sustancias, es decir es un

medio óptimo de reacción en el que las moléculas de otras sustancias pueden moverse, chocar entre sí y reaccionar químicamente.

Así mismo, las características físicas del agua la hacen indispensable en procesos de homeostasis térmica en las plantas, debido principalmente a su alto calor específico (energía calorífica requerida para elevar la temperatura de una sustancia en un valor determinado) y al elevado calor latente de vaporización (energía necesaria para separar moléculas desde una fase líquida y moverlas hacia una fase gaseosa a temperatura constante) (Curtis y Barnes, 2001).

Buena parte de la energía recibida por un sistema que contenga agua se emplea en su evaporación, y no se traduce en un aumento de la temperatura, para el agua a 25°C, este valor es el más alto conocido (10.5 kJ mol^{-1}) para un líquido (Whitten, et al., 1992).

1.1. La cohesión, la adhesión y la tensión superficial en el agua

La cohesión que se origina entre las moléculas de agua, que como se señaló anteriormente es debida a los puentes de hidrógeno, permite que ellas formen largas cadenas. Así mismo, la interacción entre las moléculas de agua y una superficie (pared celular, por ejemplo) se denomina adhesión. La adhesión es fundamental en los procesos de ascenso del agua en las plantas debido a que las moléculas de agua se adhieren a la paredes de celulosa del xilema y de esta forma contrarrestan la fuerza de gravedad (Universidad Nacional del Nordeste, 2001).

La tensión superficial del agua es la responsable de los fenómenos de capilaridad. Esta se produce por la atracción asimétrica que sufren las moléculas de agua que están en la superficie y también hace que se formen gotas esféricas de agua sobre una superficie cerosa debido a la tendencia de las moléculas de agua a tener una superficie mínima que es la esfera (Cogua,2002).

1.2. Importancia del agua en el transporte de minerales en plantas vasculares

El agua es el disolvente universal por excelencia, en ella se disuelven entre otras, sales inorgánicas, azúcares y aniones orgánicos. Constituye el medio en el cual tienen lugar la mayoría de las reacciones bioquímicas en los seres vivos. El agua permite la difusión junto con el movimiento de algunos solutos, y es por esta razón que es fundamental para el transporte y distribución de minerales y nutrientes en las plantas.

En las células vegetales las vacuolas contienen la mayor cantidad de agua y esta ejerce presión sobre la pared celular permitiendo la turgencia de las células y de los órganos de la planta de los cuales ellas hagan parte (Universidad Politécnica de Valencia).

El agua, es el componente principal de la mayoría de los seres vivos, en las plantas herbáceas constituye aproximadamente el 80% de su peso fresco y alrededor del 50% en plantas leñosas (Audesirk y Audesirk, 1998).

Las plantas necesitan más agua que los animales debido a que ellas realizan el proceso de la fotosíntesis. Para el transporte de agua y nutrientes desde la raíz hacia las hojas, las plantas necesitan un motor o fuerza que los impulse en contra de la gravedad, esta fuerza la produce el proceso de transpiración en el que, obligatoriamente, se difunde agua hacia la atmósfera en forma de vapor a través de los estomas en las hojas. En contraste, los animales mantienen una buena parte de su agua corporal ya que esta es reciclada en gran medida por sus aparatos excretores. La transpiración en las plantas es un proceso que se efectúa siempre que exista energía suficiente para evaporar el agua del parénquima foliar, y una consecuencia necesaria ya que las plantas requieren tener los estomas abiertos para captar el dióxido de carbono necesario para la fotosíntesis aunque el precio que pagan es alto en cuanto a la inversión en energía y el consumo de agua (Smith y Smith, 2001).

Una sola planta de maíz necesita en promedio entre 160-200 litros de agua para crecer desde la semilla hasta que se cosecha y una hectárea de terreno sembrada con maíz consume casi cinco millones de litros de agua por cada cosecha, por tanto, la planta es una bomba de succión de agua desde el suelo hacia la atmósfera. De esta información podemos reconocer su papel en la regulación del ciclo del agua junto con su influencia en los valores de humedad relativa en la atmósfera (Universidad Politécnica de Valencia).

1.3. Potencial hídrico

En el agua líquida las moléculas se hallan en movimiento constante (teoría cinética). El movimiento de cada una de estas moléculas depende de su energía libre, que es la fracción de la energía total que puede transformarse en trabajo. La magnitud empleada para medir la energía libre en el agua se denomina potencial hídrico y sus unidades se pueden dar en MPa (megapascales) y bares. Un MPa=10bares. El potencial hídrico en las células ó en el suelo se denota por Ψ_H y equivale a la sumatoria de $\Psi_p + \Psi_o + \Psi_m$, donde Ψ_p es el potencial de presión ejercido por el protoplasma de las células sobre sus paredes, Ψ_o es el potencial osmótico que depende de la concentración de solutos y Ψ_m que es el potencial matricial, que determina el grado de retención de agua debido a la interacción de ella con las matrices sólidas o coloides presentes en el suelo o en la planta. A una masa de agua pura, libre, sin interacciones con otros cuerpos y a presión normal, le corresponde un Ψ_H igual a 0 (Kramer y Duke, 1979).

Es fundamental tener presente la temperatura en el cálculo del potencial hídrico (Ψ_H) aunque en la mayoría de los casos esta es considerada constante, puede llegar a afectar el Ψ_H . Un aumento en la temperatura tiene un efecto positivo sobre el Ψ_H , y una reducción en la temperatura tiende a disminuirlo (Cogua, 2002).

1.3.1 El potencial hídrico y el movimiento del agua.

El movimiento del agua depende de la existencia de gradientes o diferencias en su potencial. Ella se mueve de la zona donde el potencial hídrico es mayor hacia el sitio donde el potencial hídrico es menor. En las disoluciones el potencial hídrico está determinado por la concentración de solutos de tal manera que, el agua tiende a moverse de una disolución con menor cantidad de solutos hacia otra con mayor cantidad. Si tenemos dos cuerpos de agua que tienen diferente potencial hídrico, existirá la tendencia del agua o moverse desde el sitio de mayor potencial hídrico hacia el lugar donde el potencial hídrico es menor. Si en el movimiento espontáneo del agua no hay obstáculos esta se moverá libremente sin ningún costo energético a favor del gradiente de potencial hídrico (Kramer y Duke, 1979).

1.4. El agua y las células vegetales

Las células vegetales están constituidas por una pared celular que les confiere rigidez. La deformación debida a la turgencia y a la plasmólisis regular producida por la entrada o salida de agua del protoplasma, es menos severa que en las células animales, como consecuencia de la rigidez que otorga a las células vegetales la pared. En las células vegetales encontramos una gran vacuola central en el protoplasto la cual almacena agua con nutrientes y otros productos necesarios para el metabolismo. En las células vegetales el agua y en general los productos del protoplasma, no se pueden mover libremente debido a la presencia de la pared celular y por ello en algunos sitios de la pared celular, ésta se hace más delgada y allí se forman punteaduras las cuales originan conductos de pequeño diámetro llamados plasmodesmos los cuales permiten la comunicación intercelular y la transferencia de una célula a otra, de diversas sustancias como el agua.

La entrada y salida del agua en la célula vegetal depende de la diferencia en el potencial hídrico existente, en un momento dado entre el interior y exterior de la célula (Barrameda).

1.5. El agua y el suelo

El suelo, el agua y la luz del sol sustentan la vida en la Tierra. El suelo es una matriz porosa con infinidad de partículas sólidas de múltiples tamaños, tiene características bien definidas de acuerdo a su composición química y propiedades físicas. Estas características determinan el tipo de vegetación que se desarrolla sobre él. La nutrición de las plantas depende de las propiedades y nutrientes del suelo al igual que de la interacción de este con microorganismos que son, en muchos casos, los que determinan la disponibilidad de ciertos nutrientes y que coexisten con las raíces de las plantas estableciendo con frecuencia, relaciones simbióticas de beneficio mutuo. Existen plantas que viven sobre suelos pobres y por ello desarrollaron adaptaciones para sobrevivir, atrapando algunos insectos como es el caso de la atrapamoscas de venus (Edafología).

El crecimiento óptimo de las plantas depende de la cantidad de agua que tiene el suelo, su saturación y la forma como este la almacena. El contenido de agua del suelo está

condicionado por múltiples factores como la adsorción, el flujo libre, la permeabilidad, entre otros. El agua lluvia que cae sobre el suelo puede escurrir por la superficie (escorrentía) o infiltrarse en este por acción de la gravedad, saturándolo temporalmente y descendiendo a través del perfil edáfico hasta saturarlo totalmente (Salisbury y Ross, 1994).

Cuando el agua gravitacional llega al nivel freático y se une al agua subterránea se desplaza en forma horizontal, y finalmente puede brotar al exterior. Toda el agua bajo el nivel freático se denomina agua subterránea (Frago).

El agua capilar es aquella que retiene el suelo debido a su porosidad luego que el agua gravitacional desciende a las capas inferiores del suelo. Los suelos muy porosos no retienen casi agua capilar y estos espacios son ocupados por aire. El diámetro ideal de los poros para que el suelo sostenga agua capilar está entre 10 y 20 micras. El agua capilar es la que tienen a su disposición las plantas. La tasa de movimiento del agua capilar depende de la textura del suelo, al igual que de su temperatura (Salisbury y Ross, 1994).

El agua higroscópica es aquella que es retenida fuertemente por las matrices del suelo, principalmente arcillas por vía electrostática y no está disponible para las raíces de la planta.

El agua de hidratación se caracteriza por contener moléculas de agua unidas a iones junto con moléculas orgánicas por medio de fuerzas electrostáticas. Los iones y ciertos grupos funcionales como: hidroxilo, amino y carboxilo atraen con mucha fuerza el agua y una capa de varias moléculas de grosor rodea a cada ion o grupo radical polar (Kramer y Duke, 1979).

El agua se distribuye en forma uniforme en el suelo, y debe dejar espacios de aire, que permitan el buen crecimiento de las plantas debido a que, en este ambiente, los tejidos de la raíz pueden respirar. Un suelo completamente saturado de agua sólo permite el crecimiento de algunas plantas que toleran suelos inundados, pero las demás plantas mueren por el estrés hídrico que ocasiona marchitez permanente, esto debido a la incapacidad de su sistema radicular para respirar (Kramer y Duke, 1979).

El suelo no solo es el hábitat de las raíces de las plantas sino también de animales. Ellos reaccionan e interactúan con el suelo y lo modifican. Por ejemplo, los suelos inmaduros se humifican debido a que el agua humecta los minerales y facilita la liberación de iones, lo que a su vez enriquece el sustrato y permite un mejor crecimiento de las raíces de las

plantas, que lleva a un mayor desarrollo del follaje. Las hojas maduras al caer proporcionan alimento a los animales del suelo y en últimas en este proceso se favorece el reciclaje de nutrientes (Ehlers and Goss, 2003).

2. La raíz

La raíz es una estructura especializada, fija la planta al suelo y realiza la absorción de agua y minerales esenciales. Se origina en la semilla, es parte del embrión y cuando esta germina rompe la cubierta seminal e inicia un proceso de crecimiento rápido. Para el correcto desarrollo de la raíz, el embrión debe invertir una gran cantidad de energía. En una planta adulta las raíces pueden constituir el 50% de la biomasa y la extensión lateral del sistema radicular de un árbol adulto es mayor que su conjunto de ramas. En las plantas herbáceas como el centeno el área de sus raíces es hasta 130 veces mayor que el área de las hojas y el tallo (Curtis y Barnes, 2001).

La raíz en las plantas angiospermas es relativamente sencilla. En las plantas dicotiledóneas y monocotiledóneas la estructura de la raíz esta conformada de tres tipos de tejidos: la **epidermis**, la **corteza** y el **cilindro central o vascular** (Sherman y Sherman, 1998).

2.1 La epidermis

La epidermis es el sistema de células que recubre la superficie de la raíz. Las paredes celulares en la epidermis son altamente permeables al agua. Sus principales funciones son: la protección mecánica, la regulación del intercambio gaseoso, la absorción de agua y nutrientes. La protección se debe a que forma una barrera que impide el ingreso de microorganismos y algunos invertebrados que pueden llegar a perjudicar la planta. La epidermis cubre casi la totalidad de las raíces en las plantas jóvenes. La cutícula en la raíz no existe o es muy delgada, a diferencia de lo que ocurre en las hojas. En la raíz las células epidérmicas pueden originar extensiones llamadas pelos radicales. Casi la totalidad del agua que ingresa a la raíz es absorbida por los pelos absorbentes ó radicales, aunque esto también depende del tipo de planta y de las características intrínsecas del suelo. En las plantas adultas de muchas especies, los pelos radicales son sustituidos por las asociaciones simbióticas entre hongos del suelo y raíces, denominadas micorrizas (Audesirk y Audesirk, 1998).

2.2 La corteza

Esta estructura ocupa un gran porcentaje de la masa en la raíz joven. Esta conformada de células parenquimáticas que no poseen cloroplastos. Las células del parénquima de la corteza tienen gran cantidad de amiloplastos que son utilizados principalmente en el almacenamiento de almidones. La corteza tiene una enorme cantidad de espacios aéreos por los cuales circula oxígeno, que ingresa por la epidermis y es empleado por células corticales para el proceso de respiración (Curtis y Barnes, 2001).

2.3 El cilindro central o vascular

Esta estructura de la raíz contiene los tejidos vasculares cuya función es transportar agua y nutrientes (la savia bruta; xilema) y carbohidratos junto con otros compuestos orgánicos sintetizados por la planta (savia elaborada; floema). El periciclo es una capa externa al cilindro central remanente del meristemo que puede dividirse bajo la influencia de hormonas vegetales y formar el meristemo radicular (Audesirk y Audesirk, 1998).

2.4 La absorción de nutrientes y agua por la raíz

El agua con sales minerales disueltas entra a la raíz por difusión. Con las sustancias que absorbe del suelo la planta elabora moléculas orgánicas para formar sus tejidos, utiliza como fuente primaria los carbohidratos provenientes de la fotosíntesis como la glucosa, la fructosa y el almidón. El suelo es entonces, un almacén donde las plantas obtienen no sólo agua sino también minerales esenciales, y de cuando en cuando otros no tan esenciales como por ejemplo el oro y el plutonio que sencillamente estaban presentes cerca de la raíz y fueron absorbidos por el sistema radicular (Salisbury y Ross, 1994).

Las relaciones que existen entre las plantas, el suelo, el agua y los minerales disueltos en ella fundamentan los principios para determinar las soluciones nutritivas requeridas para el desarrollo de los vegetales. El suelo es un medio complejo formado por multitud de componentes que determinan sus características químicas, físicas y de ellas depende el desarrollo de las plantas (Bonner y Galston, 1981).

El ingreso de agua en la raíz se produce debido a un gradiente de potencial hídrico en el xilema, como consecuencia de la capilaridad y la transpiración. El agua penetra en la raíz por aquellas zonas donde esta ofrezca menor resistencia, lo que también depende de la

especie de planta. En el meristemo radical las células son casi impermeables al agua. Las células de este tejido no tienen vacuolas y su citoplasma es muy denso. En el ápice de la raíz las células no están diferenciadas y por este motivo así ingrese el agua, no puede ser transportada debido a la inexistencia de sistemas conductores, allí ocurre un proceso de difusión. La máxima absorción de agua en la raíz se presenta en la zona cercana al meristemo radical y lejana de la zona de gran cutinización y suberización. Los pelos radicales sirven para fijar las raíces primarias de las plántulas jóvenes, pero de acuerdo al tipo de suelo pueden optimizar los procesos de absorción de agua y nutrientes (Salisbury y Ross, 1994).

Los pelos radicales son extensiones de ciertas células de la epidermis de la raíz que tienen la capacidad de optimizar la absorción de agua y de iones, principalmente en plantas herbáceas como el centeno donde corresponden al 60% de la raíz (Zeiger y Taiz, 2006).

Las plantas leñosas tienen una buena parte de sus raíces altamente suberificadas y quizá gran parte del agua absorbida ingrese a la planta por medio de grietas o fisuras de la peridermis y la felodermis en el tejido vascular secundario (Azcón y Talon, 2003).

El agua puede desplazarse en la raíz a través de tres rutas posibles. La primera es la ruta apoplasto donde el agua ingresa a la epidermis de la raíz a través de los espacios intercelulares, hasta llegar a la endodermis donde su flujo es detenido por la banda de caspary, que al estar altamente suberizada, impide el paso del agua y los solutos, estos continúan por vía simplasto hacia dentro de los haces vasculares de la raíz. El otro camino posible es la vía transmembrana en la cual el agua y los solutos disueltos pueden moverse atravesando las membranas celulares de forma mas o menos eficiente, debido en parte a la existencia de unas proteínas integrales presentes en la membrana celular que optimizan el paso del agua a través de esta. Estas proteínas se denominan **acuaporinas**. Finalmente la otra ruta que pueden tomar el agua y los solutos en la raíz es la vía simplasto que se da por medio de los plasmodesmos que son extensiones tubulares del citoplasma de aproximadamente 50 nm de diámetro, que conectan el citoplasma de una célula con otra produciendo un sistema continuo y que permite atravesar finalmente la banda de caspary (Zeiger y Taiz, 2006).

2.5 La presión radical

Ocasionalmente el agua en los vasos del xilema está bajo presión positiva llamada presión de raíz. La presión de raíz se genera en periodos de baja transpiración, generalmente durante la noche, en especial cuando la humedad relativa es muy alta. Bajo estas condiciones, los minerales absorbidos por la raíz del suelo se acumulan en el xilema, bajando su potencial osmótico. Como resultado del proceso mencionado el potencial total disminuye incrementando la diferencia de potencial de agua entre el xilema de la raíz y el suelo que la rodea. El gradiente que se crea permite el flujo del agua desde el suelo hacia la raíz, este flujo induce presión positiva en el xilema que a su vez provoca que el agua sea expulsada en las hojas por los hidrátodos (poros intercelulares) en un proceso denominado gutación. La gutación, puede ser observada en el ápice de las hojas de cereales en las primeras horas de la mañana, en forma de gotas de exudado(Ehlers, and Goss, 2003).

3. El xilema

El xilema es un tejido conductor presente en las plantas vasculares herbáceas y leñosas. Su función es transportar una solución de agua acompañada de iones inorgánicos aunque en algunos casos puede transportar también sustancias orgánicas. Se encarga de llevar las materias primas absorbidas por la raíz hacia las hojas donde son utilizadas, entre otros, para la síntesis de sustancias que se requieren en el proceso de fotosíntesis. El xilema es de varias formas dependiendo del tipo de planta, es decir, si esta es herbácea o leñosa. En plantas herbáceas y en las partes no leñosas el xilema primario forma haces. El xilema secundario se desarrolla a partir del cambium vascular en plantas leñosas. En las plantas leñosas jóvenes se pueden presentar los dos tipos de xilema simultáneamente, sin embargo, generalmente presentan únicamente xilema primario (Audesirk y Audesirk, 1998).

El xilema no cumple únicamente la función de conducción, sino también, la de darle soporte a la planta, debido a que está constituido por células cuyas paredes tienen gran cantidad de celulosa en las plantas herbáceas, y de lignina en las plantas leñosas. En las plantas herbáceas surge en primera instancia el xilema primario denominado protoxilema que madura en órganos en crecimiento y está sometido a fuerzas de tensión, debidas a que sus vasos presentan engrosamientos que pueden ser anillados o espiralados y dan gran resistencia a los tallos en crecimiento. El xilema está constituido por diferentes tipos de células, que están adaptadas a las funciones que desempeñan como la conducción y el sostén (Bonner y Galston, 1981).

En angiospermas las células conductoras del xilema son las **traqueidas** y los miembros o elementos del vaso. Ambos tipos de células poseen paredes secundarias gruesas impregnadas de lignina, y ambas mueren en la madurez de la planta. Las traqueidas son células alargadas y delgadas que superponen sus extremos acuminados. Las superficies superpuestas contienen punteaduras con depósitos de pared secundaria. El agua pasa de una traqueida a la siguiente a través de esas punteaduras. Los miembros de vaso que son mucho más grandes difieren de las traqueidas porque sus paredes terminales tienen una o dos perforaciones o han desaparecido totalmente, por tanto, ellos forman un vaso

continuo, es decir, un conducto más efectivo para el transporte de agua debido a que se presentan menos restricciones al flujo(Zeiger y Taiz, 2006).

3.1 Transporte de agua y minerales a través del xilema

Comparativamente, el transporte de agua y minerales a través del xilema es un proceso más sencillo que la absorción en la raíz. El agua fluye a través de las traqueidas por medio de las punteaduras dispuestas lateralmente. Las punteaduras de una traqueida se enfrentan con las punteaduras de la traqueida contigua formando pares de punteaduras, estos pares de punteaduras se caracterizan por que las células involucradas no tienen pared secundaria y la pared primaria es fina y porosa. Los pares de punteadura constituyen la membrana de punteadura. En ciertas especies de coníferas, las membranas de punteadura tienen engrosamientos centrales llamados toros que actúan como válvulas para evitar que las burbujas de aire, que en ocasiones se forman en las traqueidas, se puedan desplazar de un conjunto de punteaduras a las adyacentes (Zeiger y Taiz, 2006).

Los elementos del vaso en el xilema son más cortos comparativamente que las traqueidas, pero mucho más anchos. Los elementos del vaso tienen perforaciones en sus extremos que forman las denominadas placas perforadas. Estas placas perforadas permiten que se unan los elementos por sus extremos hasta formar una estructura mayor denominada vaso. Los vasos pueden tener longitudes que varían de centímetros hasta metros. Los elementos terminales de cada vaso no tienen perforaciones en su extremo y se comunican con los demás vasos por medio de pares de punteaduras (Salisbury y Ross, 1994).

El transporte de agua por medio de los vasos del xilema es muy eficiente debido a que durante su maduración las células pierden su protoplasma y las membranas que limitan su movimiento, quedando únicamente las paredes celulares lignificadas. Por lo tanto, desde el suelo hasta las hojas, el agua fluye libremente como dentro de una tubería sin mayores obstáculos y disminuye drásticamente el gradiente de presión necesario para su transporte y el de los minerales disueltos en ella (Zeiger y Taiz, 2006).

4. La transpiración y el transporte de agua

La transpiración es un proceso clave en la síntesis de biomasa y en la regulación de la temperatura en las plantas. La transpiración se realiza por medio de los estomas, los cuales se originan a manera de poros entre células epidermales transformadas y rodeadas por otras células llamadas células de guarda, que al aumentar o disminuir su volumen, modifican el grado de apertura del poro u ostiolo y con esto la pérdida de agua en forma de vapor. Para algunos autores el término estoma hace referencia sólo a esta abertura pero otros aplican el término al aparato estomático completo que incluye las células oclusivas o de guarda y las células accesorias (Salisbury, Roos, 1994).

Los estomas son, no solo responsables de la pérdida de agua en forma de vapor, sino también la vía de ingreso del CO₂ necesario para la fotosíntesis. El número y densidad de los estomas puede ser modificado por las condiciones ambientales en las que se desarrolla la planta (Melgarejo, 2010).

El proceso de transpiración en las plantas tiene efectos positivos como es producir la energía necesaria para absorber agua del suelo y conducirla hacia las hojas donde se realiza principalmente la fotosíntesis. Sin embargo, la economía hídrica de las plantas es crítica debido a que entre un 80% y un 90% del agua absorbida se difunde hacia la atmósfera. Siendo esta la causa principal de la pérdida de agua, que en ciertos casos, puede comprometer la vida de las plantas. Una buena cantidad del agua que pierden las plantas es transpirada a través de los estomas ubicados en las hojas y en algunos tallos, debido a esto, las plantas deben buscar el equilibrio entre la pérdida de agua por transpiración, la absorción de esta dependiendo del potencial hídrico del suelo y la cantidad de dióxido de carbono que ingresa por los estomas para la fotosíntesis (Salisbury y Ross, 1994).

La transpiración está mediada por la apertura y el cierre de los estomas que dependen de las necesidades de la planta de dióxido de carbono y naturalmente de la absorción de agua. Los estomas conducen a espacios aéreos en las células del mesófilo foliar, estos espacios constituyen aproximadamente entre el 15% y el 45% del volumen de la hoja y están saturados de vapor de agua. La turgencia de las células oclusivas o estomáticas es

generada por la acumulación de solutos que obliga a que el agua penetre por ósmosis, abriendo el estoma; una disminución en la cantidad de solutos en las células oclusivas genera la pérdida de turgencia y el cierre de los estomas (Curtis y Barnes, 2001).

4.1 Factores que influyen en la transpiración

Existen diversos factores que afectan la transpiración y por tanto la apertura o cierre de los estomas. En primer lugar están la disponibilidad de agua en el suelo, la temperatura y la expresión de ciertos genes en la planta. Los factores ambientales que determinan, en un momento dado la tasa de transpiración en las hojas son: la temperatura foliar, los vientos y la humedad relativa de la atmósfera.

La transpiración es menor cuando la saturación de vapor de agua es mayor en la atmósfera o en la capa de aire circundante a la hoja. El gradiente de concentración de vapor de agua entre el interior de la hoja y el aire circundante aumenta cuando las corrientes de aire arrastran el vapor de agua de la superficie foliar (Zeiger y Taiz, 2006).

5. Absorción y transporte de nutrientes minerales

Las plantas requieren minerales que se encuentran disueltos en la solución del suelo para crecer. Estas sales minerales pueden ser absorbidas por las raíces y con frecuencia su transporte se ha asociado a la presencia de micorrizas. Del total de elementos conocidos 17 se consideran esenciales para la vida de las plantas. Un elemento es esencial para las plantas si el vegetal no puede completar su ciclo de vida (esto es, formar semillas viables) en ausencia de tal elemento. Igualmente es esencial si forma parte de cualquier molécula o constituyente de la planta que es, en sí mismo, esencial para ésta (como el nitrógeno en las proteínas o el magnesio en la clorofila) (Salisbury y Ross, 1994).

Los elementos esenciales que la planta necesita en mayor concentración se denominan macronutrientes y entre otros están, el carbono, el nitrógeno, el potasio, el azufre, el calcio, el magnesio y el fósforo. Los que requiere en menor concentración son los micronutrientes como el molibdeno, el manganeso, el cobre, el zinc, el boro y el níquel entre otros.

Las raíces están en contacto directo con algunos de los nutrientes que se encuentran en el suelo, sin embargo, estos difícilmente pueden penetrar a las células por simple difusión, solo el 2,5% del total de nitrógeno, fósforo y potasio ingresan a la planta mediante este mecanismo. Para lograr el ingreso de nutrientes la planta utiliza mecanismos de transporte activo y pasivo. El mecanismo, tal vez, más importante se denomina "Flujo masivo" y consiste en el ingreso de los nutrientes en forma de iones disueltos en el agua, esto debido al potencial hídrico que genera la transpiración, la eficiencia de este sistema de transporte depende de la movilidad de cada elemento o ion. La movilidad de los nutrientes dentro de la planta depende del tipo de planta y de su estado fenológico así como de la capacidad de cada uno de ellos para desplazarse (Melgarejo, 2010).

En los suelos encontramos una mezcla heterogénea de: limo, grava, arcillas y materia orgánica, pequeños microorganismos, agua, aire, minerales y ciertos ácidos húmicos. Los iones se encuentran en el suelo formando soluciones con el agua y generalmente la concentración de estos es mucho menor en el que en la planta ya que esta tiene la capacidad de acumularlos.

Como se señaló anteriormente, los iones pueden ser absorbidos por la raíz por difusión simple o por transporte activo. Generalmente el sistema radicular de las plantas crece en busca de los reservorios de minerales del suelo. Kramer determinó que en la región del meristemo radical, cercano a la cofia, se absorben sales minerales, sin embargo, aquellas regiones más viejas de la raíz con pelos radicales, donde está bien diferenciado el xilema, son mucho más efectivas en la absorción de minerales y su correspondiente conducción al xilema donde ascienden por el tallo hasta los sitios donde son utilizados por la planta (Criba).

5.1 Las micorrizas

Las plantas en el medio natural tienen un sistema radicular que no se asemeja al que presentan cuando crecen en el laboratorio dentro de un medio nutritivo. La mayoría de las raíces en estado natural están acompañadas por ciertas especies de hongos medianamente patógenos o no patógenos los cuales en conjunto forman con las raíces una asociación simbiótica llamada micorriza. Las micorrizas le permiten a las plantas optimizar los procesos de absorción de nutrientes, debido a que las hifas del hongo extienden la superficie de absorción en el suelo, aunque también restringen el crecimiento de los pelos radicales. En la formación de micorrizas ganan las plantas por que pueden absorber con mayor facilidad los minerales disueltos en el suelo y también gana el hongo que obtiene azúcares de la planta. En general, únicamente las raíces más jóvenes de las plantas pueden asociarse con hongos para formar micorrizas, quizá debido a que las raíces adultas están cubiertas de una membrana impermeable de suberina. En principio las micorrizas limitan el crecimiento de los pelos radicales en la raíz y esto limitaría el proceso de absorción de agua y nutrientes, sin embargo, las micorrizas favorecen los procesos de absorción por que abarcan un mayor volumen de suelo (Zeiger y Taiz, 2006).

6. Análisis de aspectos histórico-epistemológicos de la fisiología de la absorción de agua y nutrientes en plantas vasculares

La fisiología vegetal es una parte de la botánica que se dedica al estudio del funcionamiento de las diferentes estructuras de las plantas. El estudio de las plantas y sus procesos fisiológicos surgió desde el mismo nacimiento de la agricultura. El asunto de mayor importancia estudiado por la fisiología vegetal es la forma como las plantas crecen y se reproducen. El ser humano comenzó el cultivo de algunas plantas a partir de semillas recolectadas de plantas silvestres y se dió cuenta con el tiempo que estas necesitaban agua, luz y ciertas condiciones particulares dependiendo de la especie, como un tipo determinado de suelo, ya sea seco o anegado como en el caso del arroz que crece en suelos inundados. El ser humano entendió que plantas vigorosas producen semillas vigorosas. Inicialmente se observó que al añadir al suelo materia descompuesta de plantas y animales, estas crecían mejor y se le llamó a este complemento del suelo abono (mencionado en la Biblia, Lucas 13:8). Con el paso del tiempo y el cultivo de plantas, se obtuvieron variedades mejoradas y se originaron los primeros estudios sobre el crecimiento y la anatomía de las plantas (Biologyreference).

Los griegos en función de sus intereses por la agricultura se preocuparon por el cultivo de las plantas. Arquitas, Androción, Hipón, Clademos y Leófanos que se pueden ubicar cronológicamente en el siglo IV a. de C. y quienes antecedieron a Aristóteles, dejaron un gran legado literario sobre agronomía especializada. Los artículos póstumos describen principalmente conocimientos empíricos, algunos tomados de la tradición oral, y que comprenden no solamente conocimientos de agricultura, si no también, de plantas medicinales, que indican que en esta época ya existían sólidos conocimientos de botánica. Un tratado sobre botánica de Hipócrates de nombre "De natura pueri" la "naturaleza del niño" y otros fragmentos de Menestor de Síbaris, que estuvieron en

manos de Teofrasto, muestran que en esta época ya eran abordados estos temas con cierto enfoque científico.

En Grecia hace 2300 años Teofrasto observó las raíces de diferentes plantas para entender los mecanismos de absorción del agua y la circulación de esta por el tallo. Sin embargo, los eventos fisiológicos íntimos de estos procesos siguieron siendo desconocidos por cientos de años (Rialp, 1991).

6.1 Medicina botánica y agricultura en Grecia y Roma

En Grecia el desarrollo de la botánica aunque fué importante no dio origen a grandes cambios debido en parte a la concepción deductiva de los científicos griegos. El desarrollo no fue más allá de lo que logró recopilar Teofrasto. El lugar de la literatura botánica científica, lo ocupó el “Poema didáctico”, el cual trataba temas generales como el carácter medicinal de algunas plantas y sus venenos. Nicolás de Damasco en el siglo I a. de C. publicó un tratado de fisiología vegetal a partir de las obras de Aristóteles y Teofrasto. En definitiva la botánica se estancó en Grecia y en general en la edad antigua. En Roma la expansión del imperio permitió conocer nuevas plantas y productos vegetales provenientes del norte de África y Asia, diversificando de esta manera la agricultura y la medicina botánica. En el año 50 a. de C. Escribonio Largo, redactó en un tratado las composiciones de varios medicamentos “Medicamentorum compositiones” este tratado es de fundamental importancia en la historia de la medicina botánica por definir plantas como el opio y además explicar un procedimiento para obtener polvo de opio puro (Ilse, Lothar y Senglaub, 1990).

6.2 La botánica y agricultura en el imperio Bizantino

El aporte de los bizantinos al desarrollo de la botánica fue limitado. Sin embargo, es importante la labor de recopilación de datos en “Epopéyas de plantas” que permitió conservar el saber de la antigüedad y transmitirlo a los árabes al igual que a Europa occidental. La obra sobre agronomía más importante del mundo bizantino, la “Geoponía” “Selección de temas agrarios” comprende la fusión de múltiples escritos de carácter médico y agrícola (Ilse et al., 1990).

6.3 Los árabes y la botánica

En los siglos VI y VII en la península arábiga se presentaron grandes cambios entre los cuales está la aparición del Islamismo. El desarrollo de la botánica por parte de los árabes se fundamentó principalmente en la recopilación del gran legado oral empírico de la medicina botánica existente. Se puede decir que ellos conservaron prácticamente los mismos conocimientos de la antigüedad. Sin embargo los conocimientos empíricos sobre el tema eran enormes, pero la falta de evidencia escrita no permite determinar si existió o no, evolución independiente de la botánica en Arabia. Sin embargo, es importante destacar algunos estudios sobre los movimientos de las plantas (nastias) y los estadios de crecimiento en los vegetales (Sanchis, 1993).

6.4 La botánica en la edad media

La tradición botánica en la edad media se fundamentó en conocimientos y prácticas a partir de saberes heredados de la antigüedad. La medicina botánica que surgió se apoyó en los tratados de Aristóteles y Teofrasto, junto con el conocimiento adquirido por otros autores romanos, pero principalmente se lucró de los escritos islámicos que fueron editados por eruditos a partir de la gran tradición oral y empírica. Se destaca Alberto Magno quien fue reconocido por sus estudios botánicos y por sus contribuciones a la fisiología vegetal. El estudio de las plantas fue importante en medicina ya que estas constituyen la esencia para la fabricación de muchos medicamentos. Los jardines se convirtieron en una práctica habitual sobre todo cerca a centros de educación médica y los profesores de medicina eran a menudo expertos en botánica (Canalsocial)

6.5 El desarrollo de la fisiología vegetal en el renacimiento

En el siglo XVII surgió la fisiología vegetal como una rama derivada de la botánica. La fisiología vegetal tenía como objetivo principal explicar muchos problemas e interpretaciones de la estructura y función de los órganos y de los procesos vitales de las plantas. El origen del estudio sobre anatomía vegetal se puede ubicar con Joachim (1587-1675) quien luchó por la concepción de un pensamiento científico y no dogmático en la investigación científica. Se destaca su obra "Isagoge phytoscopica" tratado que describe con detalle la morfología externa de las plantas, y de los tallos, al igual que

la ubicación y la disposición de las ramas, junto con las formas de las hojas (“El desarrollo del microscopio”).

6.6 El microscopio y la investigación en anatomía vegetal

El desarrollo de la anatomía vegetal está ligado al desarrollo de la microscopía. El microscopio fue inventado por Anton Van Leeuwenhoek en el siglo XVII a partir de un conjunto de lupas o lentes, motivo por el cual se le denominó microscopio óptico compuesto. Este fue el punto de partida para el trabajo de pioneros en microscopía como: Robert Hooke, Malpighi y Grew quienes revelaron los finos detalles de la estructura interna de las plantas (“Anatomía y microscopía”).

Anton Van Leeuwenhoek, era un holandés que pasó la mayor parte de su vida en su ciudad natal de Delft. Leeuwenhoek trabajó con lentes pulimentadas que montaba sobre placas de oro, plata o cobre. Debido a su trabajo como comerciante de telas se vio en la necesidad de construir conjuntos de lupas que le dieran un óptimo aumento para de esta forma verificar la calidad de las telas que compraba. El descubrimiento que llevó a cabo Leeuwenhoek en 1675 con una muestra de agua estancada y otras infusiones preparadas por él de muchos protozoos, a los que él denominó "animálculos" marca el inicio de los estudios sobre microscopía. Observó las conexiones entre las arterias y las venas, aunque no fue el primero en publicarlo. Los animálculos observados por Leeuwenhoek despertaron en esa época, gran cantidad de inquietudes en las mentes de muchos científicos contemporáneos. La teoría de la generación espontánea que fue sostenida por muchos siglos; debido en parte a la autoridad de Aristóteles y por la adecuación a la doctrina de la iglesia, como incuestionable; comenzó a ser controvertida. Christian Huygens científico amigo de Leeuwenhoek, planteó que estos animálculos al ser tan pequeños podían estar suspendidos en el aire y de esta forma alcanzar el agua donde se podían reproducir. Sin embargo, en estas instancias la idea no fue más allá y la teoría de la generación espontánea perduró por varios siglos más (“El desarrollo del microscopio”).

6.7 El descubrimiento de la célula

El descubrimiento de la célula por Robert Hooke (1635-1703) es un acontecimiento realmente destacable en la historia de la biología. Hooke que se desempeñaba como físico mostró especial interés en el desarrollo y mejora del microscopio. Describió con detalle la estructura de las plumas, el aguijón de las abejas, la rádula o "lengua" de los moluscos y la pata de la mosca. Robert Hooke fue el primero en plantear la palabra célula para una estructura que observó a partir de un fino corte de corcho en uno de sus microscopios y que se asemejaba a una celdilla de panal de abejas. Se sugiere que Hooke observó en su microscopio tejidos de hierbas y árboles, indicando también que algunas de estas células estaban llenas de líquido mientras que otras no, lo que lo llevó a pensar que quizá la función de dichas células era transportar sustancias en la planta (Luna).

Es importante destacar los aportes a la botánica, la anatomía vegetal y la fisiología vegetal de Marcello Malpighi (1628-1694), quien fue uno de los primeros en utilizar el microscopio para el estudio de las estructuras de los vegetales. Sus descubrimientos fueron tan importantes en el ámbito de la histología vegetal y animal que es considerado el padre de la anatomía microscópica científica. En sus inicios Malpighi se dedicó a la histología vegetal y estaba muy familiarizado con los vasos en espiral de ciertas plantas herbáceas. En el año de 1671 escribió su tratado sobre botánica denominado "Plantarum Anatomie" "Anatomía de las plantas" y lo envió a la Royal Society, que lo publicó al año siguiente. En su libro describió la morfología externa y la estructura interna de numerosos órganos de las plantas. Describió la raíz determinando que el rizoma y el bulbo no son raíces verdaderas si no tallos. Logró determinar las diferencias entre los tallos de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas, también describió por primera vez los vasos conductores. Malpighi fue entusiasta en sus trabajos sobre la morfología de hojas y flores. No logró explicar las funciones de ciertos poros observados en la lámina foliar (estomas) y las estructuras florales ("Biografía de Marcello Malpighi").

Desde el punto de vista del análisis anatómico y la fisiología de los diferentes órganos de las plantas Malpighi tuvo dificultad en determinar con exactitud la función de muchas estructuras. Por ejemplo él pensaba que los conductos en espiral que encontró en los tallos de las plantas herbáceas tenían la misma analogía con las tráqueas de los insectos, es decir le servían a la planta para respirar. Intuyó la existencia de poros en la raíz por donde la planta se tendría que nutrir obteniendo del suelo las sustancias

necesarias para su crecimiento. También reconoció la función de las hojas en la fabricación del alimento de la planta, pero nunca pudo explicar el proceso razonablemente. En el campo de la fitopatología Malpighi determinó que las agallas se producen en las plantas por picaduras de ciertos insectos que colocan allí sus huevos. En cuanto a la nutrición vegetal, como ya se nombró desde tiempos antiguos se conocía la importancia de agregar residuos descompuestos de animales y plantas para mejorar su crecimiento, sin embargo, en el siglo XVI, ya se tenían algunos conocimientos a cerca de la nutrición vegetal y fue Bernard Palissy (1510-1590) quien dió la primera explicación lógica de la utilidad del abono. Mostró que las plantas de los jardines y las cultivadas necesitan periódicamente, para su adecuado desarrollo, de ciertas sustancias (sin decir concretamente sales) y que las pérdidas tienen que compensarse abonando con materia orgánica, cenizas y ciertos minerales. Por desgracia, las ideas de Palissy fueron ignoradas por mucho tiempo (Rialp, 1991).

6.8 Avances de la fisiología vegetal en los siglos XVII y XVIII

En el siglo XVII, Woodward (1665-1728) llevó a cabo un interesante experimento donde sembró plantas en agua destilada dándose cuenta que no podían desarrollarse. Después empleó un extracto de suelo al cual añadió agua, determinando que las plantas se desarrollaban normalmente. Woodward concluyó que las plantas necesitan de ciertas sustancias (sales) sin las cuales no pueden desarrollarse y que las obtienen del suelo (Ilse et al., 1990).

Van Helmont planteó un riguroso experimento sobre el crecimiento de las plantas. A principios del año 1600 este médico belga decidió determinar la fuente del incremento de la biomasa de una planta en crecimiento, para ello empleó plantas de sauce. Van Helmont hizo crecer los pequeños árboles en muestras de suelo de 200 libras y añadió únicamente agua hasta que la planta alcanzó un peso de 164 libras. Determinó que se perdieron únicamente 57,1 gramos de suelo en el proceso y concluyó que es principalmente el agua y posiblemente ciertos gases presentes en la atmósfera a los que denominó "Discretos" los responsables del incremento de biomasa de las plantas durante su crecimiento (Biologyreference).

Lavoisier determinó que la materia orgánica está constituida principalmente por carbono y oxígeno. Joseph Priestley, IngenHousz y Jean Senebier demostraron que las plantas

absorben dióxido de carbono por medio de sus hojas cuando están expuestas a la luz y expulsan cantidades equivalentes de oxígeno. Posteriormente Saussure determinó que el agua era una parte del proceso que más adelante sería denominado fotosíntesis. También determinó que las plantas en la oscuridad respiran al igual que los animales (Universidad de Hamburgo).

Van Helmont no dio mayor importancia a los 57.1 gramos de suelo perdido durante el crecimiento de sus plantas de sauce. Sin embargo, a finales del siglo XVIII Julius Sachs realizó una serie de ensayos químicos que sirvieron para determinar que las plantas obtienen del suelo diversos minerales que son necesarios para su correcto desarrollo y crecimiento. Sachs encontró que existe una jerarquía en el empleo de los nutrientes minerales por parte de la planta, así requieren nitrógeno, potasio, fósforo, azufre y otros elementos que son empleados pero en menor cantidad (Biologyreference).

Los descubrimientos más relevantes en el avance de la fisiología vegetal se iniciaron en el siglo XVIII con la identificación de las funciones vitales de las plantas. Stephen Hales realizó varias investigaciones que buscaban determinar el mecanismo por medio del cual las plantas transpiran. En 1782 Senebier llevó a cabo un estudio químico de la clorofila, pero nunca llega a obtener resultados prácticos que indicaran con claridad los procesos bioquímicos que relacionaban esta importante sustancia y la fotosíntesis, (Rialp, 1991).

El problema de la nutrición en las plantas fue abordado en 1804 por Theodore de Saussure en su publicación "Recherches Chimiques Sur Vegetation" buscando aclarar el estado de confusión que reinaba, respecto a este concepto fundamental, en la fisiología vegetal. Saussure empleó un método de análisis cuantitativo que años antes utilizó Lavoisier en sus estudios químicos; estos estudios confirmaron que las plantas descomponen el agua, apropiándose de sus elementos, el dióxido de carbono lo obtienen del aire y los compuestos minerales del suelo; Saussure determinó que dichos minerales son esenciales para el buen crecimiento de la planta, y que ellos en solución atraviesan la raíz y penetran en la planta (Canalsocial).

6.9 Desarrollos de la fisiología vegetal en los siglos XIX y XX

Al comenzar el siglo XIX se introdujeron nuevos métodos de estudio e investigación en la fisiología vegetal como el análisis por incineración que reveló la existencia de ciertos compuestos químicos en los tejidos de las plantas, que en un principio no tenían

explicación y se determinó que tenían que provenir del aire y el agua (Salisbury y Ross, 1994).

A principios del siglo XX el escenario de la investigación en fisiología vegetal se trasladó a EE.UU donde diversos científicos se empeñaron en develar algunos de los más enigmáticos secretos de la fisiología de las plantas. Paul Kramer (1904-1995) trabajó incesantemente para determinar las relaciones hídricas del suelo y las plantas. Sus estudios permitieron entender la importancia de estas relaciones y su valor ecológico y fisiológico. Kramer determinó también que la distribución de la vegetación sobre la superficie terrestre está controlada principalmente por la disponibilidad de agua. Enunció “los rendimientos son más dependientes de un suministro adecuado de agua que de cualquier otro factor”, describió también los diferentes factores que controlan el balance hídrico en las plantas y demostró como ciertos procesos fisiológicos son los que en última instancia determinan la cantidad y la calidad de la tasa de crecimiento de las plantas (Criba).

Ya en la segunda mitad del siglo XX podemos citar también importantes avances con respecto a la nutrición en plantas con base en los aportes del fisiólogo estadounidense Emanuel Epstein quien se especializó en el estudio de la nutrición, y principalmente en el transporte de iones desde la raíz hacia los diferentes órganos de la planta. Epstein llevó a cabo investigaciones sobre aspectos genéticos y ecológicos de la nutrición así como estudios sobre las relaciones y la tolerancia a la sal de ciertas plantas (halófilas), el desarrollo de cultivos tolerantes a la sal y el papel del silicio en la fisiología vegetal. Epstein realizó junto con sus colaboradores una serie de experimentos donde utilizó trazadores radiactivos para determinar el movimiento de los nutrientes minerales en las plantas, la forma como estos son asimilados bioquímicamente, y sus funciones en el metabolismo de la planta (Criba).

7. Como integrar las inteligencias múltiples y el desarrollo de la inteligencia visual – espacial en el aula de clase

7.1 La teoría de las inteligencias múltiples

La palabra inteligencia tiene su origen del latín: inter=entre, y eligere= escoger. Significa la capacidad cerebral para comprender las cosas eligiendo el mejor camino para ello. Por tanto se refiere a la formación de ideas junto con el juicio y el razonamiento, en si, la capacidad de entender el mundo (Ordóñez, 2008). Existen dos teorías sobre lo que es la inteligencia humana y la forma como se desarrolla: La teoría genética enfoca, desde el punto de vista biológico, que la inteligencia es una actividad del organismo que se da con base en la adaptación, es un estado de equilibrio entre la asimilación o acción del organismo sobre el medio y de este sobre el organismo. Esta teoría compara la inteligencia con características de orden físico. Se concluye que herencia e inteligencia están íntimamente ligadas, la inteligencia está determinada por la genética, es continua y no existe la posibilidad de modificarla.

La teoría ambientalista argumenta que la inteligencia está dada por factores culturales, familiares, sociales y educativos. La estructura interna de la inteligencia es maleable y se puede modificar en el transcurso de la vida de una persona. Esta teoría da mayor relevancia al ambiente, maneja argumentos ideológicos y políticos, niega las diferencias innatas, acepta los procesos de modificabilidad como los factores determinantes en el desarrollo intelectual de los seres humanos. Hoy día se acepta una concepción más general de la inteligencia que integra la teoría genética y la ambientalista y da igual relevancia a ambos factores en el desarrollo intelectual de una persona (Ordóñez, 2008).

7.2 Bases de la teoría de las inteligencias múltiples

En 1904, el Ministerio de Educación Pública en París, encomendó al psicólogo francés Alfred Binet y a un grupo de colegas el desarrollo de un método para determinar cuáles estudiantes de educación primaria tenían riesgo de fracasar, con el fin de brindarles oportunidades de reeducación. De estos esfuerzos nacieron las primeras pruebas de inteligencia. Varios años después esta metodología fue importada a Estados Unidos, donde la evaluación de los procesos de pensamiento alcanzó gran difusión, junto con la idea de que existía algo denominado inteligencia. Casi ochenta años después del desarrollo de las primeras pruebas para medir la inteligencia, Howard Gardner propuso su teoría de las inteligencias múltiples que tiene como objetivo ampliar el alcance del potencial humano más allá de los límites del cociente intelectual o de inteligencia (Ordóñez, 2008).

7.3 Las inteligencias múltiples

El concepto de inteligencias múltiples fue acuñado por Howard Gardner y D.H Feldman teniendo como base un trabajo de investigación práctico realizado entre los años 1983 a 1992 en algunas de las escuelas públicas de EE.UU. Este proyecto se denominó "Spectrum" y tuvo como objetivo buscar las habilidades y fortalezas de grupos de estudiantes con dificultades de aprendizaje y alta probabilidad de reprobación. El estudio determinó que los estudiantes poseían ciertas habilidades que sus maestros no eran capaces de reconocer. El proyecto Spectrum dio luz para que muchos maestros cambiaran sus prácticas de enseñanza y diseñaran herramientas que permitieran fortalecer las habilidades de pensamiento de sus educandos motivándolos en sus procesos de aprendizaje, principalmente a partir de los centros de interés que buscaban potenciar sus aptitudes naturales.

Gardner es neurólogo y pedagogo, profesor de la universidad de Harvard y miembro del proyecto Zero (Spectrum) liderado por dicha universidad. Para Gardner la inteligencia está ligada a factores genéticos, socioculturales, junto con el contexto ambiental y educativo donde se desenvuelve el individuo, y la define como "la capacidad de resolver problemas o elaborar productos que tengan valor para una o más culturas", es entonces la inteligencia un proceso o destreza que se puede desarrollar, sin dejar de lado

naturalmente el acervo genético. Todos los seres humanos nacen con una serie de habilidades mentales determinadas por la genética, sin embargo, aquellas que no son muy marcadas se pueden desarrollar y fortalecer (Gardner y Feldman, 1998).

La teoría de las inteligencias múltiples plantea una pregunta obligada ¿qué es una inteligencia? Una inteligencia es la capacidad para resolver problemas cotidianos, para generar nuevos problemas, para crear productos o para ofrecer servicios dentro del propio ámbito cultural. Si en la vida de un individuo surgen diversos problemas que este tiene que afrontar y resolver, tendrá por lo tanto, un tipo de inteligencia para resolver cada tipo de problema. Existen varios tipos de inteligencias de los cuales se han identificado nueve: la inteligencia cenestésica, la inteligencia verbal o lingüística, la musical, la lógico matemática, la visual-espacial, la emocional, la naturalista, la interpersonal y la intrapersonal (Antunes, 2003).

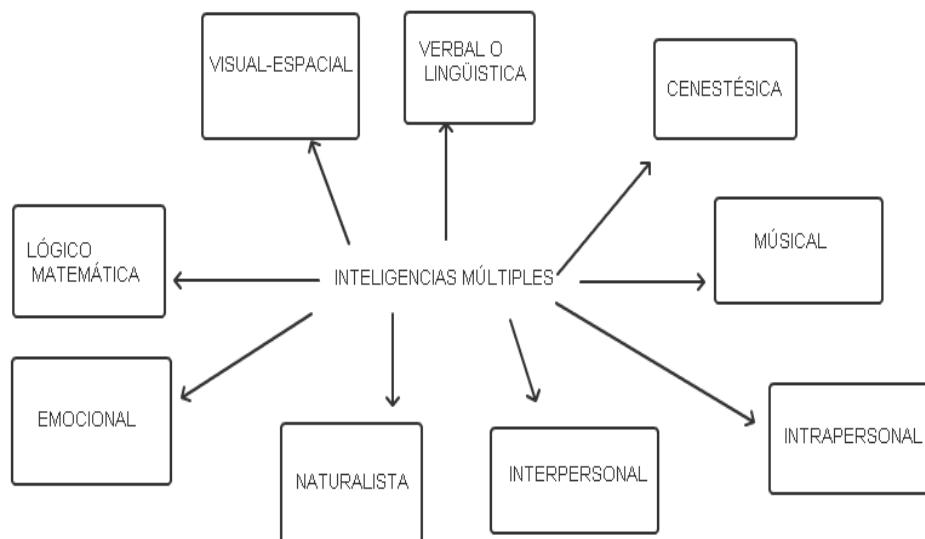


Figura: 1 Las inteligencias múltiples

En la educación existe una problemática con respecto al currículo y a la labor del docente en el aula ¿Qué se debe enseñar? ¿Cómo se debe enseñar? ¿Cómo evaluar? ¿Cómo motivar el aprendizaje en los educandos? Estas preguntas tienen respuesta en el contexto de las inteligencias múltiples partiendo del siguiente postulado: “no todos los niños y jóvenes tienen el mismo desarrollo en sus inteligencias y naturalmente los intereses particulares tendrán que ser diferentes”. El docente indagará sobre los intereses particulares de cada uno de sus estudiantes y este será el punto de partida para determinar sus habilidades y las adaptaciones que se tendrán que incorporar al

currículo y a los centros de interés para hacer del proceso de enseñanza aprendizaje una experiencia feliz y placentera (Armstrong, 2006).

7.4 La inteligencia visual-espacial

Esta inteligencia se desarrolla en el hemisferio derecho del cerebro e implica sensibilidad al color, la línea, la forma, el espacio y la relación que existe entre estos elementos. Involucra capacidades como visualizar, representar gráficamente las ideas visuales o espaciales, orientarse adecuadamente, la imaginación, la búsqueda de formas en el espacio, el reconocer las relaciones de objetos en el espacio, etc. El proceso de visión es algo para nosotros natural y en general es un proceso inconsciente. Sin embargo, aquello que damos por dado tiene una enorme complejidad. La visión esta ligada a un tipo de inteligencia que permite entender un mundo moderno saturado de imágenes que bombardean la visión en cada instante. La fisiología y la psicología de la visión han explicado muchos secretos sobre la percepción a médicos, neurobiólogos y psicólogos, pero como en otros temas aún hay misterios y secretos por develar. Los secretos de la inteligencia visual sugieren que la ciencia se parece más a una isla donde entre más exploremos esta se hará más grande. Las costas de la incertidumbre y la duda crecerán en igual medida. La inteligencia visual-espacial permite desarrollar la habilidad de pensar y formar un modelo mental del mundo en tres dimensiones. Permite percibir la realidad, hacer reproducciones mentales, reconocer objetos en diferentes circunstancias, anticipar consecuencias, comparar objetos y relacionar colores, líneas, formas, figuras y espacios. La inteligencia visual-espacial tiene un alto desarrollo en los arquitectos, los pintores, los escultores, los decoradores y los ingenieros. Existen ciertas actividades que forman y hacen crecer la inteligencia visual-espacial en los niños y jóvenes como son: el juego con cartillas para colorear, armar rompecabezas, interpretar mapas, armar figuras con fichas, buscar salidas en laberintos, interpretar collages, elaborar maquetas, construir posters etc. (Hoffman, 2006).

La inteligencia visual-espacial se desarrolla de los cinco a los diez años de edad. Para ejercitarla se necesitan ejercicios físicos y juegos operatorios de ordenación y clasificación de imágenes. Las estrategias para fortalecer la inteligencia visual-espacial en las ciencias naturales se fundamentan en trabajar con imágenes que tengan relación con los temas abordados en la clase. Se emplean procesos de visualización,

ordenamiento de imágenes ya sean de animales o plantas o de cualquier ser vivo o inanimado, la clasificación y elaboración de dibujos, la presentación de diapositivas, las animaciones etc.

El ejercicio del desarrollo de la inteligencia visual-espacial puede ir acompañado también con el desarrollo de la inteligencia naturista por medio de procesos de ubicación espacial en un ambiente natural, la interpretación de mapas, el dibujo de paisajes, la observación de plantas y animales, las visitas a museos de historia natural, en fin soñar despierto (Catienna et al.).

7.5 Integrando las inteligencias múltiples y la inteligencia visual-espacial al aprendizaje en el aula de ciencias naturales

Los programas de enseñanza sólo se basan en las inteligencias lingüística y lógico-matemática, dando mínima importancia a las demás inteligencias. El desarrollo de las inteligencias múltiples es básico para el logro de habilidades del pensamiento y estas son un requisito fundamental para alcanzar una educación de calidad para la vida. Puesto que para solucionar problemas de la vida es indispensable el manejo de las habilidades del pensamiento. La escuela debe tener en cuenta que se han de dar cambios a nivel institucional en directivas y docentes en la forma en que se desarrollan los procesos de enseñanza-aprendizaje. Todo docente debe partir de las siguientes premisas: no todos sus estudiantes tienen los mismos intereses y capacidades, no todos aprenden de la misma manera y nadie aprende todo lo que supuestamente debe aprender (Guerrero, 2009)..Existen formas variadas de incorporar la teoría de las inteligencias múltiples en el currículo, y por ende en el aula de clase. No existen métodos preestablecidos y el docente que tenga los conocimientos teóricos generales de las inteligencias múltiples puede implementarlos sin ninguna dificultad siguiendo algunos parámetros básicos como son: establecer los centros de interés y aprendizaje y buscar o crear los recursos logísticos y materiales para promover los distintos tipos de inteligencia. La cuidadosa planeación y planificación de toda actividad será esencial para asegurar la calidad de los procesos y le brindaran al docente valiosas experiencias que con el tiempo seguramente darán excelentes resultados en la motivación y el aprendizaje de sus educandos. Los aprendizajes basados en proyectos pueden integrarse con gran facilidad al trabajo con inteligencias múltiples. También el aprendizaje colaborativo se integra y nutre con el proceso de trabajo por inteligencias múltiples, ya que permite a los

estudiantes explorar su inteligencia personal e interpersonal, mientras aprenden a la par con sus iguales. Sumando a todo lo anterior con el aprendizaje por proyectos se podrán promover y desarrollar de igual forma las nueve inteligencias (Catienna et al.). Es fundamental que el docente planifique y diseñe las actividades con el tiempo necesario y tenga cuidado en la selección de los elementos que va emplear en un determinado tema. También se requiere que dichos temas formen parte del currículo escolar, por que el objetivo es que el trabajo con inteligencias múltiples apoye el proceso de enseñanza-aprendizaje y no vaya en detrimento de lo que la institución o el docente quieren enseñar.

El trabajo con inteligencias múltiples se puede abordar bajo dos perspectivas: la primera en la cual el docente prepara los recursos, materiales y planea las actividades a desarrollar, la segunda que busca que el estudiante desarrolle autocontrol, responsabilidad y que construya e interprete materiales que demuestren la comprensión del tema trabajado. El enfoque fundamentado en el estudiante busca que este emplee las diferentes formas de inteligencia, debido a que en una clase dirigida por el docente la cantidad de inteligencias trabajadas no es generalmente mayor a dos o quizá máximo tres, por que el uso de la palabra es casi obligatorio (Catienna et al.). El incorporar el desarrollo de las inteligencias múltiples en el aula de clase busca optimizar los procesos de enseñanza aprendizaje, mejorando la educación mediante la evaluación de los perfiles de inteligencia de los educandos y el diseño de actividades que promuevan el crecimiento de las destrezas puntuales. La teoría de las inteligencias múltiples no fue diseñada originalmente para ser aplicada en el aula. Sin embargo, la amplia aceptación por parte de los docentes de las instituciones educativas públicas y privadas, que entendieron sus bondades y las numerosas aplicaciones en pro del bienestar de sus propios estudiantes, permitió reconocer sus fortalezas y debilidades y hacer del aula de clase un lugar de descubrimiento.

Muchos países del mundo ven la teoría de las inteligencias múltiples como una posible innovación en el complejo arte de la pedagogía. Gardner planteó su trabajo de tal forma que se pudiera articular en la enseñanza mejorando la capacidad del estudiante en cualquier inteligencia. Los docentes se animaron y dieron comienzo al proceso de planificación de las lecciones con el único fin de satisfacer las necesidades de la gran variedad de inteligencias que poseían sus estudiantes. Con este cambio en la forma de ver la pedagogía y el aprendizaje surge en los nuevos maestros la posibilidad de

atender las necesidades de enseñanza de cada educando de manera personalizada y no con la concepción global tradicional que supone que la inteligencia es algo permanente y cuantificable. La teoría de las inteligencias múltiples proporciona los insumos que un educador puede emplear para trabajar en cualquier área del conocimiento (“Inteligencias múltiples”).

7.6 Cómo planificar una clase basándose en el desarrollo de inteligencias múltiples

El siguiente es un modelo que puede emplearse para diseñar una clase de ciencias naturales basándonos en el desarrollo de inteligencias múltiples.

1. Determinar los objetivos o temas que se buscan desarrollar o potenciar.
2. Plantear preguntas que se quieran resolver con el uso de inteligencias múltiples.
3. Elaborar una lista de los enfoques didácticos aplicables para el desarrollo de cada una de las inteligencias que se pretende trabajar.
4. Seleccionar actividades apropiadas y prácticas dependiendo de las circunstancias pedagógicas que se van a afrontar.
5. Diseñar un capítulo o unidad que gire entorno al tema o temas seleccionados.
6. Reunir los materiales o recursos necesarios con anterioridad y poner en marcha la actividad como fue planeada.
7. Evaluar la actividad teniendo en cuenta los objetivos que se pretendían alcanzar (Ordóñez, 2008).

7.7 Por que el empleo de la metodología basada en inteligencias múltiples

El empleo de la metodología basada en inteligencias múltiples otorga numerosos beneficios a la sociedad, la institución, el docente y por supuesto al estudiante.

La sociedad mejora las habilidades y competencias de sus ciudadanos, bajan los índices de desempleo y mejora la idoneidad de sus profesionales.

La institución puede mejorar sus resultados en las pruebas externas, disminuye la deserción, disminuye la reprobación, cambia su imagen frente a la comunidad y los entes de control, sube los estándares de calidad en sus procesos de enseñanza.

El docente logra su realización al evidenciar un cambio en la forma de pensar, actuar y aprender de sus estudiantes, mejora su motivación y ambiente laboral, muestra sus resultados con orgullo a padres y otros miembros de la comunidad educativa, mejora

su autoestima y como mejoran los resultados en las pruebas externas de la institución deberían mejorar sus ingresos económicos y por ende su calidad de vida.

El estudiante descubre que existen diversas formas de ser más inteligente, mejora sus resultados académicos, eleva su autoestima, aprende más y mejor, desarrolla competencias para el estudio y para la vida, resuelve con habilidad problemas de la vida diaria (“Inteligencias múltiples”).

8. Propuesta didáctica, basada en procesos y técnicas de desarrollo de la inteligencia visual

8.1 Introducción

El desarrollo de la inteligencia tiene múltiples facetas. Por este motivo las actividades didácticas que se planeen en la escuela deben tener como finalidad potenciar la apropiación del conocimiento y su afianzamiento, buscando fortalecer en los niños el deseo de aprender a partir de sus fortalezas. Así mismo, en el diseño de una o unas actividades de apoyo o afianzamiento se debe tener en cuenta el aprendizaje colaborativo partiendo de la premisa “nadie aprende sólo, todos aprendemos juntos” con esta idea debemos buscar que en los procesos de enseñanza aprendizaje, cada uno de los estudiantes, se involucre cooperativamente desempeñando un rol, esto para que el grupo se nutra con las ideas de todos sus integrantes. Otro ingrediente importante en el desarrollo de las inteligencias múltiples es el trabajo por proyectos teniendo como base un o una serie de proyectos en los que se trabaja conjuntamente en la búsqueda de objetivos comunes que le den cimiento al aprendizaje para que este tenga significado y relevancia en el “qué hacer” y en la vida cotidiana del estudiante.

8.2 Trabajo de aula

Para motivar e invitar a los niños al trabajo cooperativo por proyectos se presenta inicialmente los siguientes videos:

<http://www.youtube.com/watch?v=0VuabmeLa4I> “El ciclo del agua”

<http://www.youtube.com/watch?v=gIE0ijMQle0&feature=related> “Un mundo sin agua”

A continuación y luego de discutir y comentar los videos se propone a los niños realizar un proyecto de investigación relacionado con el tema de los videos. Inicialmente se establecen con ellos acuerdos respecto a la conformación y el nombre de cada uno de los grupos (de cinco estudiantes) y a las responsabilidades de sus integrantes, teniendo

en cuenta, entre otros aspectos, la manera de documentar el proceso (en una libreta de notas) y de presentar y evaluar sus resultados.

Así mismo, el maestro explica sus responsabilidades en la consecución del material necesario para los talleres: libros de texto, cartillas, guías para la realización de talleres y las maneras de acceder a diferentes páginas de internet relacionadas con el tema de trabajo (cuyos archivos previamente ubica en una carpeta específica en cada uno de los computadores de la sala de sistemas). El maestro explica a los niños que las guías de los talleres que se les entregaron pueden ser, ampliadas o seguidas de acuerdo a criterios nuevos y a las propuestas o consensos a que llegue el grupo.

Para dar inicio al proyecto el maestro presenta a los estudiantes un cuestionario con preguntas relacionadas con el tema, las cuales recomienda discutir en cada grupo y acordar y registrar la respuesta en la libreta de notas.

1. ¿De dónde toman las plantas el agua que necesitan?
2. La patilla es una fruta que tiene una gran cantidad de agua, ¿cómo llega esa agua hasta la fruta?
3. ¿Para qué necesitan las plantas el agua?
4. ¿Qué es un desierto?, ¿Porqué en los desiertos no hay plantas?
5. ¿Por qué los agricultores riegan las plantas?

Así mismo propone que cada grupo plantee tres preguntas sobre el tema, las cuales ellos quisieran estudiar y responder durante la realización del proyecto.

8.3 Talleres

En los talleres se plantean algunas estrategias que tienen como finalidad desarrollar la inteligencia visual-espacial y promocionar el trabajo cooperativo y por proyectos de los estudiantes del grado octavo del colegio Alexander Fleming. Su finalidad es apoyar a los niños para que comprendan los procesos básicos involucrados en la absorción de agua y minerales en las plantas.

Las propuestas que se presentan a continuación sirven como orientación general para el maestro, quien adaptará su contenido para entregarlo a los estudiantes, que a su vez, podrán variar, mejorar o utilizar otros elementos diferentes a los mencionados, teniendo en cuenta el conjunto de materiales bibliográficos y visuales que se pone a su disposición.

8.3.1 Taller 1: la absorción de agua en el sistema radicular de las plantas

Se invita a los estudiantes a observar el video introductorio: “La vida secreta de las plantas” siguiente enlace: <http://youtu.be/V3XH0sxOMUw>

Habilidades a desarrollar

- Observación
- Descripción
- Análisis

Objetivos:

- . **Identificar** los procesos de absorción de agua en el sistema radicular de las plantas.
- . **Conocer** los diferentes tipos de tejidos de la raíz.
- . **Reconocer** la importancia del agua en el desarrollo de las plantas.

Materiales o recursos

- . 1ra parte de la Animación (detalles de la raíz).
- . Libreta de apuntes
- . Colores y lápiz
- . Octavos de cartulina blanca
- . Vasos de plástico con orificios en su base.
- . Semillas de rábano.
- . Goteros, algodón.

Tiempo aproximado

6 horas de clase repartidas a lo largo de tres semanas.

Destinado a: estudiantes de octavo grado

Conceptos importantes

El órgano de la planta encargado de la absorción de agua es la raíz. El proceso de absorción de agua por el sistema radical de las plantas puede darse por tres rutas diferentes. En las dos primeras el agua ingresa de una célula a la otra vía simplasto o por la ruta apoplástica es decir recorriendo los espacios entre las paredes celulares. En el camino hacia el interior de las células de la raíz el agua se encuentra con la banda de caspary que bloquea su camino hacia la endodermis ya que es impermeable. La tercera ruta se da debido a la presencia de acuaporinas, proteínas facilitadoras del transporte de agua que se encuentran en las membranas celulares.

Actividades

- Previamente cada grupo prepara dos vasos con suelo a los que les abren orificios en la parte inferior para facilitar el drenaje del agua. A continuación pondrán a germinar (5) semillas de rábano añadiendo agua suficiente y evitando que ella se pierda por evaporación hasta que emerjan las plántulas y sean visibles las primeras dos hojas verdaderas. A partir de esta fecha se tratará de mantener las plantas en condiciones adecuadas de luz. Ya establecidas las plántulas y marcados los vasos se realizan los siguientes tratamientos:

Tratamiento 1. Riego periódico del suelo con agua

Tratamiento 2. Humectación periódica de las hojas únicamente (copo de algodón).

- Semanalmente el grupo toma nota, en la libreta o en la bitácora, sobre los cambios observados en las plantas.
- Al cabo de las tres semanas cada grupo planteará una hipótesis de lo ocurrido a las plantas.

¿Cómo creen que las plantas toman el agua del suelo? Se les invita a discutir y escribir la respuesta en la libreta de apuntes o bitácora.

Con el fin de confrontar los resultados experimentales con los conceptos teóricos, se recomienda a los estudiantes observar una animación sobre la absorción de agua por la raíz, que se encuentra en la carpeta previamente señalada; y discutir entre ellos y acordar lo que ocurre, escribiendo la conclusión a la que llegan en sus libretas de

apuntes o bitácoras. Así mismo, se les propone que cada grupo construya un esquema o mapa mental muy general con base en la animación.

Se les pide escribir, en la libreta de apuntes o bitácora, los términos usados en la animación que ellos desconocen buscando en el material de apoyo el significado de estos términos y elaborando esquemas que representen el movimiento del agua desde el suelo hasta la raíz o el tallo.

Mostrando los resultados

- a. Cada grupo, de acuerdo con los demás compañeros, expondrá sus conclusiones sobre el mecanismo de absorción de agua por la raíz en las plantas.
- b. Los grupos concertarán, con el docente, las soluciones a las preguntas trazadas, o dejarán planteadas sus diferencias.
- c. Cada grupo analizará y explicará a los demás compañeros si aceptó o rechazó la hipótesis planteada.

8.3.2 Taller 2: el ascenso del agua por el xilema

Habilidades a desarrollar

- Observación
- Construcción
- Análisis

Objetivos:

- . **Determinar** el proceso por medio del cual asciende el agua por el xilema.
- . **Identificar** cómo la estructura del xilema optimiza el ascenso del agua desde la raíz hasta las hojas.

Materiales o recursos

- . 2da parte de la Animación (detalles del xilema).
- . Libreta de apuntes
- . Colores y lápiz
- . Marcadores
- . Un pliego de cartulina
- . Regla o escuadra
- . Tijeras
- . Dos octavos de cartón cartulina
- . Cronómetro

- . Azul de metileno
- . Rojo de metilo
- . Claveles blancos frescos
- . Bisturí
- . Vasos de precipitado
- . Agua

Tiempo

2 horas durante una semana

Destinado a: estudiantes de octavo grado

INTRODUCCIÓN

El proceso de conducción de agua y nutrientes minerales se da en el xilema de los tallos. El xilema está formado por células especializadas llamadas los elementos del vaso y las traqueidas. El agua ingresa desde la endodermis de la raíz al xilema, que se comporta como un tubo continuo que ofrece poca resistencia, debido a que las células conductoras no tienen citoplasma. Para que ocurra el transporte del agua es necesaria la transpiración en las hojas ya que ella permite crear una tensión o fuerza en la columna de agua, lo que sumado a las fuerzas de cohesión de las moléculas de agua, y de su adhesión a las paredes celulares dirige el ascenso del líquido por el xilema del tallo desde la raíz hasta las hojas.

Actividades

Se invita a los grupos a visualizar procesos

1. Observar el video “Flores de colores” en el siguiente enlace <http://youtu.be/85xC9qt6RHc>

2. Invitar a los estudiantes a colorear sus flores a partir de técnicas que se usan comercialmente.

Tomar tres claveles con su tallo y depositarlos en un vaso de precipitados con 50ml de agua, donde previamente se disolvieron de 5 a 10 gotas de azul de metileno (como en un florero).

3. En otro vaso de precipitados con 50ml de agua agregar de 5 a 10 gotas de rojo de metilo y depositar como en el caso anterior tres claveles.

4. Dejar los claveles por un espacio de 48 horas.

A las, veinticuatro y cuarenta y ocho horas después del montaje sacar en cada caso uno de los claves de cada tratamiento para observar lo que pasó.

5. Realizar cortes transversales y longitudinales de los tallos y determinarsi ascendió o no el colorante y a qué altura llegó.

Igualmente, explicar que es posible hacer un corte longitudinal al tallo de más o menos 20cm y colocar cada mitad del mismo en contacto con un colorante diferente.

Los resultados

Se propone a los estudiantes discutir en su grupo y responder en su libreta de notas las siguientes preguntas

¿Qué colorantes utilizaron ustedes? ¿Cuál era la finalidad de este taller?

¿Ascendieron los colorantes? ¿Por qué?

¿Cambiaron de color los claveles? ¿Por qué?

Se invita a los grupos a observar una animación

a. Observar la animación “El ascenso del agua por el xilema”.

b. Describir en la libreta de notas el camino que sigue el agua por el xilema.

c. Elaborar un dibujo sobre el transporte de agua por el xilema, que puedan transformar en un rompecabezas.

f. Sugerir buscar el significado de los términos desconocidos y escribirlos en la libreta de apuntes o bitácora.

Discuta lo observado con sus compañeros

Proponer que discutan con los compañeros de los demás grupos la veracidad o no de las respuestas planteadas a las diferentes preguntas.

Mostrando los resultados

a. Realizar en grupo una exposición sobre el tema (transporte de agua por el xilema), para ello pueden construir carteleras. Hacer el trabajo de común acuerdo con los demás compañeros.

b. Concertar las soluciones a las preguntas planteadas con los compañeros de los demás grupos y el docente.

c. Cada grupo debe plantear una conclusión sobre el tema tratado en la animación.

8.3.3 Taller 3: la transpiración

Habilidades a desarrollar

-Observación

-Descripción

- Análisis

Objetivos:

. **Conocer** la función de los estomas.

. **Determinar** la importancia de la transpiración en el transporte de agua desde la raíz hasta las hojas.

Materiales o recursos

. 3da parte de laAnimación (detalles de los estomas y transpiración).

.Libreta de apuntes o bitácora

. Colores y lápiz

. Cinta transparente

. Un pliego de cartulina

. Escarcha de varios colores

. Vasos de plástico con tierra

. Semillas de rábano

. Plástico transparente

Tiempo

2 horas

Destinado a: estudiantes de octavo grado

Introducción

Los estomas son espacios microscópicos que se presentan en la epidermis de los tallos y las hojas de las plantas. Están delimitados por dos células de guarda u oclusivas que dependiendo de su turgencia permiten que el estoma se abra o cierre. Los estomas en la mayoría de las plantas, se abren de día y se cierran de noche, sin embargo, dependiendo de las adaptaciones, se pueden cerrar a medio día de acuerdo con la temperatura, la concentración de dióxido de carbono en el interior de la hoja y de la disponibilidad de agua en el suelo y en la atmósfera. La transpiración se efectúa cuando se abren los estomas y el agua se evapora. En este proceso la temperatura de la hoja disminuye y se crea una tensión en la columna de agua que se extiende desde la raíz hasta las hojas; de esta forma el agua puede elevarse a alturas de más de cien metros en especies de arboles como los eucaliptos y secuoyas.

Actividades

Para visualizar

a. Observar las siguientes fotografías en la web

Bosques; enlace

<https://picasaweb.google.com/116922509337966142305/PaisajesYLugares#5407668496309535970>

Desiertos;

enlace <https://picasaweb.google.com/lh/view?q=desiertos&uname=turismo.smandes&psc=G&cuname=turismo.smandes&filter=1#5555800272948343362>

b. A cada grupo, de acuerdo con las fotografías, se le propone discutir y acordar una respuesta de las siguientes preguntas:

¿Creen ustedes que la disponibilidad de agua está relacionada con el tipo de plantas que se encuentra en cada uno de los sitios?

¿En los desiertos no crecen plantas por qué no hay nutrientes?

¿El agua, en forma de vapor, que encontramos en la atmósfera es posible que hace poco tiempo se encontrara en el interior de las hojas de una planta? Expliquen.

Para visualizar procesos

Un ejemplo que permite evidenciar la transpiración

a. En un vaso con suelo al cual se le hacen agujeros pequeños en su base sembrar de tres a cinco semillas de rábano.

b. Esperar hasta que las plantas tengan 2 hojas verdaderas. Regar y cubrir la planta con plástico transparente y sellar la cubierta con una banda de caucho (ver figura). Observar ocho y quince días después.



Figura 2: Montaje para observar la transpiración en una planta

c. Preguntas: ¿Qué sucede con la película de plástico después de cierto tiempo? ¿De dónde se originan las pequeñas gotas de agua? ¿Por qué transpiran las plantas?

¿Cuáles son las estructuras de la planta encargadas de la transpiración? ¿Qué papel juegan las plantas en la regulación del ciclo del agua?

Observando una animación

- a. Observar la animación recomendada para conocer la transpiración en las plantas.
- b. Una vez visualizada la animación sobre la transpiración describir el camino que sigue el agua desde la hoja hacia la atmósfera en las libretas de apuntes o bitácoras.
- c. Escribir los términos desconocidos en la libreta de apuntes o bitácora.

Discutir lo observado con sus compañeros de grupo

- a. Buscar en el material de apoyo el significado de los términos desconocidos que aparecieron en la presentación.
- b. Discutir con los compañeros de los demás grupos la veracidad o no de las respuestas planteadas a las diferentes preguntas.

Mostrando los resultados

- a. Desarrollar en el grupo y de común acuerdo una forma de presentar los resultados (Los medios para comunicar el mensaje pueden ser: exposición, cartelera, obra teatral, coplas, periódico mural etc.).
- b. Concertar las soluciones a las preguntas planteadas con los compañeros de los demás grupos y el docente.
- c. En grupo plantear una conclusión sobre el tema tratado en la animación.
- d. Realizar procesos finales de autoevaluación y heteroevaluación del proyecto.

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

Durante el desarrollo del trabajo la formulación del texto sobre, la absorción de agua y nutrientes en plantas vasculares, mostró que la investigación sobre fisiología vegetal presenta grandes avances que cambian antiguas concepciones y conceptos que los docentes aprendimos hace algunos años. También evidenció la necesidad de actualizar los textos de fisiología vegetal en la biblioteca de la Universidad Nacional de Colombia ya que en la gran mayoría de los casos están desactualizados.

El estudio de los aspectos histórico-epistemológicos de la absorción de agua y nutrientes en plantas superiores permitió establecer su importancia. Por tanto, se deben tener en cuenta, en procesos de enseñanza aprendizaje, integrándolos a cada una de las temáticas que se abordan. Estos temas permiten explicar a los estudiantes que los conceptos en ciencias naturales no son inmutables, se modifican en el tiempo; y que la ciencia se nutre de los aportes, erróneos o no, de muchos científicos, que en su tiempo se esforzaron por develar los misterios de las plantas. Así mismo, sirven para explicar que la ciencia no se estanca, por el contrario cambia con el tiempo y nuevos descubrimientos pueden reforzar o descartar conceptos que se creían verdades absolutas.

En cuanto a la integración de las inteligencias múltiples al aula de clase, existen referentes bibliográficos que abordan el tema desde diferentes enfoques. Las conclusiones y recomendaciones sobre la implementación de las inteligencias múltiples en un aula de clase son variadas, y pueden ser útiles en el momento de cambiar las estrategias de enseñanza tradicional por formas de trabajo escolar más pertinentes, integrales y amenas para niños(as) y jóvenes.

La propuesta didáctica basada en el desarrollo de la inteligencia visual-espacial, junto al trabajo cooperativo y por proyectos deberá ser evaluada para establecer si ella permite mejorar o no la calidad del aprendizaje.

9.2 Recomendaciones

Llevar al aula de clase en corto o mediano plazo, en el colegio Alexander Fleming, la metodología basada en las inteligencias múltiples y trabajar los temas de botánica empleando la inteligencia visual-espacial.

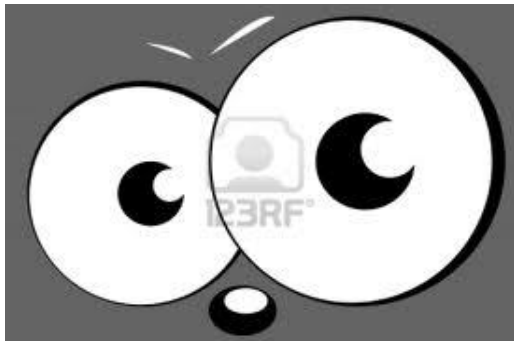
Aplicar las actividades de la propuesta didáctica para determinar su pertinencia en los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales.

Diseñar una introducción de la temática que se va a trabajar en el aula, teniendo en cuenta, aspectos histórico-epistemológicos. Por ejemplo, elaborar una presentación en powerpoint en la que se muestre la evolución de los conceptos científicos y las dificultades que afrontaron los investigadores en su tiempo.

Promover en el colegio una reflexión sobre el trabajo socializándolo e invitando a los compañeros a implementar y evaluar, en todas las asignaturas, la enseñanza por medio del desarrollo de inteligencias múltiples empleando particularmente la inteligencia visual-espacial.

A. Anexo: Cartilla visual

Cartilla visual



Las plantas una maravilla de la naturaleza



Las plantas absorben agua y minerales que están en disolución en el suelo por medio de su sistema de raíces

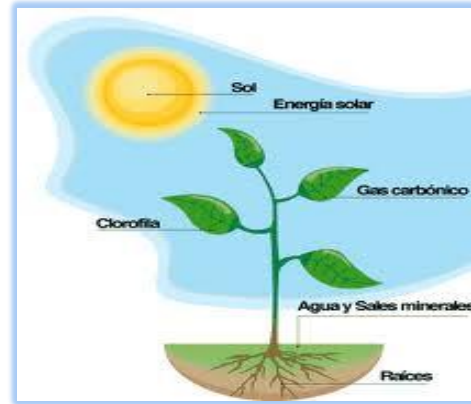


Figura: 3

La raíz es un órgano especializado para absorber del suelo agua junto con sales minerales disueltas. Para ello tiene diversas prolongaciones y puede asociarse con algunos hongos para formar las micorrizas que mejoran el proceso de absorción.



Figura: 4

La raíz es el órgano encargado de la absorción de agua y minerales que están en disolución en el suelo.

Estructura de la raíz

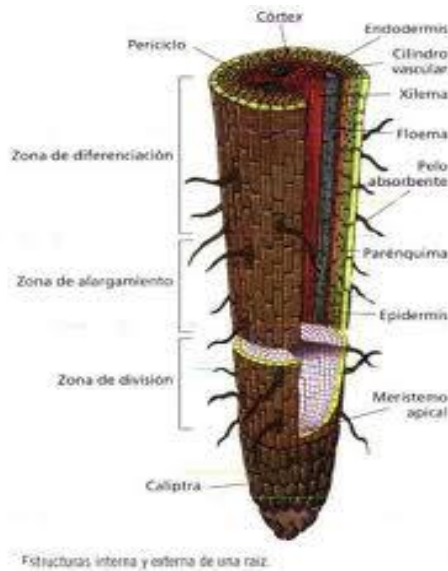


Figura: 5

La raíz es un órgano complejo constituido por la epidermis, la endodermis, una zona de crecimiento o caliptra, haces vasculares como el xilema y el floema.

El xilema

El xilema es una estructura constituida por células, en su mayoría muertas, que permite el ascenso de agua y minerales hacia las hojas.

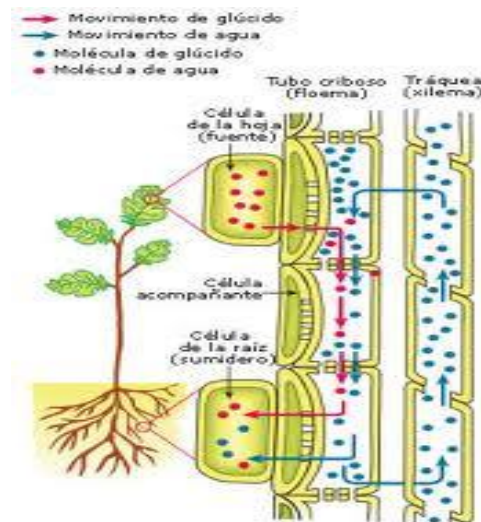


Figura: 6

Estructura del xilema

El xilema está constituido por células conductoras: elementos del vaso y las traqueidas. También posee células no conductoras como las del parénquima y las fibras.

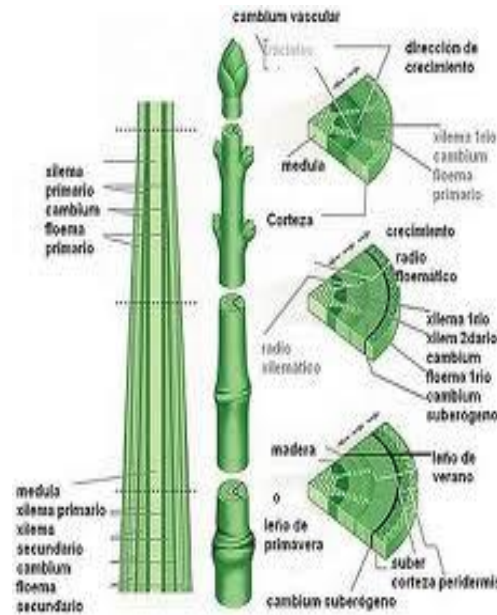


Figura: 7

Conducción de agua y minerales en el xilema

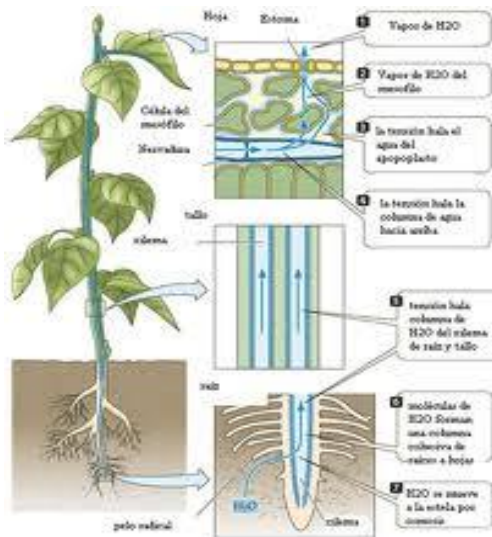


Figura: 8

El agua y los minerales disueltos ascienden por el xilema a través de los elementos del vaso y las traqueidas formando una columna continua.

La transpiración



La transpiración es el proceso por medio del cual las plantas eliminan vapor de agua por medio de los estomas ubicados en las partes aéreas (tallos y hojas)



Figura: 9

Estructura de la hoja

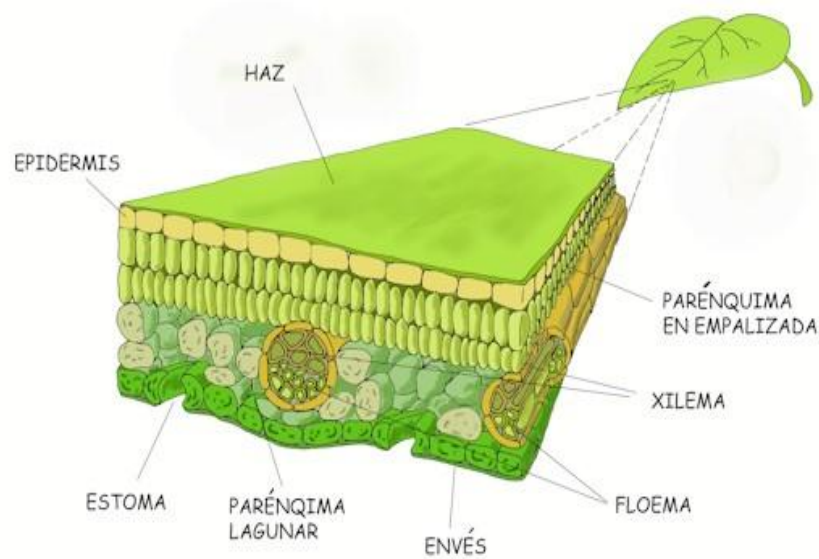


Figura: 10

La hoja está constituida por una cutícula externa que tiene como función evitar la deshidratación, una epidermis, un parénquima en empalizada en el que lleva a cabo la fotosíntesis, un parénquima esponjoso y haces vasculares.

¿Qué son, cuál es su función y dónde están los estomas?

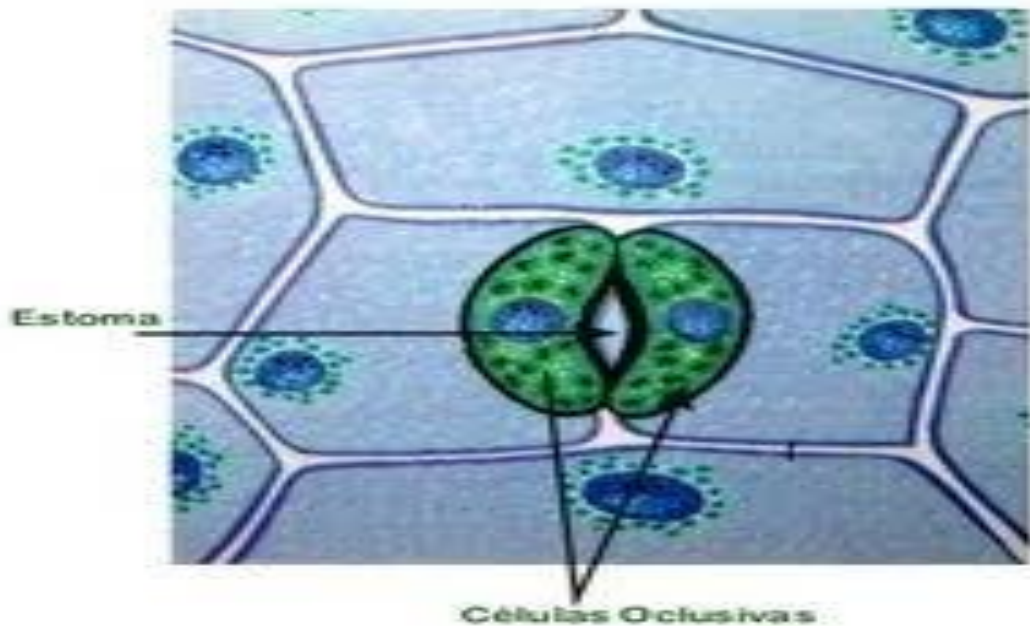


Figura: 11

Los estomas son poros microscópicos que se abren o cierran por la acción de dos células de guarda también llamadas oclusivas. Su función es permitir el ingreso de dióxido de carbono a la hoja, pero a la vez, salen el vapor de agua y el oxígeno. Los estomas están ubicados en las partes aéreas de las plantas: hojas y tallos.

La transpiración



Figura: 12

El proceso de transpiración permite bajar la temperatura de la lámina foliar y además hala la columna de agua que se extiende desde la raíz pasando por el xilema hasta las hojas, es decir permite el ascenso del agua.

Las plantas pierden gran cantidad de agua por transpiración



Figura: 13

La transpiración permite a las plantas subir el agua con los minerales disueltos desde la raíz hasta las hojas, donde es utilizada en diversos procesos fisiológicos, también permite bajar la temperatura de las láminas foliares. Sin embargo, para las plantas esto significa una enorme pérdida de agua que no tiene mayor relevancia si ella está suficientemente disponible en el suelo.

La transpiración regula el ciclo hídrico



Figura: 14

La transpiración de las plantas permite que el agua del suelo, que puede perderse por escorrentía o infiltrarse a capas profundas, este disponible en la atmósfera para generar nuevas lluvias al aumentar la humedad relativa y la formación de nubes.

Actividad



Preguntas

1. ¿Cómo absorben las plantas el agua y los nutrientes del suelo?
2. ¿Qué es el xilema y cuál es su función?
3. ¿Dónde se realiza la transpiración en las plantas?
4. ¿Qué es la transpiración?
5. ¿Por qué es importante la transpiración de las plantas en la regulación del ciclo hídrico?



Reconocimiento a los autores de las figuras

Figura 2. Tomada de: USGS (13-08-11)

Figura 3. Tomada de: DamyBioBlog (20-08-11)

Figura 4. Tomada de: Novedades de Charly (20-08-11)

Figura 5. Tomada de: J.A. Regodón (20-08-11)

Figura 6. Tomada de: Universidad Politécnica de Valencia

Figura 7. Tomada de: natureduca.com (20-08-11)

Figura 8. Tomada de: Sergiocabellobio (21-08-11)

Figura 9. Tomada de: MetEd (21-08-11)

Figura 10. Tomada de: Educarchile.com (22-08-11)

Figura 11. Tomada de: DaTuopinion.com (02-09-11)

Figura 12. Tomada de: biogeodemagallanes (02-09-11)

Figura 13. Tomada de: jardinería.pro (16-09-11)

Figura 14. Tomada de: actualidadfoto.com (16-09-11)

B. Anexo: CD Animación

La nutrición en las plantas. IANR. Comunicaciones y tecnologías de la información, 2006.

Tomada de:

[http://ies.alpajes.aranjuez.educa.madrid.org//argos/actividades/1BACH/transporte
agua.htm](http://ies.alpajes.aranjuez.educa.madrid.org//argos/actividades/1BACH/transporte
agua.htm)

(17-10-11)

Bibliografía

[1] Anatomía y microscopía. Consultado en:

<http://prometheuswiki.publish.csiro.au/tiki-index.php?page=Anatomy+and+Microscopy>

(2-09-11)

[2] ANTUNES, Celso. Como desarrollar contenidos empleando inteligencias múltiples.

Madrid: Ed San Benito, 2003.pp.10-12

[3] ARMSTRONG, Thomas. Las inteligencias múltiples en el aula. Barcelona: Ed Paidós,

2006. 279p

[4] AUDESIRK, Teresa y AUDESIRK, Gerald. Biología general. México, D. F: Pearson

Educación, 1998. pp. 28, 502-506

[5] AZCÓN-BIETO, Joaquín y TALON, Manuel. Fundamentos de fisiología vegetal.

Madrid: Ed Mac Graw-Hill, 2003. 522p

[6] Barrameda. La fisiología de las plantas. Consultado en:

<http://www.barrameda.com.ar/botanica/la-fisiologia-de-las-plantas.htm>

(11-08-11)

[7] Biografía de Marcello Malpighi. Consultado en:

<http://www.nndb.com/people/033/000095745/>

(20-09-11)

[8] Biologyreference. History of plant physiology. Consultado en:

<http://www.biologyreference.com/Gr-Hi/History-of-Plant-Physiology.html>

(21-08-11)

[9] BONNER, James y GALSTON, Arthur. Principios de fisiología vegetal. Madrid: Ed. Aguilar, 1981. pp. 123-126, 157-159

[10] Canalsocial. Fisiología vegetal. Consultado en:
http://www.canalsocial.net/ger/ficha_GER.asp?id=4046&cat=biologia
(25-08-11)

[11] CATIENZA, Lorraine, LEAH, Mary, KOTO, Ancherin y SHOOK, Ryan. Visual-spatialintelligence. Consultado en:
<http://www.authorstream.com/Presentation/Lorraine3488-167485-visual-spatial-intelligence-multiple-intelligences-education-ppt-powerpoint/> (22-09-11)

[12] COGUA, Jorge Enrique. Curso virtual de fisiología vegetal. 2002. Bogotá, D. C.: Universidad Nacional de Colombia. Consultado en:
http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000051/lecciones/cap01/06_08.htm
(15-09-2011)

[13] Criba. Fisiología vegetal. Consultado en:
<http://www.criba.edu.ar/agronomia/carreras/ia/archivos/Materias/563/Apuntes/TeoriasDrCuvetto.pdf>
(20-09-11)

[14] CURTIS, Helena y BARNES, Sue. Biología. Madrid: Ed. Panamericana, 2001. pp. 961-964

[15] Edafología. Agua en el suelo. Consultado en:
<http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Agua%20en%20el%20suelo.pdf>
(17-08-11)

[16] EHLERS, Wilfried and GOSS, Michael. Water dynamics in plant production. Wallingford: CABI Publishing, 2003. 288 p.

[17] El desarrollo del microscopio. Consultado en:

http://www2.uah.es/biologia_animal/Emilio/evolpenbiol/Tema6.htm

(4-09-11)

[18] Frago. El agua en el suelo. Consultado en:

<http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/AGUA%20EN%20EL%20SUELO.pdf>

(17-08-11)

[19] GARDNER, Howard y FELDMAN, Henry. Proyecto Spectrum. Madrid: Ediciones Morata, 1998. pp. 19-22

[20] GUERRERO, Francisco. Inteligencias Múltiples. Higüey Universidad Católica del Este. 2009. pp. 31-32-34

[21] HOFFMAN, Donald. La Inteligencia visual. Barcelona: Ed Paidós, 2006. pp. 19-22, 197-201

[22] ILSE, Jahn, ROLF, Lothar y KONRAD, Senglaub. Historia de la Biología. Madrid: Ed Labor, 1990. pp. 61, 73-74, 84-85, 99-100, 112-113

[23] "Inteligencias múltiples". Consultado en:

[http://projects.coe.uga.edu/epltt/index.php?title=Multiple Intelligences and Learning Styles](http://projects.coe.uga.edu/epltt/index.php?title=Multiple_Intelligences_and_Learning_Styles)
http://www.ehow.com/list_7629228_ideas-using-multiple-intelligences-classroom.html

(24-09-11)

[24] KRAMER, Paul y DUKE, James. Relaciones hídricas del suelo y plantas. México, D. F: Edutex, 1979. pp. 20-24, 68-71

[25] LUNA, Rosalba. Descubrimiento de la célula. Consultado en:

<http://www.slideshare.net/Lunaroy/descubrimiento-de-la-celula>

(7-09-11)

[26] MELGAREJO, Luz Marina. Experimentos en fisiología vegetal. Bogotá, D. C: Universidad Nacional de Colombia, 2010. pp. 66-68

[27] ORDÓÑEZ, María. Desarrollo de la Inteligencia. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja, 2008. pp. 18-19, 22-23

[28] RIALP. Gran enciclopedia. Evolución de la fisiología vegetal. Volumen 6. Madrid: Ediciones Rialp, 1991. 216p.

[29] SALISBURY, Frank y ROSS, Cleon. Fisiología vegetal. México: Editora Iberoamérica, 1994. 759 p.

[30] SANCHIS, Enrique. Historia de la botánica. Madrid: Ed Valencia, 1993. 121p

[31] SHERMAN, Irwin y SHERMAN, Vilia. Biología. México: McGraw Hill, 1998. pp. 93, 563-566

[32] SMITH, Robert y SMITH, Thomas. Ecología. Madrid: Addison Wesley, 2001. pp. 84-86, 90-94

[33] Universidad de Hamburgo. PlantPhysiology. Consultado en:

<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e01/01h.htm>

(25-08-11)

[34] Universidad Nacional del Nordeste. Nociones de fisiología vegetal. 2001. Consultado en: <http://www.biologia.edu.ar/plantas/floxilrevisado.htm>

(19-08-11)

[35] Universidad Politécnica de Valencia. El agua en las plantas. Nutrición y transporte de elementos minerales. Consultado en:

http://www.euita.upv.es/varios/biologia/temas/tema_12.htm

(16-07-11)

[36] WHITTEN, Kenneth; GAILEY, Kenneth y DAVIS, Raymond. Química general. México, D.F: Mc Graw-Hill, 1992. pp. 436-438

[37] ZEIGER, Eduardo, TAIZ. Lincoln. Fisiología vegetal. México: Universital Jaume, 2006. pp. 59-60, 80-85, 87-91, 95-101