

**ESTUDIO DE LA CIRCULACIÓN DEL AGUA COMO FENÓMENO COMPLEJO CON
ESTUDIANTES DE GRADO CUARTO EN EL COLEGIO LA COLINA**

KATHERINE LONDOÑO HERNÁNDEZ

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ D.C.**

2020

**ESTUDIO DE LA CIRCULACIÓN DEL AGUA COMO FENÓMENO COMPLEJO CON
ESTUDIANTES DE GRADO CUARTO EN EL COLEGIO LA COLINA**

KATHERINE LONDOÑO HERNÁNDEZ

**Trabajo de Grado como requisito para optar por el título como Especialista en
Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico**

Asesores
**STEINER VALENCIA VARGAS
INGRID VERA OSPINA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ D.C
2020**

*“Descubrir es la única manera activa de conocer. Correlativamente, hacer descubrir es
la única manera de enseñar”
G. Bachelard (En Jean, 1983. p.118)*

A mi familia, son mi luz y mi todo.

Al programa EDCNB y a mis asesores, infinitas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
CONTEXTO PROBLEMÁTICO	10
Circulación y Enseñanza de las Ciencias en el Nivel Básico	10
Política Pública, Circulación y Dinámicas del Agua Como Objeto en la Enseñanza de las Ciencias.	11
La Circulación y el Currículo de Ciencias Naturales en el Colegio La Colina	15
La Circulación Como Parte del Ejercicio Profesional de la Docente en Educación Básica	17
Delimitación de la Problemática	22
OBJETIVOS	24
Objetivo General	24
Objetivos Específicos	24
PROCEDER METODOLÓGICO	25
CONTEXTO DISCIPLINAR	27
La Dinámica del Agua en Los Ecosistemas	27
Propiedades del Agua que la Hacen Componente Escencial de Lo Vivo	28
Configuración del Agua Como Objeto de Estudio para la Comprensión de la Dinámica de lo Viviente	29
El Agua y su Relación con La Circulación en Las Plantas	33
Circulación en las Plantas: El Caso de las Bromelias	44
Bromelias en los Bosques Alto andinos	50
Circulación del Agua en Bromelias Tipo III	53
CONTEXTO PEDAGÓGICO	58
La Observación en Clave de Norwood Russel Hanson: Del “ver cómo” al “ver qué”	58
El Descubrimiento de la Complejidad, los Juguetes de Profundidad y la Infancia Según G. Bachelard	61
Los Problemas de Conocimiento	63
INTERVENCIÓN EN EL AULA	65
Condiciones institucionales	65
Caracterización de los actores	66
Descripción de la propuesta	67
Ruta de intervención en el aula “La Circulación del Agua en los Ecosistemas”	69
Fase I: Explorando el bosque.	69
Fase II: Estudiando el Agua en las Plantas.	71
Fase III: El Agua en las Bromelias y su Dinámica en el Bosque.	72
Tabla 1 Resumen de la fase I de la ruta de intervención.	73
Tabla 2 Resumen de la fase II de la ruta de intervención.	74
Tabla 3 Resumen de la fase III de la ruta de intervención.	75
SISTEMATIZACIÓN	76

Sentidos de la sistematización	76
Agrupaciones	77
De la Observación y la Experiencia en la Construcción de Significados	77
De la Artificialización, los Juguetes de Profundidad y el Asombro de la Inteligencia.	90
De la Complejización de las Relaciones y sus Diferentes Lenguajes	106
REFLEXIONES FINALES	116
BIBLIOGRAFÍA	122
ANEXOS	127
Anexo 1 Croquis del Mapa de Bogotá	127
Anexo 2. Croquis del Mapa de La Calera	128
Anexo 3. Croquis del Mapa del Colegio La Colina	129
Anexo 4. Guía para estudio de precipitación (Pluviómetro)	130
Anexo 5. Guía Sobre la Relación Entre el Agua y los Ecosistemas	132
Anexo 6. Tablero Para Ejercicio de Clasificación de Bromelias y No bromelias y Características Generales de la Familia Resumidas por los estudiantes.	137
Anexo 7. Guía Para la Descripción de la Transecta	138
Anexo 8. Tablero Digital Para Socializar Percepciones sobre Relaciones Agua-Bromelia	141
Anexo 9. Guía de Artificialización sobre Absorción y Transporte en las Plantas.	142
Anexo 10. Guía Sobre Plantas y Tejidos Vasculares	145
Anexo 11. Guía de Laboratorio de Disección del Tallo de Apio/Cebolla Larga y Hoja de Bromelia	150
Anexo 12. Poster Plantas Epífitas	157
Anexo 13. Poster Estructuras Adaptativas De Las Bromelias	158
Anexo 14. Poster Tipos de Bromelias	159
Anexo 15. Poster Relaciones Entre Bromelias Tipo III y Otros Organismos	160
Anexo 16. Formato Para Escrito ¿Cómo circula el agua en el bosque del Colegio La Colina?	161

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Resumen de la fase I de la ruta de intervención.</i>	73
<i>Tabla 2 Resumen de la fase II de la ruta de intervención.</i>	74
<i>Tabla 3 Resumen de la fase III de la ruta de intervención.</i>	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación de cortes de una raíz y de la endodermis. _____	36
Figura 2 Anatomía interna de dos tipos representativos de tallos de plantas. _____	37
Figura 3 Cambio en la organización de los tejidos conductores entre la raíz y el tallo. _____	39
Figura 4 Esquema de los dos tipos de células conductoras del xilema. _____	40
Figura 5 Funcionamiento básico de las células de guarda para regular el tamaño del estoma. _____	42
Figura 6 Sección tridimensional de una hoja típica. _____	43
Figura 7 Representación de características adaptativas presentes en la familia Bromeliaceae. _____	47
Figura 8 Tipos de bromelias según clasificación de Pittendrigh, (1948) _____	48
Figura 9 Representación de la cadena trófica detrítica de una bromelia tipo tanque hipotética. _____	52
Figura 10 Características comparativas entre el ápice y la base de las hojas de las bromelias tipo III (Según clasificación de Pittendrigh, 1948). _____	54
Figura 11 Cortes de hojas de <i>G. lingulata</i> usados para medir rasgos anatómicos. _____	56
Figura 12 Foto usada en el ejercicio de clasificación _____	78
Figura 13 Tomas de pantalla del video de observación de bromelias. _____	79
Figura 14 Áreas de estudio de los tres grupos de trabajo. _____	86
Figura 15 Material gráfico incluido en la guía de absorción y transporte. _____	91
Figura 16 Registro fotográfico y de datos de los montajes de absorción y transporte realizado por Camila. _____	92
Figura 17 Registro fotográfico y de datos de los montajes de absorción y transporte realizado por Juliana. _____	92
Figura 18 Registro fotográfico y de datos de los montajes de absorción y transporte realizado por Samuel. _____	93
Figura 19 Representaciones de cómo los estudiantes se imaginaron el xilema. _____	98
Figura 20 Imágenes al microscopio de diferentes cortes un tallo de apio y de una hoja de bromelia. _____	100
Figura 21 Comparación entre las estructuras de una planta de bromelia y una de apio. _____	102
Figura 22 Imágenes al microscopio de cortes longitudinales de un tallo de apio y una hoja de bromelia. _____	102
Figura 23 Imágenes al microscopio de diferentes cortes de una hoja de bromelia. _____	105
Figura 24 Representación de las relaciones entre las bromelias y el ciclo del agua, realizada por el grupo 2. _____	108
Figura 25 Representación de las relaciones entre la bromelia y el ciclo del agua, realizada por el grupo 1. _____	110
Figura 26 Representación de las relaciones entre bromelia y ecosistema, realizada por el grupo 3. _____	111
Figura 27 Representación de las relaciones entre bromelia y ecosistema, realizada por el grupo 4. _____	111
Figura 28 Traducción de la explicación elaborada por el grupo 6, sobre cómo circula el agua en el bosque del Colegio La Colina _____	114
Figura 29 Traducción de la explicación elaborada por el grupo 4, sobre cómo circula el agua en el bosque del Colegio La Colina. _____	115

INTRODUCCIÓN

La actividad científica requiere el reconocimiento de la complejidad de los fenómenos naturales para ejecutar de forma responsable la búsqueda continua de la verdad sin llegar a decir que la ciencia es su poseedora. La enseñanza de las ciencias en la escuela, sin embargo, recurrentemente apela a la veracidad casi indiscutible de los postulados científicos y se ejecuta mediante la repetición de los mismos mediante estrategias de aula controladas que no dejan espacio de duda sobre la veracidad de los contenidos enseñados. No puede ser más distante entonces, la diferencia entre la ciencia en la escuela y la actividad científica. El mundo físico normalmente se presenta a los estudiantes aislado de su complejidad natural. De esta forma, los estudiantes construyen una imagen de su entorno a partir de simplificaciones conceptuales y procedimentales que distan mucho de la realidad.

Este trabajo, parte de la necesidad de incorporar la complejidad en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Es un trabajo exploratorio de las dinámicas de aula que permiten el abordaje de proyectos de descubrimiento encaminados a la construcción de explicaciones, teniendo presente que el que hacer docente y por lo tanto las estructuras de las clases de ciencias están enmarcadas en unas estructuras políticas, sociales y culturales que bien pueden potenciar o limitar la emergencia de nuevas formas de trabajo.

A este respecto, en el primer capítulo se realiza una contextualización de los factores que a nivel político, curricular e institucional permean las dinámicas de enseñanza aprendizaje respecto a la circulación del agua y cuyos contenidos relacionados articulan esta propuesta.

A partir esto, se identifica la problemática a la que responde este trabajo, se proponen los objetivos que lo guían y las estrategias metodológicas que orientaron la propuesta de intervención. En este sentido, es importante mencionar que el colegio La Colina, lugar donde se desarrolla este trabajo, cuenta con un bosque con presencia de

especies propias del ecosistema altoandino, entre ellas, individuos de la familia Bromeliaceae tipo III (Según clasificación de Pittendrigh, 1948), que en actividades previas a esta propuesta llamaron la atención de los estudiantes, por lo que se escogieron como eje articulador del estudio.

Teniendo en cuenta que el abordaje de los fenómenos físicos en la escuela, desde el reconocimiento de la complejidad implican que el docente esté profundamente documentado sobre la misma para acompañar a los estudiantes en sus procesos de descubrimiento, en el segundo capítulo se presentan los referentes teóricos de corte disciplinar y pedagógico que orientaron este trabajo. Entre ellos, se hace un recorrido histórico de los procesos que han enriquecido el cuerpo de conocimientos respecto al agua y su circulación, pero también se presenta una descripción completa de las estructuras, procesos y recorridos que permiten la circulación del agua en las plantas, incluido el caso especial de las bromelias.

Adicionalmente, se presentan los referentes pedagógicos a partir de los cuales no sólo se diseñaron las experiencias de la ruta de intervención, sino que orientaron el análisis de los resultados de la misma en el proceso de sistematización de la práctica. Estos referentes son: La observación según Norwood Russel Hanson, los juguetes de profundidad de G. Bachelard (cita en Jean, 1983) y los Problemas de Conocimiento de Valencia, et. al (2003).

Posteriormente, se realiza una descripción de la ruta de intervención, incluyendo una caracterización del Colegio La Colina, de los cursos con los cuales se implementó y las actividades e instrumentos diseñados.

Finalmente, se hace una sistematización de la práctica en la cual se analizan las dinámicas que a partir de la ruta se generaron en el aula y que permitieron, potencializaron u obstaculizaron la construcción de conocimiento por parte de los estudiantes respecto a la circulación del agua en los ecosistemas. Aquí se utilizan algunos productos generados por los estudiantes en las diferentes fases de

implementación, incluidas las transcripciones de algunas clases y que dan cuenta de la emergencia de relaciones alternativas con la experiencia, con la información y con los otros.

CONTEXTO PROBLEMÁTICO

Entendiendo el estudio de la naturaleza como una actividad permeada por la cultura y reconociendo la necesidad de incorporar experiencias de aula que les permitan a los estudiantes ser partícipes en la construcción de su propio conocimiento científico, en el presente capítulo se analizan los retos y oportunidades, los aciertos y desaciertos que desde el nivel político nacional hasta el institucional del Colegio La Colina y la experiencia de la autora en la enseñanza de las ciencias permean el proceso de constitución de la circulación del agua como objeto de estudio en las clases de ciencias de cuarto de primaria.

En este sentido, se abordará la circulación y la enseñanza de las ciencias en el nivel básico en términos de la política pública y la construcción curricular en el Colegio La Colina y la circulación como parte del ejercicio profesional de la docente.

Circulación y Enseñanza de las Ciencias en el Nivel Básico

La enseñanza de las ciencias naturales en el nivel básico en Colombia, ha estado direccionada por los proyectos de país de los diferentes periodos gubernamentales, cada cual con propuestas que han tratado de especificar progresivamente el currículo a partir de lineamientos, estándares de competencias y contenidos evaluables.

Si bien la mayoría de ellos se plantean como propuestas susceptibles de ser implementadas, rechazadas o modificadas, las instituciones educativas no han sido indiferentes a las mismas y en muchos casos las asumen como referente principal de sus diseños curriculares, pues podría decirse que van en concordancia con las evaluaciones estatales que en últimas fijarán el ranking de calidad de los colegios.

En esta sección se hablará de cómo este esquema ha permeado la práctica de la enseñanza de las ciencias en el colegio La Colina, y cómo ha configurado unas dinámicas institucionales y personales con muchos aciertos metodológicos pero

también con un corte más cercano al positivismo y desde una visión fragmentada del conocimiento científico.

Política Pública, Circulación y Dinámicas del Agua Como Objeto de Estudio en la Enseñanza de las Ciencias.

Actualmente, los referentes políticos y reglamentarios que desde el gobierno Nacional orientan la educación y específicamente la enseñanza de las ciencias naturales en el nivel básico, incluyen la Ley General de Educación – Ley 115 de 1994 – la cual reconoce la función social del servicio público de educación “acorde con las necesidades e intereses de las personas, de la familia y de la sociedad” y de la cual, como pertinentes para el presente trabajo se destacan los fines de la educación descritos en el artículo 5: La “adquisición de conocimientos científicos y técnicos... mediante la apropiación de hábitos intelectuales adecuados para el desarrollo del saber”, “el desarrollo de la capacidad crítica, reflexiva y analítica que fortalece el avance científico y tecnológico nacional”, “la adquisición de una conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente, de la calidad de vida, el uso racional de los recursos naturales, de la prevención de desastres, dentro de una cultura ecológica y del riesgo y de la defensa del patrimonio”. Igualmente, el artículo 21 incluye los objetivos específicos de la educación básica en el ciclo de primaria, de los cuales se consideran con mayor relevancia para la enseñanza de las ciencias los párrafos g y h a saber:

g) La asimilación de conceptos científicos en las áreas de conocimiento que sean objeto de estudio, de acuerdo con el desarrollo intelectual y la edad;

h) La valoración de la higiene y la salud del propio cuerpo y la formación para la protección de la naturaleza y el ambiente;(MEN, 1998)

De forma más específica, el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Educación, presentó en el año 1998 los Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y

Educación Ambiental, los cuales siguen vigentes a la fecha y brindan las orientaciones y criterios sobre la función del área y los enfoques para comprenderla y enseñarla.

Dicho documento, si bien da libertad a las instituciones de educación para la formulación de sus planes de estudio, pone de manifiesto varios referentes de orden filosófico, epistemológico, sociológicos y sico-cognitivos así como una propuesta de currículo para el área de ciencias naturales y educación ambiental en los diferentes niveles, la cual incluye unos contenidos básicos y un ejemplo de su aplicación en la formulación de logros e indicadores de logros del nivel preescolar y grupos de grados de primaria y bachillerato.

El documento es muy claro en cuanto a que constituye una propuesta que tal cual como allí está ordenada, no es una camisa de fuerza para las instituciones educativas sino que los contenidos que enumera “son los básicos, los fundamentales, pero de ninguna manera excluyen la posibilidad de introducir otros, sustituir algunos, dejar de lado aquellos que la institución educativa no considere pertinente desarrollar, según sus propios objetivos educacionales, sus proyectos pedagógicos en especial los PRAES (Proyectos Ambientales Escolares), su PEI, sus posibilidades y sus limitaciones y obviamente según los avances científicos y tecnológicos que permanentemente nos obligan a hacer modificaciones para estar actualizados.” (MEN, 1998, “Una propuesta curricular para el área de ciencias naturales y educación ambiental”, párrafo 2).

Es importante resaltar además que el principal referente epistemológico que enmarca los lineamientos del Ministerio de Educación es el concepto del “Mundo de la vida” propuesto por el filósofo Edmund Husser en 1936, y del cual el MEN ofrece las siguientes reflexiones:

La primera es que cualquier cosa que se afirme dentro del contexto de una teoría científica (y algo similar puede decirse de cualquier sistema de valores éticos o estéticos), se refiere, directa o indirectamente, al Mundo de la Vida en cuyo centro está la persona humana. La segunda, y tal vez más importante para el educador, es que el conocimiento que trae el educando a la escuela (que, contrariamente a lo que

se asume normalmente, es de una gran riqueza), no es otro que el de su propia perspectiva del mundo; su perspectiva desde su experiencia infantil hecha posible gracias a su cerebro infantil en proceso de maduración y a las formas de interpretar esta experiencia que su cultura le ha legado. Y es que el niño, que llega a nuestras escuelas, al igual que el científico y cualquier otra persona, vive en ese mundo subjetivo y situativo que es el Mundo de la Vida. Y partiendo de él debe construir, con el apoyo y orientación de sus maestros, el conocimiento científico que sólo tiene sentido dentro de este mismo y para el hombre que en él vive. (MEN, 1998, "el concepto del mundo de la vida de Husserl, párrafo 1).

Dentro de esta perspectiva, en la propuesta curricular, la dinámica del agua como objeto de estudio aparece en los grados primero a tercero explícitamente integrado a otros contenidos relacionados con procesos físicos, químicos y biológicos, como por ejemplo el efecto oxidativo y los estados del agua, "el agua, la vida de los animales y de las plantas y su relación con la vida de el hombre," "El agua de los ríos, las quebradas, las cañadas, las ciénagas y los animales que viven en ellos o cerca de ellos y su relación con las industrias y la agricultura." "El agua del mar y los animales que viven en él o cerca de él." "La lluvia y los animales". (MEN, 1998, "Preescolar, primero, segundo y tercer grados", párrafo 16).

Sin embargo, en los grados cuarto y quinto aparecen los contenidos más fragmentados y la dinámica del agua podría ubicarse en relación con el "intercambio de energía entre los ecosistemas: Ciclos de la materia, niveles de organización de los seres vivos y circulación y transformación de la energía" (MEN 1998 "Cuarto, quinto y sexto grados, párrafo 14).

Por otro lado, en el año 2004 el Ministerio de Educación Nacional publicó la cartilla con los Estándares de Competencias en Ciencias Naturales, en la cual los contenidos aparecen organizados por grupos de niveles (primero a tercero, cuarto quinto, sexto a séptimo, octavo a noveno y décimo a once), pero en función de competencias (saber, saber hacer y saber ser) desde los componentes procedimental, disciplinar (entorno vivo, entorno físico y ciencia, tecnología y sociedad) y actitudinal.

En estos estándares los aspectos relacionados con la dinámica del agua no aparecen explícitos en ninguno de los contenidos propuestos para los grados primero a quinto.

Ahora bien, los Estándares de Competencias en Ciencias Naturales al ser una propuesta curricular susceptible de ser modificada según el contexto de cada institución, muestra una agrupación más general de los contenidos en comparación con los Lineamientos de Ciencias Naturales y Educación ambiental. Sin embargo, entre los años 2015 y 2017, el Ministerio de Educación Nacional pretende en coherencia con los Lineamientos Curriculares y con los Estándares Básicos de Competencias (EBC), concretar los aprendizajes mínimos que deben desarrollar los estudiantes. Para esto, publica los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), concebidos como un grupo secuenciado y conectado de “aprendizajes estructurantes grado a grado (de primero a once) para áreas particulares” (MEN, 2016, p.5), incluidas las ciencias naturales y que son presentados como enunciados flexibles que permiten procesos de actualización en contextos particulares de práctica. Los autores entienden los aprendizajes como la “conjunción de conocimientos y prácticas sociales y personales que favorecen transformaciones cognitivas y cualitativas de las relaciones del individuo consigo mismo, con los demás, y con el entorno (físico, cultural y social)” y estructurantes en cuanto “expresan las unidades básicas y necesarias para edificar los futuros aprendizajes que necesita el individuo para su desarrollo, ...y promueve la capacidad para movilizar los pensamientos, las actitudes, los valores y las acciones de quien aprende”(MEN, 2016, p. 6). Posteriormente, la misma entidad publica las Mallas de aprendizaje por medio de las cuales se brindan pautas para llevar los DBA al terreno práctico (MEN, 2017, p.3).

Tanto en los DBA como en sus respectivas Mallas, la dinámica del agua aparece explícita en cuanto a los estados de agregación de la materia y la influencia de la temperatura en los mismos e implícita en las relaciones entre factores bióticos y abióticos de los ecosistemas.

Estas directrices gubernamentales dejan abierta la posibilidad de abordar las dinámicas del agua como parte de otros contenidos relacionados con procesos biológicos, físicos y químicos o como eje articulador de los mismos. Pero, al no aparecer explícitas dichas

relaciones, la dinámica bien podría pasarse por alto y ser estudiada de forma fragmentada e incluso ser excluida del trabajo en el aula.

La Circulación y el Currículo de Ciencias Naturales en el Colegio La Colina

El currículo de Ciencias Naturales en el Colegio La Colina se construye y actualiza a partir de los Lineamientos, Estándares de Competencia y Derechos Básicos de Aprendizaje propuestos por el Ministerio de Educación Nacional y se adapta año a año teniendo en cuenta el estado final en cuanto al cumplimiento de los contenidos y logros programados para cada grado. Este proceso tiene como propósito ajustar los planes de estudio en el grado siguiente, incluyendo aquellos que quedaron pendientes por desarrollarse.

Dicha situación, ha tomado un tinte rutinario con miras a garantizar altos desempeños en pruebas estandarizadas, pero con pocos espacios de reflexión frente a la pertinencia de los contenidos de ciencias naturales y sobre todo en relación con nuevas posibilidades epistemológicas y pedagógicas que orienten la enseñanza de las ciencias.

El agua entonces aparece como objeto de estudio en el currículo de primaria en relación con sus estados de agregación y posiblemente en el currículo oculto en la enseñanza de algunos procesos vitales, como la fotosíntesis; pero en ningún momento se ha considerado como eje integrador.

Por otro lado, en las planeaciones de clase aparecen contenidos como la digestión en los seres humanos, el sistema urinario, la circulación en las plantas y en los animales, y factores abióticos en los ecosistemas. Sin embargo, se trabajan de forma segmentada y distribuidos sin criterios muy claros entre diferentes grados de primero a quinto de primaria.

Esto evidencia cómo el conocimiento científico y la realidad se asumen como hechos y estructuras cuya relación o interdependencia pierden relevancia en el análisis y cómo existe una marcada tendencia a presentar los postulados de una comunidad científica ajena y distante del mundo escolar.

En este sentido, las experiencias prácticas, potenciadas por el entretenimiento y el asombro de los participantes, están encaminadas a reiterar como verdad el conocimiento ya construido por agentes externos y poco ofrecen a los estudiantes la oportunidad de cuestionar o problematizar las situaciones de estudio.

Pero el problema no reside en limitaciones institucionales hacia la modificación de las prácticas, pues de hecho, se vive una cultura altamente receptiva a la innovación, a la creatividad y a la generación de experiencias de aprendizaje significativo.

En el desarrollo de las clases por ejemplo, el colegio ha apoyado iniciativas para la intervención del espacio físico como son la creación de un observatorio de colibríes, la instalación y experimentación con la huerta y la producción de obras de arte efímeras con elementos naturales. Se han hecho jornadas de adopción de mascotas, se han llevado a cabo ensayos de compostaje en los salones, se ha abierto el laboratorio de la planta de tratamiento de aguas residuales a los profesores y estudiantes para contextualizar las clases. Es común ver el espacio del comedor y la cocina ocupados para la realización de actividades generadoras. Los estudiantes han elaborado y experimentado con cámaras estenopeicas y han construido desde un horno de cerámica para hornear pizza hasta una barca cuya viabilidad se probó en un lago real.

Las salidas pedagógicas han sido casi un requisito y pueden incluir desde las visitas más típicas a museos y parques naturales, hasta jornadas de siembra de árboles, limpieza de playas y días de compra en supermercados.

Lo que falta tal vez es la reflexión docente sobre la postura desde la que se estructuran dichas experiencias y en general de la enseñanza de las ciencias, para generar

propuestas de intervención en el aula que coexistan con la formación para pruebas estandarizadas. Estrategias que permitan trascender la práctica desde un enfoque objetivo y positivista centrado en los conceptos hacia la práctica de las ciencias como una actividad cultural. Es decir, que cada actor tenga la posibilidad de enriquecer las explicaciones del mundo natural no solo desde el cuerpo teórico disciplinar sino también desde sus propias miradas, experiencias y proposiciones, validándose a sí mismo y a los miembros de su comunidad como constructores de conocimiento.

En este sentido, la circulación como objeto de estudio en el colegio se aborda en diferentes niveles a partir de las dinámicas de mantenimiento de los organismos, principalmente el cuerpo humano y las plantas, sin que se aborden como fenómenos a problematizar.

Como parte de las explicaciones con relación a las circulación vegetal, se enseñan generalizaciones de estructuras tipo principalmente a nivel del tallo, sin considerar los casos particulares en los que, como sucede en las bromelias, se presentan organizaciones únicas que dan cuenta no sólo de fenómenos asociados a la adaptación y evolución de este grupo de plantas sino también de las condiciones de los ecosistemas en los que se encuentran.

Los procesos complejos que incluyen las interdependencias con los ecosistemas así como las relaciones del tallo y sus vasos conductores con las dinámicas de ingreso de agua y otras sustancias a la planta a través de las raíces no son consideradas. Como mucho, mencionadas superficialmente, pero nunca problematizadas.

La Circulación Como Parte del Ejercicio Profesional de la Docente en Educación Básica

Es común que cuando un docente llega a una institución, le sean dadas las directrices curriculares para el trabajo por áreas, las cuales, - a excepción de los colegios con enfoques alternativos -, normalmente guardan relación o se basan en las

organizaciones curriculares sugeridas por el Ministerio de Educación. El Colegio La Colina es un ejemplo de ello. Allí, los contenidos del área de ciencias están muy ligados a lo propuesto por el Ministerio de Educación Nacional en la cartilla “Formar en Ciencias, el Desafío” (2004) y en el documento “Derechos Básicos de Aprendizaje en Ciencias Naturales” (2016).

El esquema dentro del cual se ha estructurado el que hacer de la docente en cada clase en el colegio, ha sido muy claro desde el principio. Se parte de una actividad generadora que le provea a los estudiantes los elementos suficientes para indagar, analizar, discutir y socializar ideas en torno a las cuales estructuran un concepto que esté en concordancia con el que el profesor pretende enseñar, para después poner a prueba la comprensión de dicho concepto en un contexto dado. Dentro de este marco el abanico de posibilidades para planear una clase es inmenso; sería una mentira afirmar que el esquema es de por sí, limitante. El juego, el experimento, las salidas pedagógicas, casi todo tiene cabida siempre y cuando conduzca a un concepto y los estudiantes sean los protagonistas.

El problema viene dado por la premura del tiempo y la gran extensión de los contenidos, por lo cual los docentes, muchas veces, tienen la presión de abarcar casi que un concepto por clase. Se supondría que la suma de conceptos y las habilidades para usar cada uno en uno o varios contextos dados, garantiza que al final los estudiantes sean competentes en todas las materias, para el caso que aquí se convoca, en ciencias naturales.

En este sentido la docente ha venido abordando el área de ciencias naturales en grados tercero y cuarto, logrando casi siempre abarcar los procesos y conceptos esperados para el nivel. Sin embargo, queda siempre la sensación de que los estudiantes pudieron haber logrado más en términos del desarrollo de habilidades científicas, que se les pudo haber escuchado más, pero sobre todo, que pudieron haber construido una visión más compleja del mundo natural, si se hubiera contado con más tiempo.

Dado este factor limitante, y que la división y la planeación de las clases se realiza en torno a conceptos, los estudiantes no solo han estado construyendo una visión fragmentada de los postulados científicos, sino que además han estado expuestos más a los productos de las ciencias que a sus procesos de construcción de conocimiento. Las oportunidades que se les han brindado para interrogar la naturaleza han estado más relacionadas con experimentos demostrativos y poco espacio se ha dado a la formulación de preguntas, refutación de resultados y concepciones y a la contrastación de teorías.

Los espacios de socialización han pretendido más llegar a un consenso para la aceptación y comprensión de lo “establecido” por la comunidad científica, que en poner de manifiesto diferentes perspectivas, interpretaciones y formas de entender y representar la naturaleza, mucho menos a proponer explicaciones a los fenómenos.

El acercamiento a los textos científicos se viene dando desde la aceptación y demostración de los postulados de la ciencia. Las relaciones estudiante-docente si bien se desarrollan mediante un diálogo entre iguales, desde la afectividad y la escucha, pretenden validar los conceptos científicos ya estructurados. El diálogo entre pares está mediado por la necesidad de comprender tal o cual representación de un concepto, prevaleciendo siempre las concepciones de quienes más se acercan los postulados planteados por el profesor. Poco espacio y tiempo se ha dado a aquellos estudiantes cuyas aproximaciones distan de lo esperado para que accedan a nuevas oportunidades que les permita como propone André Giordan “explicitar su pensamiento... distanciarse de sus evidencias” para “llegar a reformular el problema o/y percibir otras relaciones” o “seleccionar un conjunto de nuevos datos para enriquecer su experiencia” (Giordan, 1996, p.20).

De esta manera, la circulación se ha abordado en grado cuarto desde la fisiología animal como función vital de transporte de sustancias, explicitando órganos, funciones y recorridos -principalmente en el cuerpo humano- a partir de representaciones y modelos preelaborados y de analogías con sistemas de transporte urbano. También

desde la fisiología vegetal mediante el reconocimiento de recorridos de sustancias por el xilema a nivel macroscópico y en relación con los niveles de organización biológica. En otro momento, previo o posterior pero no necesariamente en secuencia, aprenden que en los ecosistemas interactúan unos factores bióticos con otros abióticos, entre los cuales se encuentra el agua y se establecen algunas relaciones con flujos de energía y de materia.

Además, en tercer grado se enseña que el agua tiene unas transformaciones que configuran un patrón cíclico, aunque no se necesariamente se abordan las diferentes escalas en las que se presenta.

Las aproximaciones a estos conceptos, teorías y formas de entender la realidad, han tenido varios aciertos, como son las experiencias directas con los fenómenos, la observación y representaciones de estructuras, la posibilidad del asombro, los espacios de socialización democráticos y sin censura, donde el aporte de todos tiene cabida, y el desarrollo de tareas de metacognición que en conjunto han logrado captar el interés de los estudiantes y motivarlos para el desarrollo de las actividades del área.

Aún así, hay factores que se han dejado de lado en términos disciplinares, como son las interdependencias entre la circulación del agua en las escalas global y ecosistémica con las estructuras y los procesos de lo vivo, pero también desde las relaciones interdisciplinarias con los significados construidos alrededor del agua desde los sistemas sociales, económicos y culturales.

Si bien se reconoce la importancia de la circulación del agua como eje transversal del aprendizaje, en la práctica se ha desaprovechado su potencial para la construcción de visiones más holísticas de los fenómenos naturales y desde cuyo estudio los estudiantes puedan no solo problematizar sus experiencias, sino construir nuevas perspectivas sobre el papel de lo humano en interdependencia con todo el sistema Tierra y de esta forma imaginar nuevos escenarios de interacción.

Ha faltado entonces, generar experiencias escolares que permitan trascender la apropiación de conceptos hacia el reconocimiento de las interrelaciones del sistema vivo y físico en torno a la dinámica del agua, desde los niveles macroscópico y microscópico. Y en este mismo sentido, se debe reconocer, como primer paso para la transformación de las prácticas, que se hace necesario construir condiciones de aula, comunicativas y de ambiente escolar que les permitan a los estudiantes cuestionar el mundo natural y sus interconexiones desde sus preguntas auténticas, desde sus propias concepciones, desde sus propuestas para contrastar sus ideas con su realidad y desde el ejercicio dialéctico consigo mismos, con sus pares, con los textos científicos y con la docente.

Permitirles, como lo propone McLaren:

...la negociación entre discursos y posiciones subjetivas” ...”generar el nexo entre los elementos del lenguaje y la representación” [generar] “pautas críticas para que examinen sus propias experiencias vividas, sus recuerdos profundos y sus formas de conocimiento subordinado” ...”analizar sus propias experiencias fuera de los marcos de referencia producidos en <la casa del señor>, [reconocer] el camino por el que son producidas, legitimizadas o desconfirmadas.” (1997, p.63)

Pues en concordancia con Sharon Welch, citada en el mismo texto, “la función más importante de la enseñanza es apoyar el proceso de teorización y no la mera exposición de las ideas correctas” (McLaren, 1997, p.63) y esta función no se desarrolla en el término de una clase, pues la escucha, las ideas y las voces de los estudiantes se “cocinan” a fuego lento, con afectividad, paciencia y respetando sus propios ritmos, de manera tal que el tiempo limitado de los ciclos escolares, aunque ineludible, no puede ser una razón que justifique atropellar los procesos individuales y sociales de construcción de sentidos.

Esto implica la necesidad, en primera instancia, de preguntarse sobre el propósito de la enseñanza de las ciencias en el colegio y desde esta reflexión determinar las condiciones necesarias para la construcción de conceptos complejos como lo es la circulación del agua, respetando los ritmos de aprendizaje de los estudiantes.

En este sentido, las diferentes discusiones abordadas en los espacios del programa de EDCNB han aportado en las comprensiones particulares que se tienen acerca de las formas de trabajo en el aula y paulatinamente han ido esclareciendo el camino para la modificación de la práctica, sin que haya sido necesario excluir los lineamientos institucionales, más bien, usándolos a favor para generar nuevas estrategias pedagógicas y didácticas que han cambiado radicalmente la estructura de las clases, incorporando paulatinamente elementos problematizadores con resultados satisfactorios en cuanto los estudiantes se han conectado más con las experiencias de investigación, han dado rienda suelta a sus ideas, interpretaciones y poco a poco van estructurando los argumentos con los cuales defienden sus posturas.

Delimitación de la Problemática

La configuración de un objeto de estudio de las ciencias desde una perspectiva compleja en el Colegio La Colina implica varios desafíos marcados principalmente por la tendencia positivista, reduccionista y fragmentada con que usualmente se abordan los fenómenos naturales en el aula y que va de la mano con la urgencia de abarcar la mayor cantidad de conceptos posibles con miras a obtener altos puntajes en pruebas estandarizadas. Esto, sumado a que usualmente se desconocen las experiencias individuales y culturales sin las cuales los individuos no pueden dar significado a los conocimientos y mucho menos convertirlos en conocimiento crítico (McLaren, 1997, p.294), obstaculiza el desarrollo de procesos de pensamiento en los estudiantes, quienes en las dinámicas de la asignatura no se reconocen como protagonistas en la construcción de conocimiento lo que su vez los lleva a subvalorar su rol en la estructuración de sus propias realidades.

En este sentido, el presente trabajo pretende estudiar las condiciones que hacen posible la incorporación de un enfoque complejo en el estudio de la circulación del agua como estrategia de aula en las clases de ciencias del grado cuarto. Al respecto, se plantea la siguiente hipótesis:

Mediante el estudio de la circulación del agua en las bromelias, los estudiantes incorporan elementos descriptivos, interpretativos y argumentativos para la comprensión de la circulación del agua como fenómeno complejo.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar una estrategia de aula que mediante el estudio de la circulación del agua en las bromelias permita que los estudiantes del grado cuarto del Colegio La Colina, incorporen elementos descriptivos, interpretativos y argumentativos para la comprensión de la circulación del agua como fenómeno complejo.

Objetivos Específicos

- Definir criterios disciplinares, pedagógicos y didácticos para el diseño de una estrategia de intervención en el aula para la comprensión de la circulación del agua como fenómeno complejo por parte de estudiantes de grado cuarto.
- Incorporar procesos de artificialización en el estudio de la circulación en las plantas para contribuir a la comprensión de las dinámicas del agua con estudiantes de grado cuarto.
- Documentar elementos disciplinares, pedagógicos y didácticos que les permiten a los estudiantes de grado cuarto comprender la circulación del agua como un fenómeno complejo en los diferentes niveles de organización de los ecosistemas.

PROCEDER METODOLÓGICO

Desde la Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico se reconocen la reflexión sobre la propia práctica, el análisis histórico crítico del conocimiento científico, la producción de conocimiento científico en “contextos de comprensión intencionadas de las dinámicas de las ciencias y de la educación científica” (Universidad Pedagógica Nacional, 2021) y el debate público y social, como elementos esenciales para la transformación de la práctica docente y la generación de propuestas de aula innovadoras.

En este sentido y para el desarrollo de este trabajo, se tuvieron en cuenta varios elementos de carácter metodológico, que responden al diseño de una ruta de intervención en el aula de ciencias de grado cuarto del Colegio La Colina (La Calera, Cundinamarca), que permitiera, no solo lograr los objetivos de aprendizaje exigidos por la institución, sino que en la ejecución se implementaran estrategias innovadoras de enseñanza aprendizaje, al tiempo que se generaba conocimiento sobre la educación en ciencias.

De esta manera y en respuesta a la necesidad expuesta en el capítulo anterior, de abordar la enseñanza de las ciencias desde el reconocimiento de la complejidad de los fenómenos naturales para superar las imágenes reduccionistas de la actividad científica y del conocimiento científico, la construcción de esta propuesta empieza por una exploración de diferentes sustentos teóricos disciplinares y pedagógicos que permitan abordar las actividades en el aula desde una perspectiva de la complejidad, que se acerque a lo que la actividad científica es en términos de la producción de conocimiento mediado por dinámicas culturales, para que los estudiantes se sientan actores activos de su proceso de aprendizaje al tiempo que se les permite reestructurar las imágenes que traen sobre ciencia y conocimiento. Dicha exploración, que se plasma en las siguientes secciones de este trabajo, permitió concretar el diseño de diferentes estrategias de clase tendientes a la complejización del pensamiento de los estudiantes, pero también a un aspecto fundamental para la transformación del

quehacer docente, como es, la recuperación y sistematización de experiencias que brinde información sobre las prácticas para interpretarlas y obtener de ella aprendizajes.

En este último sentido, se realiza un análisis cualitativo de los resultados, pero principalmente del proceso de intervención, dado que esto permite, como lo explica Oscar Jara (2018, p.80) “evaluar las tensiones entre el proyecto y el proceso” e identificar y formular lecciones aprendidas desde la experiencia propia, y que pueden ser transferidas para mejorar la práctica en otros contextos.

Aunque las formas narrativas tomaron gran relevancia en el ejercicio de sistematización de esta propuesta, estas fueron realizadas desde una perspectiva crítica, de forma que trascendieron el carácter anecdótico para arrojar insumos transferibles al mejoramiento de otras prácticas en términos de la configuración de las dinámicas de la clase de ciencias y de la transformación de los roles del maestro, del estudiante, de la información y de la experiencia.

Para la realización de lo expuesto, este trabajo implicó un análisis de corte documental de búsqueda, selección y análisis de textos para la construcción del contexto disciplinar y pedagógico, así como el diseño, implementación y sistematización de una intervención de aula que será descrita más adelante.

CONTEXTO DISCIPLINAR

En este apartado se presentan las bases conceptuales que permiten hablar de la circulación del agua en los ecosistemas tanto a nivel macro planetario como microscópico en las estructuras histológicas de las plantas.

Para esto, se hace una referencia a las propiedades físico químicas del agua que la hacen componente esencial de lo vivo, a los desarrollos históricos que han permitido constituir el agua como objeto de estudio de diferentes disciplinas, empezando por los esfuerzos de las comunidades antiguas y arcaicas para controlar sus dinámicas, hasta su comprensión dentro de la dinámica de lo viviente.

Finalmente, se enuncian las características morfológicas y fisiológicas que configuran los recorridos del agua suelo-planta-atmósfera para terminar detallando las características particulares que hacen de las bromelias tipo tanque, elementos clave en las dinámicas hídricas y ecológicas de los bosques altoandinos.

La Dinámica del Agua en Los Ecosistemas

El agua es el componente principal de la materia viva. Desde sus propiedades como solvente es importante para el transporte de sustancias de nutrición y desecho, pero también interviene y posibilita gran cantidad de transformaciones físicas y químicas y de esta forma termina estructurando diferentes ecosistemas y paisajes.

“La vida tal como se conoce en el planeta Tierra, se desarrolla siempre en medio acuoso. Incluso en los seres no acuáticos el medio interno es esencialmente hídrico.” (Macarulla, 1981, p.3). “ toda la materia viva depende del agua. El protoplasma está disuelto o disperso en ella. Casi todos los componentes de la célula se transportan en agua y casi todas las reacciones biológicas tienen lugar en solución acuosa”. (Bidwell, 1993, p.9).

Propiedades del Agua que la Hacen Componente Escencial de Lo Vivo

Es el componente fundamental de lo humano y no solo desde el punto de vista bioquímico. El agua como recurso configura territorios y determina relaciones de poder; une a las personas en comunidades y alrededor de ella se desarrollan diferentes manifestaciones de la cultura. El agua circula en el planeta y en los seres vivos, pero también, a través de la lluvia y la escorrentía facilita el movimiento de elementos importantes para la vida como el carbono, el nitrógeno, el fósforo y el azufre.

El agua tiene un alto calor específico, es decir que puede recibir o ceder una gran cantidad de calor sin que se altere su temperatura, lo cual amortigua y regula los cambios térmicos en los organismos; quienes además, se benefician de su alta conductividad en cuanto distribuye el calor al interior de estos de forma rápida y regular, evitando los gradientes de temperatura entre sus diferentes zonas. (Carbajal y González, 2012, p.63).

Pero su efecto en la regulación de la temperatura no se limita a la escala molecular, sino que las grandes masas de agua de ríos y océanos permiten la regulación térmica del planeta, pues absorben la energía del sol, la retienen y la liberan lentamente a la atmósfera.

Su densidad “anómala”, permite que el hielo flote en el agua líquida, lo que aísla las aguas más profundas de las bajas temperaturas atmosféricas durante el invierno o en las latitudes más frías, manteniendo los cuerpos de agua a 4 °C, hecho que favorece la existencia de diferentes organismos, (Macarulla, 1981, p.3). Esta propiedad también permite que el vapor de agua ascienda a las capas más frías de la atmósfera, donde puede condensarse y formar nubes o seguir ascendiendo y formar cristales de hielo. Ambos, hielo y nubes, dispersan la radiación solar que entra a la atmósfera y la que es devuelta por la tierra.

Ya sea como sustrato o como producto, el agua permite el desarrollo de reacciones metabólicas dada su capacidad disolvente, su constante dieléctrica y su bajo grado de ionización; pero, además, posibilita dichos procesos en un amplio rango de temperaturas puesto que mantiene su estado líquido entre los 0°C y los 100°C. Su alto calor de vaporización, hace posible su permanencia dentro de los organismos para el desarrollo de dichas actividades metabólicas y puede circular en el interior de los mismos incluso en contra de la gravedad dada su características de cohesión, adhesión y su alta tensión superficial.

Pero el agua no sólo posibilita los procesos, sino que también se constituye en arquitecto de la vida mediante reacciones hidrofóbicas con moléculas anfipáticas que permitieron la formación y evolución de estructuras ordenadas como es el caso de las membranas celulares, micelas, liposomas, la estructura cuaternaria de las proteínas y la estructura en doble hélice del ADN. (Carbajal y González, 2012, p.73)

Son sus características fisicoquímicas entonces, lo que la constituyen como una sustancia esencial para el desarrollo de lo vivo.

Configuración del Agua Como Objeto de Estudio para la Comprensión de la Dinámica de lo Viviente

Desde épocas arcaicas el agua se constituyó en objeto de estudio para su uso práctico. Las comunidades prehispánicas de Mesoamérica y Suramérica entendieron la importancia del agua en relación a los orígenes de la actividad agrícola entre los años 7000AP y 5500AP (5050 a.C – 3550 a.C respectivamente), (Zizumbo, García y Colunga, 2008, p.86) y desarrollaron técnicas hidráulicas y configuraciones para proveer el agua de manera artificial a los cultivos, entre ellas, modificación de pendientes, construcción de terrazas, presas, drenajes y surcos. (Díaz y Freire, 2008, “el riego en las comunidades prehispánicas, párrafo 1).

Estas construcciones, se llevaban a cabo dentro de esquemas de organización social, que ya fuera desde el parentesco o desde la institucionalidad, seguramente determinaban derechos de dominio sobre territorios y sus recursos (Sánchez, 2015).

En otras latitudes, los Sumerios también hicieron esfuerzos por controlar los ríos Tigris y Eufrates en las llanuras de Mesopotamia y los egipcios hicieron lo propio en las llanuras del Indo, miles de años antes de Cristo. (Nace, 1970, p.20-21).

Estos desarrollo se dieron de forma independiente, pero en todos los casos contribuyeron al estudio del comportamiento del agua “en procura de la solución de las necesidades y en pos de la reproducción de las condiciones de existencia”, es decir desde la economía y que a su vez implicaban relaciones sociales diferenciales en cuanto a la producción y a los resultados del trabajo realizado (distribución y consumo) (Sánchez, 2015, p. 212). El conocimiento generado a partir de esto, aportaría en el origen de disciplinas científicas como la hidrometría y la hidrología.

Según Doogle (2003, p.3), hay referencias a los nilómetros que datan del año 3000 a. de C. Los nilómetros eran construcciones egipcias en forma de escalones que permitían medir y predecir el caudal del río Nilo (Baros, 2009, p.18), el área de terreno inundable para su cultivo y a partir de estos datos calcular los impuestos a gravar por la productividad agrícola (Doogle, 2003, p.4).

Basado en registros de 300 y 200 años a. de C. Doogle (2003, p.4) referencia algo similar sucedido en India y China, donde y cuando la cantidad de lluvia recolectada en instrumentos de medición, servía como dato para calcular los impuestos a cobrar en las diferentes regiones.

Lo anterior da cuenta de que las civilizaciones antiguas fueron conscientes y respondieron a la necesidad de controlar el agua para suplir las deficiencias que sus territorios planteaban en términos de escasez, lejanía o discontinuidad en la disponibilidad del recurso y en algunos casos, de medirla para planear su vida en

comunidad y de esta forma lograron configurar un un conocimiento práctico y empírico sobre el agua que corría por el suelo y debajo de él.

Después, algunos autores (Nace, 1970., Doogle, 2003) coinciden en referenciar la Grecia clásica como el lugar donde aproximadamente desde el año 640 a de C. y durante más o menos 300 años los filósofos se plantearon el problema del agua que corre sobre y debajo del suelo y aquella que cae del cielo. Encuentros y desencuentros explicativos asincrónicos entre Tales de Mileto, Anaxágoras, Demócrito, Platón y Aristóteles tuvieron lugar durante esta época, dando lugar a conceptos cercanos a procesos hidrológicos y a un ciclo hidrológico. Pero debido a la religiosidad y al carácter indiscutible otorgado por los hombres de otros tiempos y culturas a Aristóteles, su idea de que , “el agua de mar se convertía en aire por el calor del sol y que el aire se volvía de nuevo agua (por condensación) en las cavernas bajo la influencia del frío” prevaleció durante casi 2000 años (Nace, 1970, p.27). Anaxágoras, sin embargo, estaba más cerca a las explicaciones que hasta la actualidad se han construido, pues argumentaba que:

El sol hace ascender el agua del mar a la atmósfera, de la que cae en forma de lluvia. El agua de lluvia se acumula en depósitos subterráneos de los que manan ríos. La tierra no engendra nueva agua, sino que los depósitos se llenan durante la estación lluviosa. Los ríos perennes proceden de los grandes depósitos y los efímeros de los pequeños.(Nace, 1970, p. 27)

Fue en 1580 cuando Bernard Palissy, un geólogo, mineralista, paleontólogo y famoso ceramista francés, con un aguda habilidad de observación, declaró en un libro que “los manantiales y los ríos procedían exclusivamente de la lluvia y eran alimentados por ella.” (Nace, 1970. p. 29) Pero su idea no tuvo mayor trascendencia hasta que Pierre Perrault en 1668, incorporó mediciones y cálculos durante tres años consecutivos con la determinación de probar que “la lluvia era suficiente para originar el caudal de las aguas terrestres” (p.29). A partir de sus cálculos, concluyó no solo que la precipitación en el tramo superior de la cuenca del río Sena era seis veces mayor que el caudal estimado del río, sino que las 5 partes de diferencia se encontraban en las medidas de los acuíferos subterráneos, de la evaporación y de la transpiración de las plantas. Tanto sus ideas como sus métodos dieron origen a la hidrología científica moderna.

Podría decirse entonces, que fue en este punto y después de casi 2000 años donde el conocimiento práctico, la observación, la hipótesis y la métrica se unieron en armonía en torno al problema del agua, sus formas y recorridos por la tierra y sentaron las bases para explicar los “fenómenos hidrológicos en relación con las circulaciones planetarias de la atmósfera y el océano, con la distribución de los continentes y los mares y con los principales rasgos topográficos de la tierra” (Nace, 1970, p.38), pero además cimentó la ruta en la búsqueda de sentido a procesos y fenómenos físicos y biológicos asociados con la circulación del agua, en un gradiente de escalas de lo macro a lo micro.

Ahora bien, como producto de dicha actividad se reconoció que los procesos asociados a la transpiración de las plantas hacen parte de los recorridos del agua en el planeta, con lo cual se afirma que la planta transporta y libera agua. Que esta existe en interacción con su ambiente físico al cual transfiere y del cual recibe materia.

Las plantas, además, consideradas productores en las cadenas tróficas determinan la presencia de otros organismos, no solo usan el agua para sus procesos vitales, sino que también la almacenan, la transforman y equilibran sus ciclos físicos. Es decir, que es el estudio de las interacciones el punto de partida para entender la complejidad de los fenómenos asociados a los recorridos del agua, considerando además, que dichos fenómenos trascienden lo físico.

Si se tiene en cuenta que “toda la materia viva depende del agua ... El protoplasma está disuelto o disperso en ella. Casi todos los componentes de la célula se transportan en agua y casi todas las reacciones biológicas tienen lugar en solución acuosa” (Bidwell, 1993, p.9) se acepta que el agua es una característica de lo viviente, y que por lo tanto es necesario abordar su estudio en relación no solo con las plantas sino con los demás organismos y que organizar los fenómenos naturales a partir de las relaciones entre dichos organismos y entre estos y su ambiente es una ruta lógica para aportar a la comprensión de las dinámicas del agua en el planeta.

Desde esta perspectiva, el nivel ecosistémico se convierte en una escala pertinente en el estudio de la circulación del agua, pero aún así es necesario seguir reduciéndola hacia la comprensión las interacciones que se presentan con el organismo, los órganos, los tejidos y a nivel celular y molecular, siendo en este donde se vislumbran de forma más explícita las propiedades fisicoquímicas del agua y que la constituyen no solo como el “disolvente único e insustituible en la atmósfera” (Macarulla, 1981, p.3), sino también como sustrato, producto, regulador y estructurador de lo vivo.

Como dice Jacob (1999) “lo que constituye el objeto de análisis ya no es cualquier agrupación de estructuras entre una infinidad de combinaciones, sino un sistema de relaciones que se articulan en lo más íntimo del organismo.” (p.72) Reconociendo la circulación como una de las grandes funciones en torno a las cuales es posible analizar e incluso clasificar los seres vivos (p.72).

La fisiología, permite entonces construir explicaciones en escalas de organismo, órganos, tejidos, células y moléculas, desde el estudio no de las formas sino de las relaciones. Pero este camino también ha sido largo.

Durante mucho tiempo la complejidad estuvo explicada sólo desde la estructura visible y por un siglo tuvo que pasar por diferentes enfoques mecanicistas, el desarrollo de los métodos e instrumentos de la química y de la física, para lograr transformar las representaciones de los seres vivos y perfilar las exigencias de la fisiología en torno a la organización oculta de la estructura visible (Jacob, 1999).

El Agua y su Relación con La Circulación en Las Plantas

A nivel macroscópico, las plantas poseen órganos que intervienen en los procesos metabólicos y de transporte en los cuales el agua juega un rol fundamental. En general se puede decir que las plantas tienen raíces, tallos, hojas y flores cuyas funciones son interdependientes. Fue a partir del estudio de estas macroestructuras de la planta en

relación con su ambiente que se pudo ir afinando la comprensión de sus dinámicas de nutrición.

Desde el experimento de Jan Baptista Van Helmont que sentó el punto de partida sobre la comprensión del agua como elemento fundamental para el crecimiento de la planta, las observaciones microscópicas de los estomas en la hojas que realizó Nehemiah Grew, las cuales presentaron bases importantes para posteriores estudios sobre las interacciones planta atmósfera, llevados a cabo y refinados gradualmente por Stephen Hales (1667-1761), Antoine Lavoisier (1743-1794), y Joseph Priestley (1733-1804), se pudo determinar cómo las plantas tienen un efecto purificador de la atmósfera. (Baker y Allen, 1970. Pp. 159 -166)

Luego, gracias a los avances en otras disciplinas, como la química y la física se logró el refinamiento constante de las explicaciones que ya involucraban el fenómeno de la luz y su relación con microestructuras de la planta que permitían las diferentes transformaciones de la materia para su nutrición.

En cuanto a macroestructuras que en relación con el agua intervienen en diferentes procesos de la planta y que a su vez están en interacción con su ambiente, se puede decir, en términos generales, que las raíces tienen una función de absorción, el tallo de transporte, mientras que las hojas y partes verdes se encargan de transformar materia y energía.

Ahora bien, se hace necesario precisar la configuración micro de dichas estructuras y de éstas en relación a los recorridos y sustancias que tienen lugar en ellos para profundizar en la comprensión de las relaciones que hacen posible, no sólo los procesos metabólicos en la planta, sino también sus interacciones con el ecosistema.

De esta forma, se tiene entonces que “la síntesis de carbohidratos en las hojas depende de la cantidad de agua absorbida por las raíces y de la conducción ascendente de agua a través del tallo” (Baker y Allen, 1970, p.196).

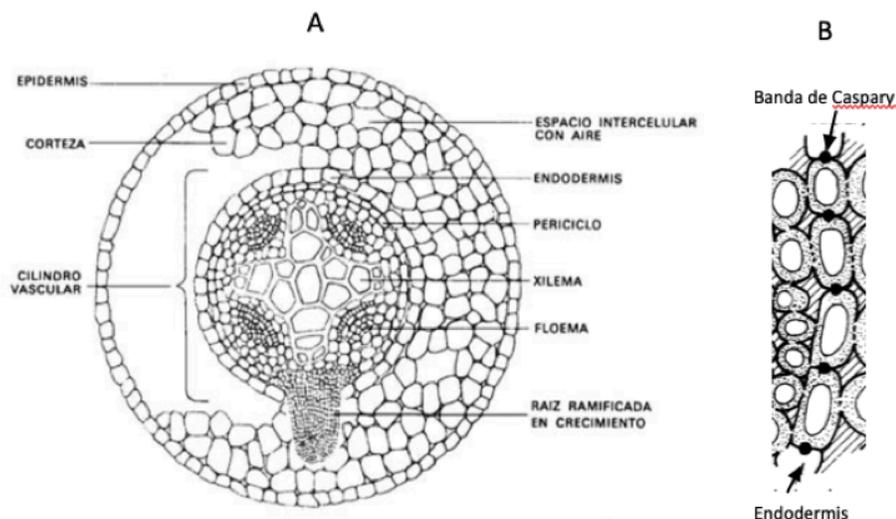
Las plantas pueden tener raíces llamadas pivotantes o fibrosas, ambas con muy pocas diferencias en su estructura. Las dos tipos cumplen funciones de absorción de agua y minerales, almacenamiento de carbohidratos y otras sustancias elaboradas por la planta, así como de fijación al suelo. Siendo las de tipo pivotante más eficientes en esta última labor, dada una penetración más profunda en el suelo. Sin embargo, las raíces fibrosas, al cubrir áreas más amplias, absorben el agua con mayor eficiencia (Baker y Allen, 1970, p.198).

Una raíz madura está compuesta de varias secciones a saber, si se analiza un corte transversal (Figura 1). El extremo, está formado por la epidermis que recubre la corteza donde se almacenan las sustancias producidas por la planta y que rodea el cilindro vascular que contiene los tejidos conductores del xilema y del floema (Baker y Allen, 1970, p. 199-200). Pero entre la epidermis y el cilindro vascular, se encuentra un tejido circular protector llamado endodermis, cuyas células presentan “un engrosamiento altamente suberizado de las paredes celulares que impide el paso del agua del exterior al interior y viceversa” conocido como banda de caspary (Bidwell, 1993, p.295).

El xilema está organizado en forma radial desde el centro del cilindro vascular y entre sus arcos hay pequeños grupos de células del floema. El xilema y el floema están normalmente separados por el cambium (tejido que produce el crecimiento en el diámetro del tallo o de la raíz) (Baker y Allen, 1970, p.200)

Figura 1.

Representación de cortes de una raíz y de la endodermis.



A Representación de corte transversal de una raíz madura. Tomado de *Biología e Investigación Científica* (p.200), por Baker y Allen, 1970. Fondo Educativo Interamericano, S.A.

B Representación de la endodermis (identificar su ubicación en A) con engrosamiento de la pared celular (Banda de Caspary). Tomado de *Fisiología Vegetal* (p.296), por Bidwell, 1979.

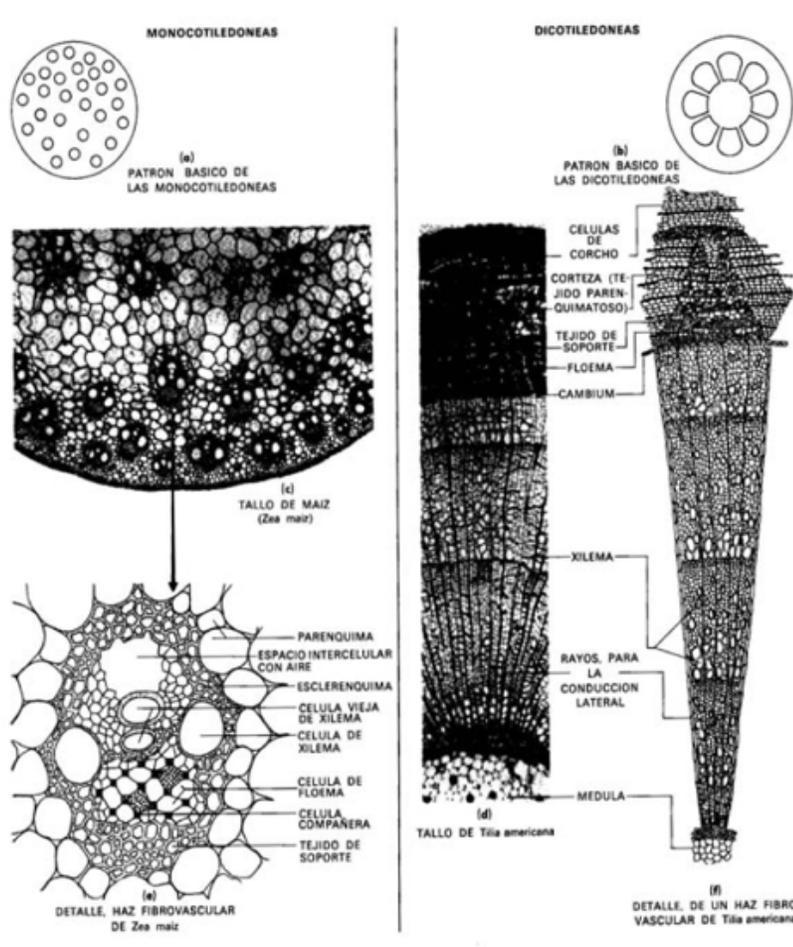
Las funciones principales del tallo son el soporte de las partes aéreas (hojas, flores y frutos), la conducción de agua y sustancias disueltas entre las raíces y las hojas, la fotosíntesis (Megías et al., 2018) y el almacenamiento de carbohidratos, proteínas y otras sustancias especiales para su propio crecimiento y sostenimiento de sus células (Baker y Allen, 1970).

El tallo crece tanto en longitud como en grosor y produce hojas y ramas gracias al tejido meristemático. El crecimiento en grosor puede ser de tipo primario (común a todas las plantas) y secundario (presente en la mayoría de las dicotiledóneas y todas las angiospermas) (Megías et al., 2018). La conducción se realiza por tejidos especializados organizados en haces fibrovasculares. Cada haz fibrovascular está formado por tejidos del xilema y el floema, normalmente un tejido de soporte y una capa de células de cambium, que dan origen a nuevas células del xilema hacia la parte interna y del floema hacia la parte externa. Dependiendo de si la planta es

monocotiledónea o dicotiledónea, la organización de los haces vasculares puede variar (Figura 2) (Baker y Allen, 1970, p.201).

Figura 2

Anatomía interna de dos tipos representativos de tallos de plantas.



Nota. La diferencia principal entre el grupo de la izquierda (monocotiledóneas) y el de la derecha (dicotiledóneas) es la forma de organización de los haces fibrovasculares. (Fotos cortesía de General Biological Supply House, Inc., Chicago). Tomado de *Biología e Investigación Científica* (p.201), por Baker y Allen, 1970. Fondo Educativo Interamericano.

En un tallo que está en crecimiento primario, del exterior hacia el centro se encuentran varias capas de tejidos. El primero es la epidermis, tejido formado por células de paredes celulares con cutina y ceras y que en algunos casos presentan tricomas y estomas (Megías et al., 2018).

Al interior de la epidermis se encuentra la corteza, formada por tejidos parenquimáticos fotosintéticos o de almacenamiento. La parte más externa de la corteza, puede estar formada por tejidos de sostén (colénquima o esclerénquima).

Al interior de la corteza se encuentran los haces vasculares, cuya organización es diferente a aquella de la raíz (Figura 3). Si en esta última el xilema se encuentra distribuido de forma radial desde el centro y el floema en la parte exterior, en el tallo el xilema se encuentra formando círculos. Aún así, estos tejidos conductores están conectados entre la raíz y el tallo. (Megías et al., 2018).

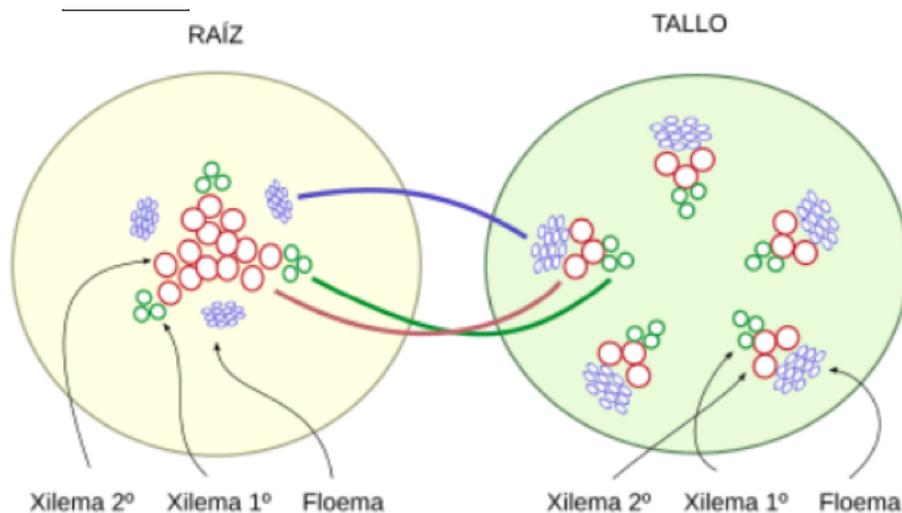
En el centro del tallo, al interior de los haces vasculares se encuentra la médula, la cual en parte, sirve de depósito de productos de desecho (Baker y Allen, 1970, p. 201-202).

Las plantas que presentan crecimiento secundario del tallo, el cual se da en grosor más no en longitud, desarrollan el cambium secundario, cuyas células dan origen al xilema y el floema secundarios que a su vez van desplazando a los primarios hacia el exterior del tallo. Este desarrollo es el que produce los anillos de crecimiento anuales.

Los tejidos del xilema y el floema tienen una función de conducción de sustancias entre las raíces y los demás órganos de la planta, pero así mismo proporcionan soporte a las partes aéreas.

Figura 3

Cambio en la organización de los tejidos conductores entre la raíz y el tallo.



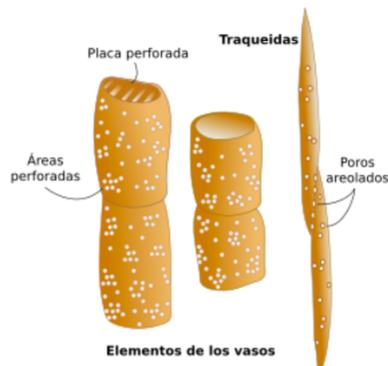
Nota. Tomado de Atlas de Histología Vegetal y Animal (p.6), por Megías, et al., 2018.

El xilema está formado por cuatro tipos de células, unas con funciones conductoras y otras de almacenamiento y soporte. Las células conductoras se denominan vasos y traqueidas (Figura 4). Ambas tienen paredes celulares gruesas, duras y lignificadas (Megías et al., 2018) lo que otorga rigidez al tallo (Baker y Allen, 1970) y su contenido citoplasmático, una vez la célula del cambium termina su diferenciación, muere, formando un tubo largo y delgado que permite el paso del agua y minerales disueltos desde la raíz hasta las hojas (Baker y Allen, 1970).

La diferencia entre las células de los vasos y las traqueidas (Figura 4) es que las primeras tienen un mayor diámetro, son más achatadas y sus paredes transversales están perforadas, lo que les da mayor capacidad para conducir el agua (Megías et al., 2018). Las traqueidas en cambio, presentan adelgazamientos en sus extremos de forma que se recubren las unas a las otras en dichas regiones. Tanto traqueidas como vasos presentan perforaciones en sus paredes longitudinales, que igualmente permiten el paso de sustancias (Baker y Allen, 1970) (Megías et al., 2018). El transporte de agua y sustancias disueltas en estos tejidos es de tipo simplástico, es decir, que "atraviesa" las células.

Figura 4

Esquema de los dos tipos de células conductoras del xilema.



Nota. Las células no están a escala. Tomado de Atlas de Histología Vegetal y Animal. Tejidos Vegetales Vasculares (p.5), por Megías, et al., 2020.

Los otros dos tipos de células que conforman el xilema son parenquimáticas con funciones de almacenamiento de carbohidratos, agua, y nitrógeno y esclerénquimas, que otorgan protección y soporte (Megías et al., 2018).

El floema, funciona transportando las sustancias carbonadas producto de la fotosíntesis desde las hojas hacia las demás estructuras de la planta. Está formado por células cribosas, llamadas así por los orificios que presentan en sus paredes y por los cuales pasan las sustancias. A diferencia de los vasos del xilema, estas permanecen vivas aunque carecen de núcleo, por lo que dependen metabólicamente de las células acompañantes (parenquimáticas) que también componen el floema. Al igual que en el xilema, también lo conforman células de soporte (esclerénquimas) (Megías et al., 2019).

Las hojas tienen la función de transformar los materiales que recibe del xilema en nutrientes para la planta a través de la fotosíntesis, pero además ayudan a controlar el flujo de agua y materiales a través de la misma por medio de la transpiración. Su estructura está dada por el peciolo y el limbo. Siendo este último donde se da el intercambio de gases entre la planta y la atmósfera y donde se absorbe la luz. El peciolo es una estructura cilíndrica y alargada que conecta el limbo con el tallo y es a

través de este que se transportan las sustancias entre ellos (Megías et al., 2019) (Baker y Allen, 1970).

El limbo tiene dos superficies, una superior normalmente expuesta al sol llamada adaxial y una inferior o abaxial. La capa exterior de ambas superficies es la epidermis y está formada por una capa gruesa de células que segregan cutina y otras sustancias cerosas de protección (Megías et al., 2019) (Baker y Allen, 1970).

Las hojas también presentan los haces vasculares conocidos como nerviación o venación con xilema y floema. El primero se organiza hacia la superficie adaxial, mientras que el segundo se ubica hacia la superficie inferior (Megías et al., 2019)

Como parte de la epidermis, muchas plantas presentan estomas, estructuras formadas por células especializadas que contienen cloroplastos (Las demás células epidérmicas no los tienen) y que, ante los cambios de presión de turgencia generados por la producción de glucosa a partir de la fotosíntesis y otras sustancias, generan un poro entre ellas llamado ostiolo.

El cierre y apertura del ostiolo regula el intercambio de gases con la atmósfera al igual que la transpiración, la cual juega un rol importante en la regulación del flujo hídrico de las raíces a las hojas (Figura 5). Los estomas pueden encontrarse tanto en la epidermis adaxial, como en la abaxial, dependiendo de varios factores, entre ellos el medio en el que se desarrolla la planta. (Megías et al., 2019)

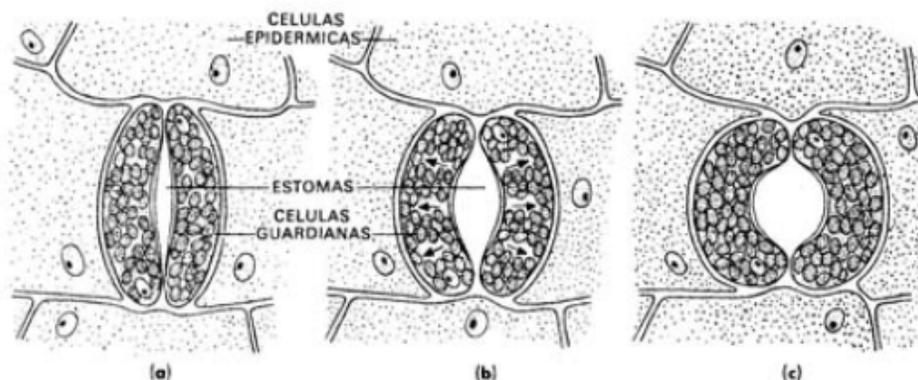
Algunas plantas también presentan tricomas en su epidermis, los cuales pueden variar en su estructura y tener funciones de protección, secreción, retención de agua, entre otras. (Megías et al., 2019).

Entre las capas epidérmicas se encuentran las del mesófilo (Figura 6), formadas por tejidos de parénquima, esclerénquima y colénquima cuya presencia y distribución dependen de la especie y del hábitat. En cuanto al parénquima, se puede encontrar de

tipo empalizada y lagunar. El primero, (llamado así porque sus células alargadas se ubican en forma perpendicular a la epidermis adaxial), tiene gran cantidad de cloroplastos y está ubicado más cerca a la epidermis adaxial.

Figura 5

Funcionamiento básico de las células de guarda para regular el tamaño del estoma.



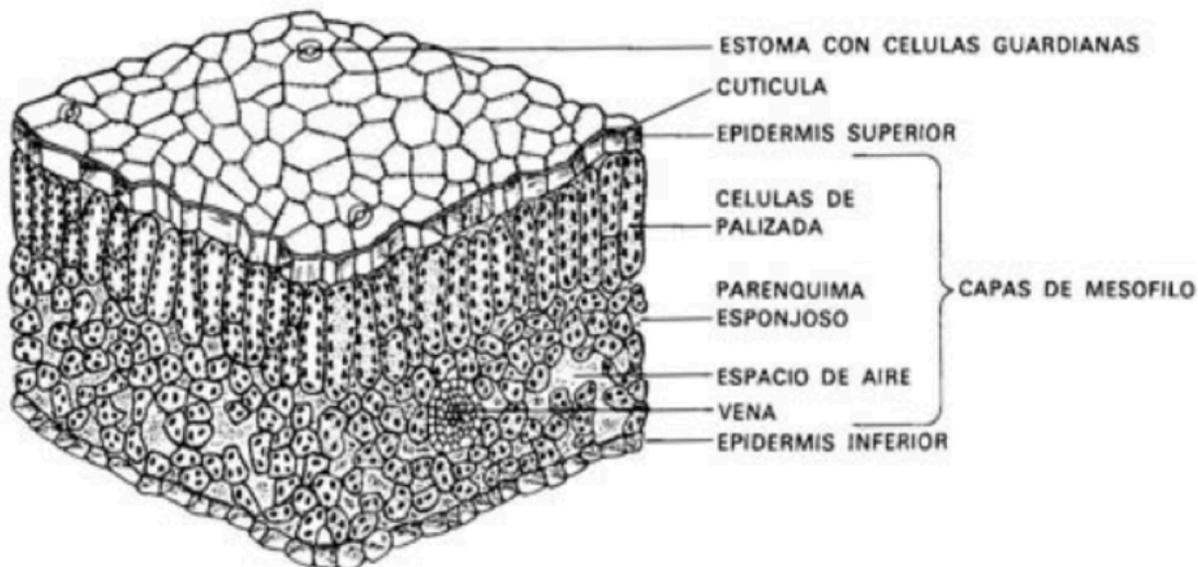
Nota. El azúcar producido por las células a partir de la fotosíntesis, hace que el agua de las células epidérmicas que las rodea, entre a ellas. Como la pared interna de las células guardianas es más gruesa, las paredes celulares se hinchan desigualmente y en consecuencia se curvan. Como resultado, el estoma se abre más ampliamente de la manera que se puede liberar el exceso de agua y se puede realizar el intercambio de gases. Tomado de *Biología e Investigación Científica* (p.205), por Baker y Allen, 1970.

El parénquima lagunar, también llamado esponjoso, tiene menos cloroplastos, pero más espacios intercelulares conectados a los estomas, lo que posibilita el movimiento de gases para la fotosíntesis. En algunas dicotiledóneas, se puede encontrar parénquima paravenal, tejido que puede estar relacionado con el transporte de sustancias entre el mesófilo y los haces vasculares. (Megías et al, 2019)

Según explica Bidwell, (1993), “el agua se mueve por la planta, penetrando principalmente vía las raíces y saliendo vía las hojas, en respuesta a un gradiente de potencial, el cual entonces debe disminuir continuamente desde el suelo hacia la atmósfera. En esencia, la planta actúa como eslabón en el sistema hídrico al permitir el flujo de agua hacia abajo de un gradiente de potencial, desde el suelo hasta la atmósfera. Parte del movimiento es mediante difusión, usualmente por ósmosis, y parte de él, mediante flujo de masa” (p.293).

Figura 6

Sección tridimensional de una hoja típica.



Nota. Tomado de *Biología e Investigación Científica* (p.204), por Baker y Allen, 1970.

Es decir, que la absorción de agua en la raíz está relacionada con la pérdida de vapor de agua en la parte aérea (a través de los estomas) dada la conexión que existe entre ambos por los conductos del xilema. Cuando la planta pierde agua por transpiración en el mesófilo foliar, se crea un vacío en el xilema y debido al mayor potencial hídrico del suelo y a la presión radicular, se genera un “empuje” del agua del suelo hacia las raíces y hacia arriba del xilema. Esto, facilitado por las propiedades de adhesión y cohesión de las moléculas de agua. (Baker y Allen, 1970)

Este flujo de agua por la planta se da a través de dos vías: la del apoplasto y la del simplasto. La primera, “está formada por todos los espacios intercelulares de los diferentes tejidos, incluida la pared celular y el xilema” (Arjona, 1996, p.140) y la segunda por “los citoplasmas de todas las células, los cuales están interconectados

entre sí por los plasmodesmos¹ que unen los citoplasmas de células adyacentes.” (Arjona, 1996, p.140)

De esta forma, el agua puede pasar del suelo a los tejidos de la raíz de forma radial por la vía apoplástica o simplástica, pero al momento de llegar a la endodermis, la Banda de Caspary impide el paso por entre las paredes celulares, siendo la vía simplástica la única ruta posible hasta llegar al al xilema donde las traqueidas y los vasos permiten nuevamente el transporte por el apoplasto. (Arjona, 1996, p.140). Después, el agua es transportada a través de estos conductos hasta las hojas, donde es usada en los procesos fotosintéticos o eliminada a través de la transpiración por los estomas, con lo cual se modifica nuevamente el potencial hídrico que propicia el flujo continuo del líquido.

Circulación en las Plantas: El Caso de las Bromelias

La familia Bromeliaceae está formada por plantas monocotiledóneas (Medina, 1990, p.72) de las cuales se han identificado aproximadamente 3086 especies organizadas en tres subfamilias (Smith y Downs, 1974 – 1979 en Medina, 1990, p.80) Pitcairnioideae, Bromelioideae y Tillandsioideae (Manetti et al., 2009, p.1885) y 56 géneros (Luther, 2006 en Mondragón et al., 2011, p.13). La familia Pitcairnioideae esta a su vez dividida en 5 subfamilias: Pitcairnioideae, Puyoideae, Navioideae, Hechtioideae, Lindmanioideae y Brocchinioideae (Matiz et al., 2013, p.101).

La familia se encuentra distribuida casi exclusivamente en el neotrópico -a excepción de una especie Pitcairnia en África Tropical-, desde el Sur de los Estados Unidos hasta el sur de Chile, extensión en la que han logrado ocupar casi todos los nichos ecológicos (Medina, 1990, p.72). El grupo está compuesto por plantas de tipo

¹ Los plasmodesmos “son canales que atraviesan la membrana y la pared celular. Estos canales no pasivos actúan como compuertas que facilitan y regulan la comunicación y el transporte de sustancias como agua, nutrientes, metabolitos y macromoléculas entre las células vegetales.” (Geydan y Melgarejo, 2006, p.91)

herbáceo, usualmente de forma arrosetada y sin tallo o con tallo corto e inflorescencias conspicuas que normalmente emergen del centro de la roseta (Mondragón et al, 2011, p.13). Presentan “marcadas diferencias en su tolerancia a déficits hídricos, regímenes de luz y disponibilidad de nutrientes durante el crecimiento” (Medina, 1990, p.72), por lo que pueden ser terrestres, litófitas o epífitas (Mondragón et al, 2011, p.13) y habitar desde zonas costeras hasta páramos a los 4200 m.s.n.m.

La familia Pitcairnioideae presenta hábitats principalmente terrestres mientras que las especies pertenecientes a la subfamilia Tillandsioideae tienden más al epifitismo. La subfamilia Bromelioideae “es intermedia desde el punto de vista del grado de desarrollo del epifitismo y la ocupación de hábitats expuestos y secos y/o húmedos y sombreados.” (Medina, 1990, p.73)

Según Medina, 1990, la familia Bromeliaceae posee características morfológicas y anatómicas que han permitido diferenciarla evolutivamente. Una de ellas está relacionada con la presencia de tricomas peltados (en forma de escamas) absorbentes con pedicelos insertados en la epidermis de las hojas (Tomlinson, 1969 citado en Medina, 1990, p.72), la cual a su vez presenta superficies impermeables de cutina y células con paredes sinuosas.

Otros elemento de diferenciación son las capas internas de células engrosadas y con contenido de sílice; la presencia de tejidos foliares acuíferos profundos en su región adaxial que les otorgan succulencia; el tejido meristemático del tallo asociado con trazas radicales y raíces intra caulinares en su corteza. Así mismo, la forma de los frutos y semillas, que en la las Bromelioideae son frecuentemente carnosos con semillas desnudas y dispersados por animales mientras que en las otras dos subfamilias estos son capsulares y con semillas aladas (Pitcairnioideae) o con apéndices plumosos bien desarrollados (Tillandsioideae) que favorecen la dispersión por el viento.

De igual forma, Medina (1990) reconoce las variaciones de la funcionalidad de las raíces como otra característica morfológica que permite diferenciar los grupos, teniendo

en cuenta que “las formas terrestres de Pitcairnioideae y Bromelioideae presentan raíces funcionales mientras que en las formas epífitas las raíces funcionan sólo como órganos de adhesión al sustrato” (p.73).

En este sentido, Matiz et al, (2013) menciona la clasificación que a partir de los desarrollos evolutivos de grupo (Pittendrigh, 1948; Benzing, 2000 citados en Males, 2016) hace Colin Pittendrigh en 1948. Estos desarrollos, presentan variaciones en las diferentes especies según la funcionalidad de sus raíces, el desarrollo del metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM)² y el solapamiento de las hojas que les permite a ciertas especies acumular agua y materia orgánica.

De esta forma, Pittendrigh distingue cuatro tipos de bromelias (Las figuras 7 y 8 resumen las estructuras adaptativas características y su presencia en los diferentes tipos propuestos por Pittendrigh).

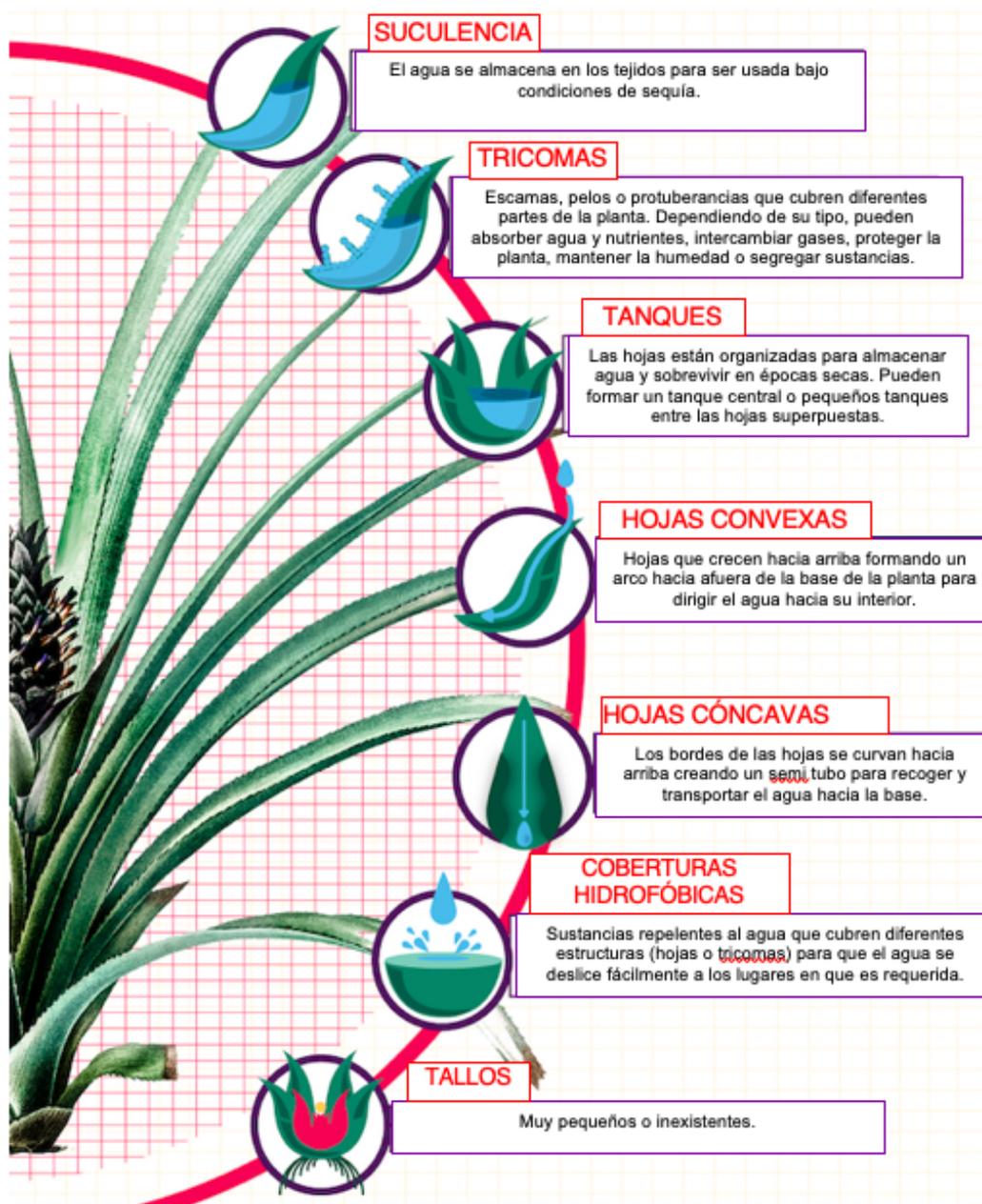
En el tipo I se ubican las bromelias que obtienen los nutrientes del suelo a través de las raíces y que no poseen una estructura que permita la acumulación de agua, por lo que se espera que aquellas especies que se desarrollan en hábitats secos, necesiten de otros mecanismos para preservar el agua como por ejemplo, el metabolismo CAM, que en muchos casos les permite el cierre de los estomas durante el día y evitar pérdidas por transpiración. Se entiende entonces que este tipo de plantas no presentan fitotelmas³ ni tricomas absorbentes en las hojas (Matiz et al, 2013).

² El metabolismo CAM “consiste en que los estomas abren sólo en la noche y la planta procesa el dióxido de carbono y lo acumula en moléculas especiales, para realizar su fotosíntesis a la luz el día siguiente. Al permanecer los estomas cerrados durante el día, evitan la pérdida de agua por transpiración” (Kattan, 2003, p.23)

³ Como fitotelma, se entiende el agua acumulada en plantas vivas y que constituye un hábitat para el desarrollo de organismos de agua dulce.

Figura 7

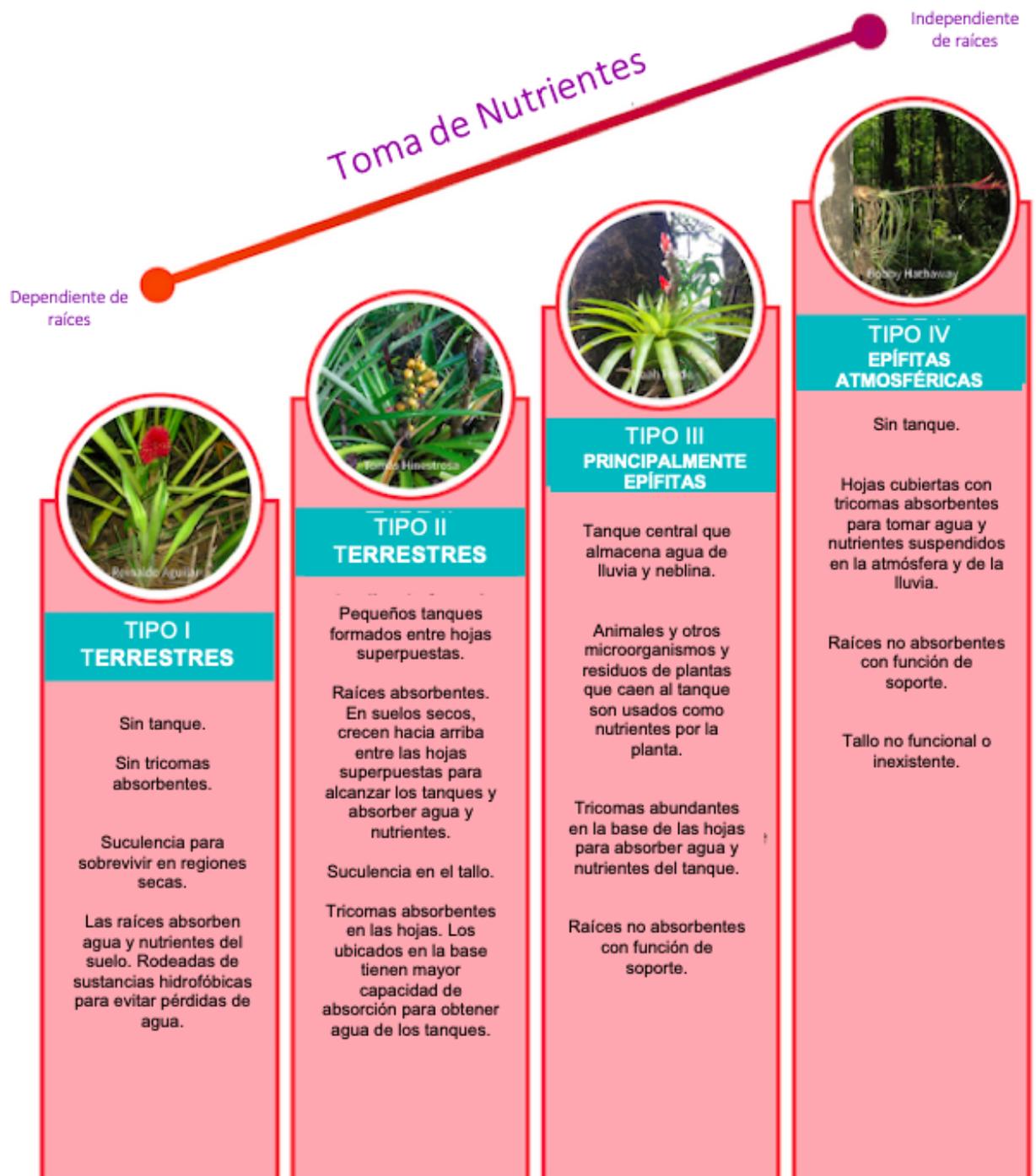
Representación de características adaptativas presentes en la familia Bromeliaceae.



Nota. Elaboración propia según referentes teóricos de Males (2016).

Figura 8

Tipos de bromelias según clasificación de Pittendrigh, (1948)



Nota. Elaboración propia según referentes teóricos de Leroy et al., (2016) y Matiz et al., (2013).

Las bromelias de tipo II tienen hojas que se superponen en forma de roseta en la base, permitiendo la formación de pequeños tanques. La absorción de agua y nutrientes se

lleva a cabo principalmente a través de las raíces adventicias intra caulinares que crecen por entre el tanque (Males, 2016, p.418), pero también puede darse por medio de los tricomas presentes en la base de las hojas (Matiz et al., 2013, p.107). Algunas especies de este tipo pueden presentar succulencia en el tallo -el cual normalmente es pequeño en relación con el follaje- para contrarrestar la poca disponibilidad de agua. (Males, 2016, p.418).

Las bromelias de tipo III, son epífitas y presentan un tanque -fitotelma-, formado por las hojas superpuestas en la base, del cual dependen principalmente para la obtención de agua y nutrientes, por lo que presentan gran cantidad de tricomas absorbentes en la base de sus hojas. El tanque les permite tener agua disponible durante los periodos secos, pero además se convierte en una estructura de gran importancia para el ecosistema dado que provee el hábitat para el desarrollo de diferentes organismos, que, a su vez, proporcionan materia orgánica que la planta puede utilizar en sus procesos metabólicos. Sus raíces no participan mucho en la nutrición y tienen una función principalmente de sostén al sustrato.

Benzing, 2000, citado en Leroy et al., (2016) propone una clasificación de cinco tipos de bromelias, basado en criterios similares a los que estableció Pittendrigh. Puede decirse que la mayor diferencia en la clasificación, radica en que Benzing reconoce dos grupos dentro de las bromelias tipo III (Es decir que el tipo IV para Pittendrigh, sería el tipo V para Benzing), uno formado por las especies pertenecientes a la subfamilia Bromelioideae de vida terrestre o epífita con ruta metabólica CAM y el otro por las epífitas pertenecientes a las subfamilias Tillandsioideae y algunas de Brocchinia, con ruta fotosintética C3, mayor cantidad de tricomas absorbentes y nula dependencia de las raíces para la incorporación de agua y nutrientes.

Las bromelias tipo 4 (tipo 5, según clasificación de Benzing, 2000), también conocidas como atmosféricas, no presentan tanque y “sus hojas están cubiertas por tricomas absorbentes que les permite tomar agua y nutrientes suspendidos en la atmósfera o de la lluvia, pero también podrían ser útiles reflejando la luz para evitar la foto

inhibición”(Matiz et al., 2013, p.110). Sus raíces cumplen funciones principalmente de sujeción al sustrato por lo cual también presentan estrategias para el almacenamiento de agua (Matiz, 2013).

Bromelias en los Bosques Alto andinos

La fisiografía característica de los Andes combinada con los gradientes de altitud que configuran diferentes condiciones climáticas dan origen a gran diversidad de ecosistemas que pueden ser clasificados en seis grandes paisajes: los páramos, las punas, los bosques montanos, los valles secos interandinos. Dentro de estos los bosques montanos se extienden desde el piedemonte ($500 \pm$ msnm) hasta el límite arbóreo a aproximadamente 3.200 msnm (Webster 1995, Lauer, 1989 en Cuesta et al., 2009, p.12).

Los bosques montanos revisten gran importancia “por ser reservorios de biodiversidad y por sus excepcionales funciones de regulación hídrica y mantenimiento de una alta calidad del agua” (Bubb et al. 2004 en Cuesta et al., 2009, p.14).

En lo bosques montanos pluviales subandinos, andinos y altoandinos, la denominada lluvia horizontal⁴ es un factor importante en el mantenimiento del balance hídrico de estos ecosistemas dado que el agua interceptada por las plantas es condensada y depositada en el suelo y subsuelo, aspecto relevante sobre todo en las épocas en que los caudales son mínimos.

Según Bruijnzeel y Hamilton 2000 citado en Cuesta et al., 2009, “bajo condiciones húmedas, la cantidad de agua directamente interceptada por la vegetación de los bosques montanos puede estar en el orden de 15% a 20% de la precipitación total y puede llegar al orden de 50% a 60% en condiciones más expuestas. Estos valores

⁴ Se entiende por lluvia horizontal la niebla y la lluvia de nubes bajas que son interceptadas por las plantas.

tienden a incrementarse en bosques montanos de mayores altitudes, en áreas con menor precipitación total o que presentan periodos de estiaje extendidos” (p.14). En dicho aprovechamiento de la lluvia horizontal y regulación del ciclo hidrológico, las plantas epífitas juegan un rol fundamental, por lo que Según Foster, 2001, (citado en Cuesta et al., 2009, p.16), cerca de un cuarto de las plantas vasculares de estos ecosistemas tiene forma de vida epífita y su almacenamiento de agua ha sido estimado entre 3.000 y 50.000 litros por hectárea (Richardson et al., 2000, Sudgden, 1981 citados en Cuesta et al., 2009, p.16). De igual forma, Benzing, 1998 (citado en Cuesta et al, 2009, p.16) estima que la mitad de los iones y nutrientes que ingresan al bosque puede provenir del agua filtrada por las epífitas.

Según varios autores (Kres, 1986, Benzing, 1990, Isaza eta al., 2004, Benzing, 2000, Skillman et al., 1999 y Zotz et al., 2001 citados en Isaza y Betancur, 2009), la familia Bromeliaceae es uno de los grupos de epífitas vasculares más característicos de los bosques neotropicales, gracias a sus estrategias adaptativas tales como la alta acumulación de biomasa en el tejido foliar, la reducción de las raíces, la organización de sus hojas en fitotelmas y su ruta metabólica CAM que les permite sobrevivir y crecer en condiciones de estrés, hídrico, sombra y lenta acumulación de nutrientes.

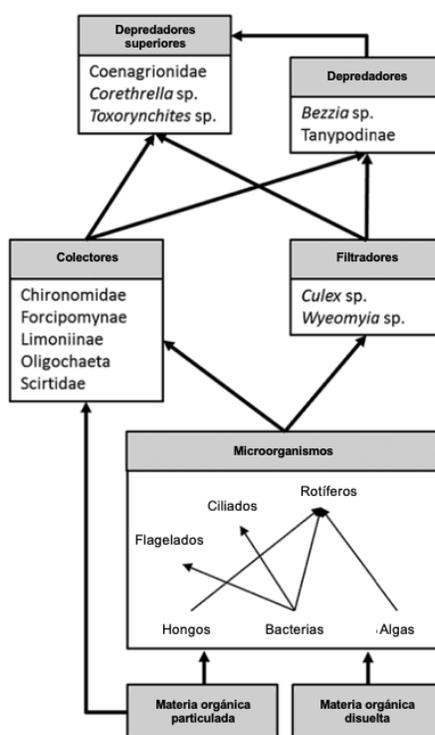
Adicional a esto, tanto las bromelias epífitas tipo III (fitotelmata) como las atmosféricas, poseen estructuras que les permite incorporar y almacenar elementos como nitrógeno, magnesio, potasio y fósforo transportados por la lluvia o la precipitación horizontal o a partir de asociaciones mutualistas con microorganismos terrestres, acuáticos y metazoos que contribuyen sustancialmente a su aprovisionamiento de minerales y por lo tanto a su supervivencia y que compensan el hecho de no tener contacto con el suelo. Incluso, algunas poseen estrategias de tipo carnívoro para atrapar insectos que después son degradados por los organismos presentes en las fitotelmas (Leroy et al., 2016)

Pero además, esta familia (principalmente las bromelias del grupo III), es de gran relevancia para las cadenas tróficas del ecosistema (Figura 9), puesto que en los

tanques de agua se encuentran algas, hongos, bacterias y protozoos que de por sí constituyen procesos de transformación y transferencia de energía; pero además, se acumulan residuos (hojarasca, heces de animales que habitan el fitotelma o animales muertos y de los cuales también obtienen nutrientes), lo que favorece el desarrollo de organismos detritívoros en su interior (Leroy et al., 2016). Estos detritívoros “conforman la base de una pirámide trófica que culmina en depredadores como arañas, salamandra y fases acuáticas de algunos insectos. Muchos organismos acuáticos se reproducen en el agua acumulada en las bromelias e incluso hay especies de ranas que solo se refugian y reproducen en ellas” (Kattan, 2003, p.24).

Figura 9

Representación de la cadena trófica detritica de una bromelia tipo tanque hipotética.



Nota. Los organismos dominantes se presentan de acuerdo con su grupo funcional (Ej. Microorganismos, filtradores, colectores y depredadores) y las flechas muestran las vías energéticas. Traducción propia de la adaptación de Brouard et al., 2012 en *The contribution of microorganisms and metazoans to mineral Nutrition in Bromeliads* (p. 247), por Leroy (2016).

Circulación del Agua en Bromelias Tipo III

Como se mencionó anteriormente, las bromelias tipo III son predominantemente epífitas, con estructuras especializadas que les permite retener agua de la bruma, de las precipitaciones y almacenarla en los tejidos o en sus organizaciones características de tipo tanque, con lo cual contribuyen al balance hídrico y de nutrientes en los ecosistemas.

En este sentido, las bromelias epífitas fitotelmas, presentan variaciones a las estructuras generalizadas con las que comúnmente se asocian las plantas vasculares, en la que las raíces tienen funciones de absorción y junto con el tallo, de transporte, como también se describió en un apartado anterior. Teniendo además limitaciones para el acceso constante al agua y a los nutrientes, las características morfo estructurales de su sistema vascular están dadas para mantener una baja conductividad hidráulica y para conservar el agua (North, et al., 2013).

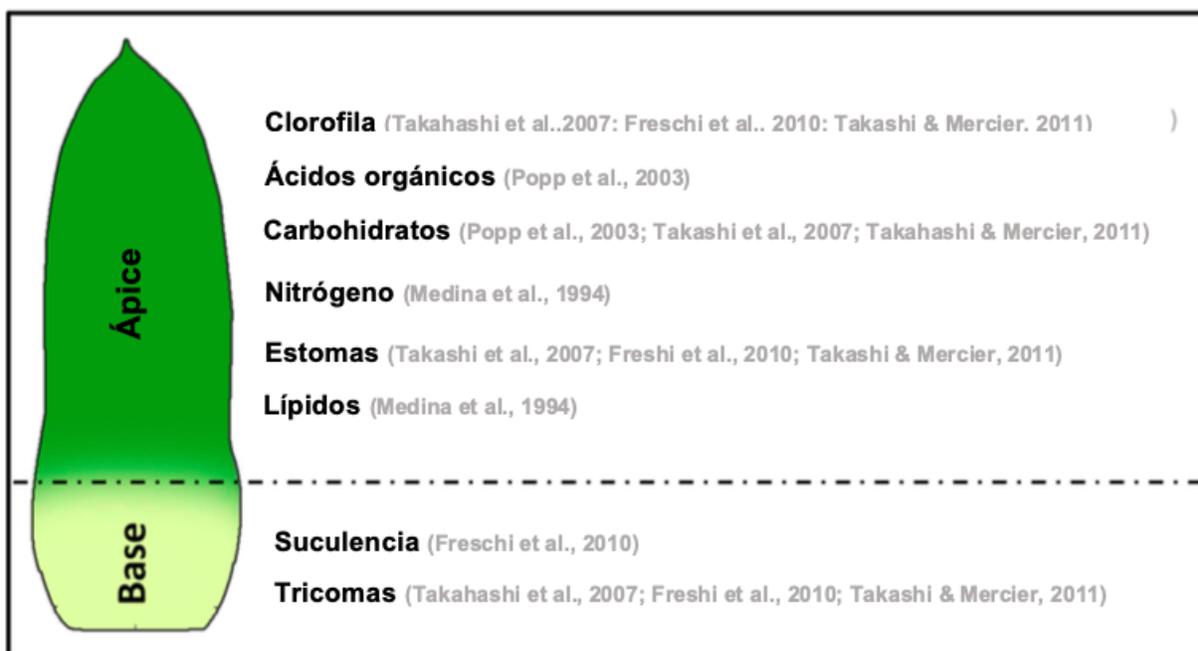
Para empezar, las raíces en este tipo de plantas, no presenta funciones de absorción ni conducción, sino principalmente de sujeción al sustrato mediante una relación de comensalismo. El tallo, como característica de la familia, es corto o inexistente, por lo que es en las hojas donde recaen las funciones de absorción, transporte, asimilación, e intercambio gaseoso. El cumplimiento de estos roles está facilitado por su estructura simple, entera y de venación paralela característica de las monocotiledóneas (North et al., 2013).

Se había mencionado también, que las hojas de las bromelias de tipo estructural III tienen una organización arrosetada producto de la superposición en sus bases, lo que crea un espacio adecuado para la formación de tanques. La morfología de las hojas, las cuales presentan limbos alargados y geotropismo negativo formando un arco hacia afuera, bordes curvados hacia arriba formando un semitubo, y las superficies hidrofóbicas permiten que el agua que es interceptada de la lluvia o la neblina por la hoja, sea dirigida con facilidad hacia el tanque.

Dadas las diferentes funciones que cumple la hoja, esta presenta secciones diferenciadas a lo largo como se ilustra en la figura 10. La base que está en contacto con el agua tiene funciones principalmente de absorción gracias a los tricomas, mientras que en el ápice se lleva a cabo la fotosíntesis, dado que interceptan la luz en mayor medida (Freschi *et al.* 2010; Medina *et al.* 1994; Popp *et al.* 2003; Takahashi and Mercier 2011; Takahashi *et al.* 2007; Zotz *et al.* 2002 citados en Leroy *et al.*, 2016 y Matiz *et al.*, 2013).

Figura 10

Características comparativas entre el ápice y la base de las hojas de las bromelias tipo III (Según clasificación de Pittendright, 1948).



Nota. Las características descritas en las diferentes porciones de la hoja muestran cómo son más abundantes en una región que en otra. Tomado de *CAM Photosynthesis in Bromeliads and Agaves: What Can We Learn from These Plants?* (p.109), por Matiz, *et al.*, 2013.

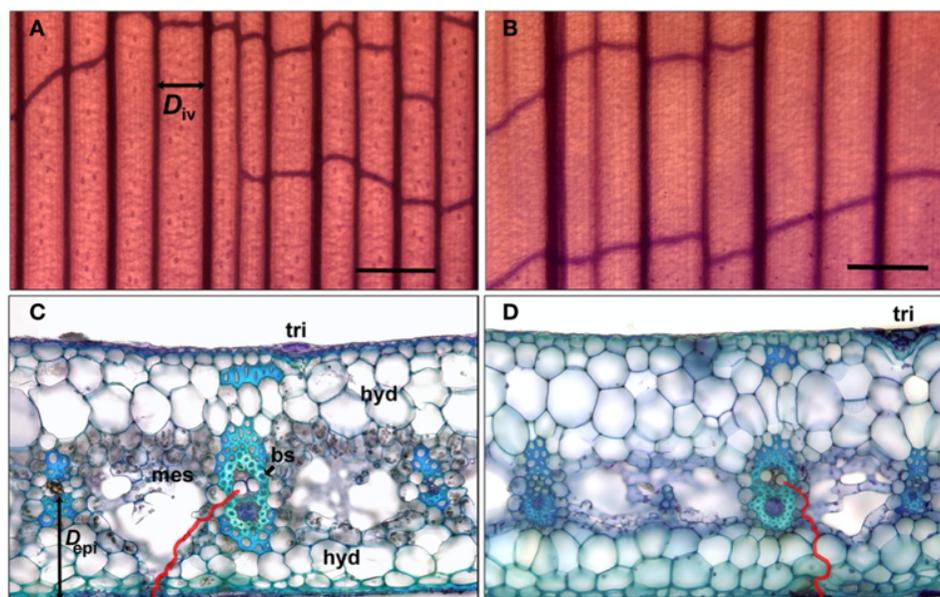
Los tricomas son de tipo peltado con peciolo que se insertan en la epidermis y pueden considerarse análogos a los pelos radicales en relación a su función de absorción (North *et al.*, 2013). En muchos casos (p.ej. *Guzmania lingulata*) estas estructuras están rodeadas de células con paredes suberizadas o cutinizadas, lo cual permite que el

agua entre con mayor facilidad desde las superficies adaxial y abaxial, continuando su movimiento por las vías apoplástica y simplástica hacia el xilema (Figura 11) (North et al., 2013).

En general para la bromelias, los tejidos del xilema están conformados por traqueidas más que por vasos, los cuales están ausentes en la mayoría de las especies (Tomlinson, 1969; Carlquist, 1975, 2012 citados en Males, 2016). Estas estructuras además tienen un diámetro reducido en comparación con otras especies de monocotiledóneas (Tomlinson, 1969 citado en Males, 2016, North et al., 2013), y es aún más reducido en las láminas de la hoja que en la base, aunque la densidad de venas y el número de haces vasculares (vistos en cortes transversales) respecto al ancho de la hoja es un poco mayor en la lámina que en la base (Figura 11) (North et al., 2013).

Figura 11

Cortes de hojas de *G. lingulata* usados para medir rasgos anatómicos.



Nota. Aclaramiento de la altura de la lámina (A) y la región del tanque (B) usada para determinar la distancia intervenal (D_{iv} ; flecha negra); barra de escala en (A) y (B) = 500 μ m. Sección transversal de la lámina de la hoja (C) y la región del tanque (D); las líneas rojas indican las rutas del agua entre la vena y la superficie abaxial (línea roja en (C) usada para calcular D_{mes} ; la línea negra indica las distancias entre la vena y la epidermis D_{epi}); barra de escala en (C) y (D) = 50 μ m. Abreviaturas: (bs) células de la vaina, (hyd) parénquima acuoso, (mes) mesófilo, (sto) estomas y (tri) tricomas. Tomado de *Leaf hydraulic conductance for a tank bromeliad: axial and radial pathways for moving and conserving water* (p.4), por North, et al., 2013.

Según estudios realizados en *Guzmania lingulata*, una vez el agua llega al xilema en la base de la hoja, continua su recorrido axial por las traqueidas y en la lámina escapa de las mismas por la vía simplástica para superar las paredes lignificadas y suberizadas de las células (lo cual ralentiza el transporte en relación a la base) que en dicha ubicación rodean los haces vasculares (Figura 11) y a partir de allí continuar por la vía apoplástica del mesófilo y del parénquima acuífero (North et al, 2013) donde la planta almacena el agua -lo cual le otorga el rasgo de succulencia-.

Dentro de las adaptaciones a nivel de tejidos que intervienen con las dinámicas del agua dentro de la planta está la presencia de aerénquima alternado con los haces vasculares (Figura 11), el cual tradicionalmente se ha asociado a la aireación de tejidos sumergidos en el agua (Tomlinson, 2969; Varadarajan, 1986, citados en Males, 2016) aunque también se ha evidenciado en epífitas no fitotelmas, por lo que también

se cree que podría tener una función de transporte de vapor de agua que además contribuiría a disminuir los gradientes de temperatura o presión de vapor entre la planta y el exterior (Sheriff, 1977, 1984; Rockwell, Holbrook & Stroock, 2014; Buckley, 2015, citados en Males, 2016); o así mismo, estar relacionado con la incorporación, difusión más eficiente (Picard, 1982 citado en North et al, 2013) y almacenamiento del CO₂ durante el cierre estomático (North et al, 2013) principalmente en las especies de metabolismo CAM en las que es importante disminuir la apertura durante el día para evitar las pérdidas de agua por transpiración.

De esta manera, las características morfológicas para la captación de agua del medio, el cierre estomático para evitar la transpiración, la dimensión y la densidad de los tejidos conductores y las capas suberizadas que limitan la distribución radial del agua, constituyen los mecanismos por los cuales las bromelias epífitas hacen un uso eficiente del agua para compensar la oferta limitada del recurso y mantener las interacciones ecosistémicas.

CONTEXTO PEDAGÓGICO

Teniendo en cuenta la complejidad envuelta en los temas anteriormente tratados, surge la pregunta de cómo abordarlos con estudiantes de básica primaria en instituciones formales, donde las condiciones principalmente de tiempo y edades parecieran obligar a tratar los temas sólo desde lo concreto. Ante esto, se resumen aquí tres propuestas pedagógicas que señalan no sólo la importancia de abordar la docencia de las ciencias desde la complejidad, sino las condiciones necesarias para que los estudiantes construyan nuevas organizaciones mentales respecto al conocimiento .

Desde el primero se llama la atención sobre los procesos del ver y la interpretación. El segundo, desde un paralelo entre la imaginación y el razonamiento las reconoce como condiciones esenciales para descubrir. Y el tercero propone lineamientos de orden pedagógico y didáctico que permiten concebir la escuela como un espacio cultural, democrático y equitativo para la construcción de conocimiento.

La Observación en Clave de Norwood Russel Hanson: Del “ver cómo” al “ver qué”

Hanson, fue un filósofo de las ciencias con un importante interés en los aspectos filosóficos de la investigación y el descubrimiento. En el primer capítulo de su libro “Patterns of Discovery” (1958) explica cómo la visión es una experiencia, un proceso intelectual que trasciende el estímulo fotoquímico sensorial y que involucra un antecedente de organización mental del sujeto. Respecto a esto, explica “son las personas las que ven, no sus ojos” (p.4). Según Hanson, “pueden rechazarse los intentos de localizar en los órganos de la vista (o en el retículo neurológico situado detrás de los ojos) algo que pueda denominarse visión” (p.4).

En este sentido, expone que dos personas pueden estar teniendo el mismo estímulo visual, pero las interpretaciones que del mismo hacen, están determinadas por el conocimiento o la organización mental que previamente tienen del objeto observado; y dicha organización, según el autor, no se refiere a las formas o los colores del estímulo,

sino a la manera como se comprenden sus elementos. Dicha comprensión, está mediada por el contexto implícito o explícito (explicado a través del lenguaje) en el que se presenta el objeto y el de quien lo observa.

Para explicar este razonamiento, cita el ejemplo de Pierre Duhem:

“Entre en un laboratorio, acérquese a una mesa atestada de aparatos, una batería eléctrica, alambre de cobre con envoltura de seda, pequeñas cubetas con mercurio, bobinas, un espejo montado sobre una barra de hierro; el experimentador está insertando en pequeñas aberturas los extremos metálicos de unas clavijas con cabeza de ébano; el hierro oscila y el espejo sujeto a él envía una señal luminosa sobre una escala de celuloide; los movimientos de vaivén de esta mancha luminosa permiten al físico observar las pequeñas oscilaciones de la barra de hierro. Pero pregúntele qué está haciendo. ¿Le contestará "estoy estudiando las oscilaciones de una barra de hierro que transporta un espejo"? No, dirá que está midiendo la resistencia eléctrica de las bobinas. Si usted se queda atónito, si usted le pregunta qué significan sus palabras, qué relación tienen con los fenómenos que ha estado observando y que usted ha advertido al mismo tiempo que él, le contestará que su pregunta requiere una larga explicación y que usted debería seguir un curso de electricidad.

El visitante debe aprender algo de física antes de que pueda ver lo que el físico ve. Sólo entonces el contexto pondrá de relieve aquellas características de los objetos que tiene ante él y en las cuales el físico ve indicadores de resistencia.” (Hanson, 1958, p.14.)

Pero hay otro elemento que el autor reconoce para la organización de los estímulos visuales y tiene que ver con la atención que se presta a dicho objeto: “Nuestra atención se fija de la forma más natural en los objetos y en los sucesos que dominan el campo visual” (Hanson, 1958, p.16).

Se puede decir entonces, que para involucrar a los estudiantes en el estudio de un objeto, es necesario, primero, que su atención visual – o en general sensorial- esté dirigida a dicho objeto, lo cual implica que el maestro diseñe estrategias para dirigir la mirada hacia lo que se pretende que los estudiantes observen. Pero además, dado que en los procesos de enseñanza-aprendizaje se espera generar un lenguaje común entre docente y estudiante, es necesario que ambos compartan la interpretación sobre el objeto de estudio, para garantizar que ambos estén viendo lo mismo. Es decir, que debe haber una organización mental que permita una visión compartida del objeto, la cual se logra ampliando el contexto del mismo a partir del lenguaje. Ya sea que se genere un conocimiento previo sobre el objeto antes de la observación, y/o que durante

la misma experiencia, se vaya contextualizando la imagen explicitando aquellas relaciones entre los objetos que la componen para lograr en los estudiantes, la organización deseada frente al estímulo.

Ahora bien, ¿cómo se refinan, según Hanson, estas organizaciones mentales? Dado que, según lo anterior, “la visión es una acción que lleva una carga teórica” (Hanson, 1958, p,18), en un inicio, al ver un objeto del que no se tiene un conocimiento previo, las enunciaciones que sobre él se hacen, se dan en relación a otros de los que sí se sabe algo. A esto se refiere Hanson al diferenciar las organizaciones que se elaboran entre lo que él denomina “ver cómo” y “ver que”. A medida que se profundiza en el conocimiento del elemento estudiado, se pueden describir características más precisas que lo diferencian de los demás, pasando de “verlo como” algo más, a ver lo que es. Y para lograrlo, no es suficiente sólo con tener una imagen del objeto, sino que es necesario pensar sobre él.

A propósito de esto, Hanson (1958), argumenta que “nuestra conciencia visual es dominada por imágenes; el conocimiento científico, sin embargo, es primordialmente lingüístico. El concepto de visión abarca, por lo menos, los conceptos de sensación visual y conocimiento” (p.24), entendiendo el último, como un sistema de proposiciones expresables en textos, comunicaciones y discusiones.

Es decir, que el recorrido entre el “ver cómo” y el “ver que” se logra a partir del lenguaje. Las oraciones significativas que se establecen en relación con la imagen, son las que hacen que las cosas tengan sentido. Para Hanson (1958), “los objetos, los sucesos y las imágenes no son intrínsecamente significantes o relevantes” (p.26), es el conocimiento de estos, lo que les otorga estas virtudes.

Si se acepta entonces, que los enunciados significativos que se dan en las dinámicas de aula en relación con las experiencias sensoriales, permiten que los estudiantes generen nuevas organizaciones frente a sus objetos de estudio, se reconoce también la necesidad de que el maestro no solo genere experiencias para que los objetos de

estudio pasen a dominar la intención visual de los sujetos, sino que además existan espacios para la elaboración lingüística de las imágenes y de esta forma generar nuevas organizaciones mentales, por lo tanto nuevo conocimiento.

En este sentido, y en palabras de Hanson (1958), se considera que “ver que” inserta conocimiento dentro de nuestra visión; nos libra de reidentificar cada cosa que encuentran nuestros ojos; permite al físico – o al científico - observar los nuevos datos como físico -o como científico- y no como una cámara fotográfica” (p.21).

El Descubrimiento de la Complejidad, los Juguetes de Profundidad y la Infancia Según G. Bachelard

En relación con la forma en que los niños y niñas modifican sus organizaciones mentales sobre las imágenes que perciben, los postulados de Gastón Bachelard, explicados por Jean (1983) reconocen la imaginación en la infancia como fuerza creadora de conocimiento, donde sus primeras imágenes del mundo enriquecen las lecturas que hacen de sus experiencias.

Pero entonces, si en el anterior se habló de la necesidad de centrar la intención sensorial de los estudiantes en el objeto de estudio, aquí se tratarán las condiciones con que dicho objeto debe cumplir para que los sujetos logren superar las primeras imágenes y paulatinamente ir las transformando en conocimiento científico, mediante procesos que satisfagan su curiosidad profunda en el ejercicio de la actividad intelectual (Jean, 1983).

Una de estas condiciones está dada por la necesidad de que el niño reconozca la complejidad del mundo natural, para lo cual es necesario abandonar la simplicidad con que se suelen abordar los conceptos en la escuela. “Simplificar – decía Bachelard – es sacrificar. Es el equivalente inverso de la explicación que, por su parte, no teme a la prolijidad” (Jean, 1983, p.107). En este sentido, se establece una diferencia entre lo elemental y lo simplista, indicando lo primero, los fundamentos de la complejidad y lo

segundo, su expresión más simple, que enmascara la realidad que es compleja; y si bien lo simple puede retenerse con mayor facilidad en la memoria infantil, también se debe entender que la memoria no es el saber (Jean, 1983, p.108)

Propone entonces, una enseñanza del descubrimiento de la complejidad a través de la investigación que el maestro lleva a cabo con los niños. No significa esto, como lo expone el autor “que soñemos con una enseñanza prematuramente sabia”. No se expone a los estudiantes a la complejidad para que la comprendan completamente, sino para que sean conscientes de ella (Jean, 1983, p. 108).

Ahora bien, hay que establecer una diferenciación entre lo que el autor llama simplicidad en la enseñanza de las ciencias y la forma visible y tangible de los fenómenos que forman las primeras imágenes. Podría decirse que ambas, enmascaran la realidad, en cuando esconden la complejidad inherente a la misma. Sin embargo, la primera es reduccionista y se configura desde relaciones en las que hay que creer lo que dice el maestro. La segunda, por el contrario, se convierte en el señuelo que invita al sujeto a buscar las capas más profundas del objeto de estudio, develando su complejidad mientras a través de la razón, del estudio, se modifican las primeras imágenes para construir conocimiento (Jean, 1983).

Es así como según la pedagogía de bachelard, el maestro debe proporcionarle al estudiante, objetos de estudio que sean “juguetes de profundidad”⁵, que respondan a la curiosidad profunda “para ver otra cosa, ver más allá, ver dentro; en suma, librarse de la pasividad de la visión” o como lo expone Hanson, para hacer de la visión una experiencia y pasar del “ver como” al “ver que”.

⁵ Bachelard habla de los “juguetes de profundidad” en su obra *La Terre et les reveries du repos*. Citado en Jean, 1983. P. 21.

Los Problemas de Conocimiento

Dado que la conciencia de la complejidad está mediada por el lenguaje, el aula se convierte en el espacio para las construcciones lingüísticas sobre el objeto de estudio que activa en los sujetos que interactúan -maestros, estudiantes- dinámicas sociales y culturales que permean las representaciones que allí se construyen del mundo.

En este sentido, el Grupo Eco-Perspectivas del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, presenta su propuesta de Problemas de Conocimiento como una categoría que da cuenta de la complejidad de la ciencia como una actividad de construcción de explicaciones, de representaciones que son legitimadas social e históricamente y por lo cual tiene un carácter provisional y de su enseñanza como la práctica en la que emergen nuevas subjetividades (Valencia et al., 2003).

Al respecto, proponen unos referentes pedagógicos para abordar la actividad en el aula. El primero, tiene que ver con la emergencia de nuevas subjetividades en la enseñanza de las ciencias. Es decir, se concibe el aula de la clase de ciencias como un espacio de transformación cultural en la que los maestros y estudiantes están en diálogo permanente alrededor de sus objetos de estudio, en dinámicas en las que se elaboran nuevas representaciones del mundo a partir de la interacción entre sus diferentes percepciones, puntos de vista, valoraciones, productos de la ciencia y estructuras sociales enmarcadas en el contexto institucional de la escuela (Valencia et al., 2003).

En estas relaciones, emergen entonces nuevos roles desde el maestro y los estudiantes y por lo tanto se estructuran relaciones alternativas que modifican las estructuras de poder convencionales en el ambiente escolar. Es así, como el estudiante se convierte en sujeto social de conocimiento, un actor activo y reflexivo que se encuentra constantemente en situación de crítica, como diría Bachelard, (citado en Jean, 1983) con un “espíritu alegre, lúcido y conquistador” que le permite modificar las

formas de “relacionarse consigo mismo, con el otro y con su entorno y que es capaz de emocionarse con el conocimiento” (Valencia et al., 2003, “La enseñanza de las ciencias y la emergencia de nuevas subjetividades”, párrafo 3).

Esto, a su vez, implica que el maestro transforme su rol tradicional en el aula, pues desde el dominio de su saber no encaminará su acción hacia la repetición del hacer en concordancia con los textos y normativas, sino que se asume como un posibilitador de experiencias y dinámicas que permita a los estudiantes descubrir la complejidad del mundo natural y social, asumiendo el riesgo de transformar su práctica en un acto creativo, abierto a trazar y guiar nuevos caminos y a renovar constantemente su acción pedagógica.

El segundo referente pedagógico que emerge de la propuesta es el diseño de Problemas de Conocimiento, entendidos como “experiencias que desencadenan procesos alternativos para la enseñanza de las ciencias y llevan al desarrollo de procesos de conocimiento” (Valencia et al., 2003, “Los problemas de conocimiento y la enseñanza de las ciencias”, párrafo 3). Es decir, vivencias en las que los sujetos llevan a cabo acciones de descubrimiento en semejanza con la actividad científica, permitiendo que se generen nuevas relaciones consigo mismos, con los otros, con el ambiente natural y con la experiencia para construir explicaciones sobre el mundo físico en dinámicas de comunicación democráticas y equitativas, que permiten la circulación de la palabra en torno al objeto estudiado, pero también a los sujetos y sus dinámicas sociales y culturales.

De este modo, la “reconstrucción de los corpus teórico-experimentales disciplinares” ya no es el punto de llegada que motiva la acción, sino que es la concepción de ciencia como actividad de la cultura, la que domina las intenciones pedagógicas (Valencia et al., 2003).

INTERVENCIÓN EN EL AULA

En este capítulo se realiza una caracterización de las condiciones institucionales, en términos de tiempos, espacios, recursos y actores que enmarcaron el desarrollo de esta propuesta, así como una descripción de los sentidos didácticos orientadores y de cada una de las fases de implementación.

Condiciones institucionales

El Colegio La Colina es una institución de educación bilingüe (inglés-español), mixta, de carácter privado, ubicada en el municipio de La Calera (Cundinamarca) cuyo modelo pedagógico pone como centro al estudiante para que adquiera aprendizajes significativos dentro y fuera del aula, alrededor de tres ejes transversales: la pedagogía activa, el aprendizaje basado en proyectos y los procesos metacognitivos.

La pedagogía activa, aquí es entendida como los espacios de experimentación diseñados por el docente para que los estudiantes vivan y construyan conocimiento desde la experiencia dinamizada por el trabajo en comunidad. Así mismo, los proyectos de aula plantean los contextos en los que se enmarcan gran parte de estas experiencias, así como la concreción de los aprendizajes mediante el desarrollo de tareas complejas. Este proceso además, considera el desarrollo del estudiante no solo en su dimensión académica sino también personal y social, de forma que los ambientes de aprendizaje deben estar contruidos desde criterios de libertad y creatividad para que cada estudiante encuentre su yo real, a partir del cual empezarán a construir su proyecto de vida.

En este sentido, la visión del Colegio la Colina se concreta en:

Construir el proyecto de vida de cada uno de sus estudiantes a través del desarrollo de tres dimensiones: personal, social y académica, para formar seres humanos felices y capaces de hacer felices a quienes le rodean; rigiéndose por los siguientes principios: seguridad física y emocional, afectividad, responsabilidad y eficiencia. (Colegio La Colina, 2021)

Para el cumplimiento de esta visión, el colegio provee diferentes recursos de infraestructura, equipos y espacios para el desarrollo de las diferentes experiencias. Constantemente, subsidia actividades como salidas pedagógicas, compra de materiales y actividades especiales.

Un aspecto muy importante tiene que ver con gran oferta de espacios abiertos para el desarrollo de actividades al aire libre, pero un elemento que cobra bastante relevancia para esta propuesta, es que se cuenta con un relicto de bosque que hace parte de la zona de amortiguación del Río Teusacá, que pasa bordeando uno de los límites del plantel. Este bosque, es usado con frecuencia por los docentes para el diseño de experiencias, pero también por los estudiantes para el desarrollo de actividades de juego y esparcimiento. En la clase de ciencias, tiene el potencial de ser un laboratorio vivo para el estudio de fenómenos complejos.

De igual forma, el colegio está dotado con equipos de laboratorio que incluyen, microscopios y estereoscopios suficientes para su uso individual o en parejas, balanzas, equipos de disección, diferentes tipos de reactivos, entre otros que son continuamente utilizados en las clases.

Caracterización de los actores

En general, los estudiantes del Colegio La Colina, viven la pedagogía activa en su día a día, por lo que están acostumbrados a aprender haciendo y valoran su colegio como un espacio en el que se divierten.

El grado cuarto, nivel en el que se implementó la ruta de intervención, está formado por 4 cursos con entre 19 y 21 estudiantes cada uno, niños y niñas de entre 9 y 11 años, con un proceso de bilingüismo que ronda los niveles A1 y A2 según el marco común europeo. Esto significa que la mayoría de los estudiantes es capaz de comprender frases y expresiones que le son relevantes y pueden comunicarse a la hora de ejecutar

tareas simples. Este aspecto se vuelve relevante para esta propuesta, dado que la asignatura de ciencias es dirigida cien por ciento en inglés.

De los grupos con los que se implementó esta experiencia, se puede decir que están formados por niños y niñas alegres y participativos, aunque no muy sistemáticos a la hora de cumplir sus rutinas. A nivel de recursos, tienen todas las posibilidades económicas y logísticas para involucrarse activamente en las actividades propuestas y normalmente muestran una gran disposición hacia el aprendizaje, sobre todo dentro del aula. Se debe tener en cuenta, sin embargo, que la ejecución de las actividades que se describirán más adelante, fueron llevadas a cabo en una época especial de pandemia y aprendizaje remoto, lo cual afectó la motivación de algunos niños y niñas, causando que su respuesta a las actividades propuesta no fuera tan entusiasta.

Aún así, se tomaron los recursos disponibles para mantener en la medida de lo posible el modelo pedagógico y en este sentido se debe recalcar la importancia del hecho de que todos los estudiantes contaban con acceso a internet y dispositivos para conectarse a los encuentros sincrónicos.

Descripción de la propuesta

La propuesta de intervención que se describe en este capítulo estuvo orientada por los referentes mencionados en el contexto teórico pedagógico, y se concretó mediante la articulación de las propuestas didácticas del enfoque de Problemas de Conocimiento y las dinámicas que en cuanto a estructura de las clases e instrumentos demanda el Colegio La Colina.

De esta forma, los encuentros se diseñaron de forma que al inicio tuvieran una actividad que en el colegio se entiende por *experimentación* (actividad práctica de diferente naturaleza según los conceptos o habilidades que se pretenden trabajar en cada clase) cuyas dinámicas, resultados u observaciones son posterior o

simultáneamente discutidas por los estudiantes en la etapa entendida como *socialización* que paulatinamente va llevando a la configuración de un concepto.

En este sentido, se articulan las dinámicas típicas del colegio con los criterios de actuación y formas de trabajo propuestos por el enfoque de Problemas de Conocimiento de la siguiente forma:

Las situaciones desencadenantes (Valencia et al., 2003) planteadas por los autores como espacios que enriquecen las posibilidades explicativas a partir de la experiencia, se desarrollaron en la medida de lo posible al inicio de cada encuentro, tal como lo plantea el modelo del colegio. Estas actividades son de diversa índole: recorridos virtuales por el bosque del colegio (dadas las condiciones de confinamiento), elaboración de instrumentos como el pluviómetro, montajes experimentales (entendidos por Valencia et al., (2003) como artificialización del mundo natural), laboratorios de disección de los tallos de las plantas, etc. que crean situaciones que se articulan como un “espiral que cada vez complejiza la situación y permite acceder - descubrir⁶- a un nuevo campo de problemas”.

Durante o después de las situaciones desencadenantes, se crean ambientes de aula para la socialización de las experiencias⁷ que favorezcan la emergencia de lo que en el marco de los Problemas de Conocimiento se entiende como *relaciones alternativas* con la información, con los otros, con el entorno natural y con la experiencia. Para esto, se hace uso de diferentes recursos como las conversaciones espontáneas, preguntas direccionadoras, formatos para registros grupales y/o individuales de las observaciones, discusiones grupales, lecturas y material audiovisual relacionado con lo observado, donde ningún postulado se muestra como definitivo, sino como insumo para enriquecer las discusiones y las explicaciones.

⁶ En referencia a los postulados de Bachelard sobre el descubrimiento y los juguetes de profundidad. (Referenciado en Jean, 1983, p.21)

⁷ En términos de los Problemas de Conocimiento, se entienden como los ambientes comunicativos en los “que el sujeto es y se configura a través de la palabra” (Valencia, et. al, 2003, “Ambientes comunicativos”, párrafo 1).

Estos ambientes, favorecen entonces las dinámicas de construcción del conocimiento que posteriormente es divulgado en diferentes formatos que “enfrentan a los estudiantes con nuevas formas de elaborar explicaciones, organizar sus ideas y comunicar sus vivencias y aprendizajes” a través de ejercicios escriturales o representaciones gráficas.

Estos sentidos orientadores, se concretaron en la ruta de intervención que se describe a continuación:

Ruta de intervención en el aula “La Circulación del Agua en los Ecosistemas”

Las actividades de la propuesta de intervención que a continuación se describen, buscan que los estudiantes de grado cuarto estudien la circulación del agua como un fenómeno complejo y que al final de la ruta puedan incorporar elementos descriptivos, interpretativos y argumentativos en un ejercicio escritural que comunique su comprensión sobre las estructuras y procesos que posibilitan la circulación del agua en el bosque del Colegio La Colina y sus bromelias. Es necesario resaltar que todas las clases y los instrumentos se desarrollan en inglés.

Para esto, se estructuran tres fases de intervención:

Fase I: Explorando el bosque.

Diseñada con el propósito de centrar la mirada de los estudiantes en los componentes físicos y biológicos del bosque del colegio y sus bromelias, inicia con una contextualización de este ecosistema en relación con el territorio al que pertenece y los actores que en él interactúan.

Para esto, se utiliza la herramienta Google Earth para que los estudiantes localicen en el contexto general de planeta Tierra, esos lugares que suelen habitar (casa, colegio).

Posteriormente, se les presentan croquis de los mapas de Bogotá, La Calera y del Colegio La Colina (Ver anexos 1, 2 y 3) para que los estudiantes los carguen de significado al recordar y documentar mediante fotografías que en un ejercicio de socialización se van agregando a cada mapa, las actividades que comúnmente desarrollan y las experiencias más memorables que en ellos habían vivido.

El propósito de este ejercicio es abrir espacios para relatar anécdotas y construir conjuntamente un concepto de territorio en el cual se relacionen las afectaciones que como humanos generamos al espacio físico que habitamos y cómo el espacio nos provee de todo aquello que necesitamos y disfrutamos, para generar un sentido de responsabilidad frente al uso que como individuos y comunidad hacemos del espacio físico.

Posteriormente, se lleva a cabo un taller en el que con una botella plástica, los estudiantes fabrican un pluviómetro y lo usan para medir la precipitación durante una semana en cada una de sus casas (Ver guía en anexo 4). A partir de la comparación de resultados, se abre la discusión sobre los factores que afectan el clima y cómo estos determinan las características de diferentes ecosistemas. La discusión se enriquece con la lectura conjunta de una guía y el desarrollo de un taller grupal (anexo 5).

Posteriormente, se hace un ejercicio de clasificación de imágenes (Ver anexo 6) de diferentes plantas en un tablero digital, para que a modo de concurso, las agrupen en “bromelias” y “no bromelias” según algunas claves que la profesora les brinda, como: Las bromelias tienen hojas alargadas, no presentan tallo, o es muy corto y pueden vivir en el suelo o sobre otros árboles. A partir de la socialización de esta experiencia, los estudiantes pueden identificar las características principales de las bromelias que la docente resume en una diapositiva. (anexo 6).

Una vez esto se logra, los estudiantes realizan un recorrido virtual por el bosque del colegio, durante el cual deben alertar a la profesora cada vez que observen una bromelia. De este recorrido se van tomando fotos de pantalla que incluyan una bromelia

y el espacio alrededor de la misma. Cada foto, se incluye en una guía, en la que por grupos, deben hacer una descripción de los elementos observados (anexo 7).

Posteriormente, se da el espacio para que cada grupo socialice sus registros y retroalimente el de los demás.

Fase II: Estudiando el Agua en las Plantas.

Al finalizar la anterior actividad, cada estudiante debe responder las siguientes preguntas en un tablero digital, de forma que las intervenciones queden visibles para toda la clase (Anexo 8): ¿Qué relación encuentras entre las precipitación en el bosque y las bromelias? ¿A través de que partes de la bromelia crees que circula el agua?. Estas preguntas, tienen el objetivo de centrar la mirada en las posibles relaciones entre las plantas y el agua.

Como actividad desencadenante, se recurre a la artificialización para que cada estudiante, con la guía de la docente, realice dos montajes experimentales para estudiar la absorción de agua por las raíces y su transporte a través del tallo. Para esto, sumergen en agua una raíz de apio o cebolla larga y realizan mediciones del agua absorbida. En el otro montaje, sumergen el tallo de la misma planta y registran los cambios de color en la misma. Los detalles del montaje se pueden ver en la guía experimental en el anexo 9.

Siguiendo con la misma estructura de las clases, una vez termina el experimento, los estudiantes socializan, grafican y discuten los resultados. En la socialización, se incluye la lectura de una guía sobre las plantas vasculares y sus tejidos de transporte e individualmente, van resolviendo preguntas relacionadas con los conceptos allí descritos, pero también realizan una representación gráfica de la imagen que a partir de la teoría y las socialización de resultados del experimento, construyen del xilema. (Ver guía en anexo 10)

En el siguiente encuentro, se realiza un laboratorio en el que cada estudiante hace la disección del tallo (cortes transversales y longitudinales) que usaron para el montaje experimental, al tiempo que identifican los instrumentos requeridos para este tipo de experiencia. Debido a que están en condiciones de confinamiento y no es posible acceder a equipos más especializados, la docente realiza cortes transversales y longitudinales de un tallo de apio para ser observados al microscopio y les presenta las imágenes obtenidas. Posteriormente, repite el procedimiento con cortes de hojas de bromelias que previamente fueron sumergidas en colorante. Durante toda la experiencia, la docente guía las discusiones por medio de preguntas, que dinamizan la interpretación de las imágenes y van configurando organizaciones mentales de las estructuras de transporte, de las cuales los estudiantes van dando cuenta mediante la identificación del xilema del apio y de la bromelia en una guía que contiene las imágenes obtenidas del microscopio (anexo 11).

Fase III: El Agua en las Bromelias y su Dinámica en el Bosque.

Durante esta fase, y considerando las observaciones y discusiones de la fase anterior, los estudiantes estudian construcciones teóricas sobre la familia bromeliaceae en términos del epífitismo, de sus estructuras adaptativas y de las clasificaciones que al respecto se hacen. Igualmente, analizan información sobre las bromelias tipo III (fitotelmatas) y su relación con la supervivencia de otras especies. Esta información se presenta a manera de infografías (anexos 12, 13, 14 y 15) que son analizadas en grupo y respecto a las cuales los estudiantes resuelven de forma individual, preguntas de opción múltiple.

Finalmente, los estudiantes organizados en grupos, incorporan elementos descriptivos, interpretativos y argumentativos que han venido contruyendo durante toda la ruta para responder a la pregunta ¿Cómo circula el agua en el bosque del Colegio La colina?. Las respuestas deben tener un mínimo de 25 líneas y deben incorporar una lista de términos que se han venido elaborando durante las actividades previas de la ruta (anexo 16).

Una vez los estudiantes desarrollan la tarea, cada escrito se pasa a otro grupo para recibir la retroalimentación de los demás en términos de estructuras lingüísticas e incorporación de conceptos.

Las tabla 1, 2 y 3, resumen las diferentes fases de la ruta de intervención descrita.

Tabla 1

Resumen de la fase I de la ruta de intervención.

FASE I : EXPLORANDO EL BOSQUE			
PROPÓSITOS	ACCIONES	INSTRUMENTOS	SESIONES
Centrar la mirada de los estudiantes en el bosque del colegio La Colina y sus bromelias como objeto de estudio para comprender la circulación del agua en la: plantas.	Explorando mi territorio.	Exploración en Google Earth. Elaboración de mapas parlantes (Colegio, La Calera, Bogotá). (Anexos 1,2 y 3)	80 minutos
	La precipitación una de las formas del agua.	Elaboración de pluviómetros y medición de la precipitación en casa (anexo 4) Estudio de material conceptual sobre el agua y los ecosistemas (anexo 5)	120 Minutos
	Transectos y bromelias en el bosque de mi colegio.	Clasificación de plantas y descripción de generalidades de las bromelias. Recorrido virtual por el bosque del colegio, identificación de bromelias. Delimitación y caracterización grupal de un área de estudio en el bosque.	80 minutos

Tabla 2

Resumen de la fase II de la ruta de intervención.

FASE II: ESTUDIANDO EL AGUA EN LAS PLANTAS			
PROPÓSITOS	ACCIONES	INSTRUMENTOS	SESIONES
<p>Construir explicaciones sobre la circulación del agua en las plantas a partir del reconocimiento de las estructuras, los recorridos y sustancias implicadas.</p>	<p>Posibles explicaciones acerca de la relación bosque-agua-bromelia.</p>	<p>Trabajo individual . Posteo de respuestas en tablero digital. (Anexo 8)</p>	<p>Tarea</p>
	<p>La circulación de agua en plantas (socialización de las observaciones del montaje del apio, organización de datos).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación de tejidos vasculares en apio y en bromelias y su función. 	<p>Montaje experimental de absorción y transporte en apio o cebolla larga (anexo 9)</p> <p>Análisis de teoría sobre estructuras vasculares y sus relaciones con los flujos de agua en las plantas (anexo 10)</p> <p>Revisión de las observaciones realizadas por los estudiantes con los montajes desarrollados en casa con el apio y elaboración de gráficas.</p> <p>Observación de cortes de apio (Estudiantes y profesora) y de bromelias (profesora). (Anexo 11)</p>	<p>120 minutos</p>

Tabla 3**Resumen de la fase III de la ruta de intervención.**

FASE III: EL AGUA EN LAS BROMELIAS Y SU DINÁMICA EN EL BOSQUE			
PROPÓSITOS	ACCIONES	INSTRUMENTOS	SESIONES
<p>Incorporar elementos descriptivos, interpretativos y argumentativos en la comprensión de estructuras y procesos posibilitan la circulación del agua en el bosque del Colegio La Colina y sus bromelias</p>	<p>Leyendo sobre las bromelias</p>	<p>Análisis de infografías sobre las estructuras adaptativas de las epífitas, su clasificación y sus relaciones con otros seres vivos. (anexos 12,13,14 y 15)</p> <p>Solución de preguntas de opción múltiple.</p>	
	<p>Producción escrita</p>	<p>Ejercicio escritural con banco de palabras para responder a la pregunta ¿Cómo circula el agua en el bosque del Colegio La Colina? (Anexo 16)</p> <p>Retroalimentación por pares.</p>	<p>160 minutos</p>

SISTEMATIZACIÓN

Sentidos de la sistematización

En esta sección se presenta el proceso de reflexión del que hacer docente durante la ruta de intervención. La forma en que está estructurado involucra las transcripciones (en forma de traducción) de los diálogos y experiencias de clase, pero también de las representaciones gráficas y escritas elaboradas por los estudiantes y que dan cuenta de los roles asumidos por cada uno de los actores frente a los procesos de construcción de conocimiento a los que nos enfrentamos y de la forma en que se fueron transformando las relaciones con la información, con las experiencias y con los otros.

Como lo explica Jara (2018), “Las personas que son protagonistas de la experiencia deben ser las principales protagonistas de su sistematización” (p.83). Esta es una razón que inspiró a realizar la sistematización en primera persona, pues constituyó un ejercicio reflexivo muy íntimo que logró transformar aspectos muy profundos del quehacer docente de la autora, que le permitieron plantear al final una postura frente a la propia práctica. Esto, no debe confundirse con un análisis romántico de la experiencia, pues el contraste con los referentes pedagógicos y didácticos, permitió hacer un evaluación crítica, que aunada con la vocación y el compromiso con mejorar la dinámicas, resultó absolutamente revelador para ser transferido a otros espacios y contextos.

De esta forma, el proceso de sistematización fue asumido como una actividad en la que la investigación y acción se conjugan en un solo proceso, incorporando elementos asincrónicos que permitieron recuperar la experiencia desde otras emociones, tiempos y perspectivas. Estos aspectos son reconocidos por Jara (2018, pp.123 y 124) como algunos de los rasgos el método de Investigación Acción Participativa que pueden permear la sistematización, de igual forma que el hecho de no poseer un esquema metodológico cerrado, sino más bien unos criterios que permitan usar los resultados de la investigación, como insumo para profundizar el mismo proceso investigativo.

Fue así entonces, como este proceso de sistematización se fue configurando -en su forma y contenido- a medida que se iban observando las transformaciones en el aula y se les iba encontrando sentido a la luz de los referentes pedagógicos.

Agrupaciones

En esta sección, se presenta la reflexión de la práctica según tres agrupaciones que se fueron definiendo a partir de la emergencia de los registros: De la Observación y la Experiencia en la Construcción de significados, De la Artificialización, los Juguetes de Profundidad y el Asombro de la Inteligencia y De la Complejización de las Relaciones y sus Diferentes Lenguajes.

De la Observación y la Experiencia en la Construcción de Significados

- ¿Profe, tu estás segura de que ese video es del bosque del colegio?

-Si, claro Juli, yo misma lo grabé, ¿Por qué lo dices?" – Le respondí.

-Porque en ese video hay muchas bromelias y yo iba mucho al bosque, pero nunca las vi.

Juliana hace este comentario después de un ejercicio en clases remotas en el cual se clasificaron algunas plantas, para aprender sobre las características particulares de las bromelias. El ejercicio consistió en que los estudiantes por turnos, clasificaran varias fotos de plantas en las categorías de bromelias y no bromelias según cuatro claves consecutivas y acumulativas: hojas largas, pueden crecer en el suelo o sobre los árboles, no tienen tallo o este es muy corto y son plantas cortas. El reto no logró el objetivo esperado en un inicio; sin embargo, al momento de socializar las respuestas de los grupos y enfatizar -sin la premura del reto- en las diferentes claves, los estudiantes lograban acertar varias respuestas; pero lo más importante es que pudimos identificar los obstáculos que se les presentaron a la hora de hacer la clasificación.

Por ejemplo, una bromelia (Figura 12) había sido ubicada en la categoría opuesta:

Figura 12

Foto usada en el ejercicio de clasificación



Nota. Tomado de <https://www.nuevamujer.com/lifestyle/2020/06/04-plantas-cebra.html>, por Hernández, K., (2020).

-Miremos esta imagen chicos. ¿Tiene hojas alargadas?

- Pregunté.

-Yo no se realmente qué es eso. -respondió Juliana.

-Yo no se que planta es esa. -Dijo Camila.

- Oh, ok. Tiene hojas alargadas -les dije mientras señalaba con el cursor la trayectoria que formaba una de las hojas-. ¿Ven las líneas?

-Parece una cebra. -Habló nuevamente Camila.

-Si, pero tiene un tallo. -Replicó Sebastián.

-No, mira, no tiene un tallo, las hojas van directamente desde el suelo. ¿Es corta? -Pregunté.

-No, para mi es muy grande. -Respondió Juliana.

Aún cuando estábamos mirando la misma imagen, la percepción que los niños tenían de ella era totalmente diferente. Cuando realicé la selección para el ejercicio, sabía exactamente qué estaba buscando y para mi fue muy claro distinguir en aquella imagen una bromelia. Pero para ellos ni siquiera era una planta, no cumplía con un requisito fundamental que en su mente habían elaborado desde sus vivencias para poderla enunciar como una planta: tener hojas verdes.

¿Daba cuenta esto de las dificultades para la observación y la clasificación? No. Como dice Bachelard (Citado en Jean, 1981, p.105), “a menudo las ideas deben luchar contra las primeras imágenes”.

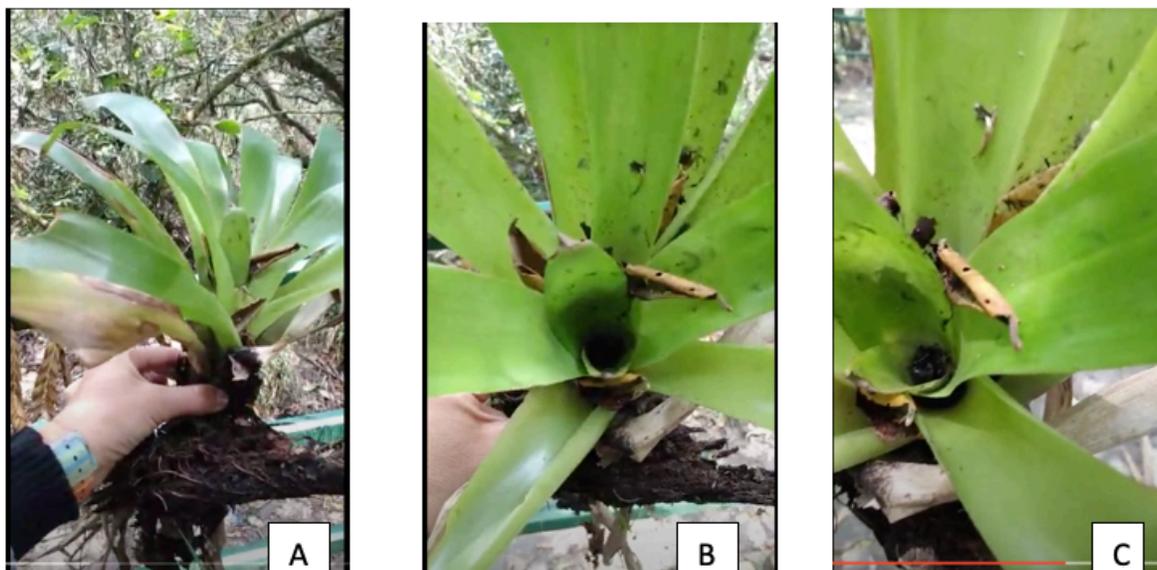
Esta imagen que traían los estudiantes sobre las hojas, probablemente enriquecida por las representaciones simplificadas que con tanta frecuencia utilizamos en la escuela, en palabras de Jean (1981, p.109) interpretando el pensamiento de Bachelard, enmascaraba para ellos la realidad y terminó complicándolo todo. En la simplificación, se sacrifica el reconocimiento de la complejidad natural y en este caso se manifestó en la imposibilidad de enunciación del objeto observado.

A partir de la socialización, los estudiantes debieron entonces realizar un trabajo intelectual para dar sentido a esa imagen tan alejada de lo que conocían, en negociación con el tema que estábamos abordando, para elaborar un nuevo significado de la imagen observada.

Posteriormente, se observó el video de un espécimen de bromelia que habita el bosque del Colegio La Colina. Los estudiantes podían ver cómo yo sostenía la bromelia y la iba moviendo, mientras en la clase lo iba pausando para hacer énfasis en las características que habíamos discutido en el reto de clasificación (Figura 13).

Figura 13

Tomas de pantalla del video de observación de bromelias.



Nota. A. Con esta foto se centró la observación en las raíces de la bromelia que envuelven el pedazo de tronco del que sería el árbol hospedero, en la ausencia de tallo y en la forma en que las hojas se curvan hacia afuera, pero al mismo tiempo tienen una forma cóncava. B. Con esta imagen se llamó la atención sobre la disposición de las hojas que permite la formación de un tanque central. C. Se enfatizó en los residuos de hojas y el agua que se depositan en el tanque central y entre las hojas de la bromelia, lo que posibilita la presencia de bacterias, insectos, pequeños anfibios, etc.

Las condiciones de confinamiento limitaron por completo la posibilidad de que los estudiantes realizaran una observación directa que diera sentido a palabras como succulencia, raíces no absorbentes, sustrato. Sin embargo, la imagen y los significados

que desde la teoría y mi propia observación estaba compartiendo con ellos, movilizó varias de sus ideas: preguntas, comparaciones y referentes de su cotidianidad. Según el pensamiento de Bachelard en palabras de Jean (1981) “vemos cómo se imbrican en la imaginación del niño los momentos más agudos de su descubrimiento del mundo; y cómo ese verdadero tejido entrecruzado de impresiones y de primeras imágenes puede enriquecer sus lecturas y, por ello, sus experiencias” (p.51).

- Pueden ver que las hojas están sobrepuestas? ¿unas hojas sobre las otras? Por eso, algunas bromelias forman este pequeño tanque que pueden ver aquí.” - Dije mientras observábamos la imagen B (Figura 13).

- ¿Qué es eso? -Preguntó Juliana.

-Es como un tanque. – Repetí.

-Entonces ¿ahí se guarda el agua?

- ¡Exacto! Cuando llueve es muy fácil que el agua se acumule allí.

-Interesante! ¿Por qué tiene eso naturalmente?

-¡Porque la naturaleza es impresionante!

-Pero cuando más hojas crecen ¿el hueco no se vuelve más pequeño?

-No necesariamente. – Dije, y procedí a mostrarle y explicarle cómo las hojas externas, más viejas se iban secando para dar espacio a las más nuevas.

Durante el diálogo, el lenguaje gestual enriquecía las imágenes. Juliana llevaba las manos hacia arriba y hacia afuera, como una hoja curvándose. No sólo escucharla, sino también ver sus gestos, nos permitía entender de forma más precisa la organización que su mente iba formando y de esta forma iba también transformando también las nuestras.

Más delante, María Antonia comentó: *“Profe, la bromelia crece como la sábila!”*.

¿Cómo llegó a esa conclusión? ¿Por las hojas alargadas? ¿Qué imagen tenía de esta planta? En todo caso, su comparación fue útil para enfatizar en el significado de la succulencia.

- *Mmmmm... de forma similar, pero las hojas no son tan gruesas. Pero, sus hojas si tienen succulencia, lo cual también sucede en la sábila. Que tienen mucha agua dentro de sus hojas. Tal vez estas nos son tan gruesas, pero si almacenan agua en las hojas*"- Le respondí a María Antonia.

-*Profe, antes de que continuemos. ¿la sábila crece de la misma forma? ¿o es un tipo diferente de plantas?* -Preguntó Juliana.

-*Es un tipo diferente de plantas*" – dije.

Más adelante, al avanzar en el video y la conversación sobre cómo las raíces de esta bromelia tienen poca capacidad de absorción, Juliana preguntó: "*¿Profe, esta planta mantiene el agua en el tanque para que cuando la temporada seca llegue, no se seque?*".

Poniendo así, de manifiesto, desde su propia organización intelectual de las estructuras de esta planta y su función, uno de los aspectos más relevantes de nuestro estudio y que facilita el paso -que más adelante se hará evidente- de una visión simplificada de la circulación en las plantas a la comprensión de la complejidad de estructuras, recorridos y procesos en el fenómeno de la circulación del agua.

Después de terminar de ver el video, se les pidió a algunos estudiantes que no habían participado durante la discusión, que enunciaran las características de las bromelias.

La mayoría de ellos lo hizo, lo que demostró que aquellos definitivamente estaban elaborando sus ideas desde la escucha activa.

El comentario de Juliana que dio inicio a este relato, surgió entonces después de un maravilloso proceso de diálogo entre pares, sin pretensiones, en el que mientras ellos descubrían las bromelias se develaba para mi su asombrosa capacidad de observar,

de preguntarse; los diferentes recursos a los que cada uno recurría para organizar sus pensamientos, hasta que en ese compartir de visiones y experiencias encontramos un lenguaje común que tuvo su mayor manifestación durante el recorrido virtual (por medio de un video) por el bosque del colegio, durante el cual, cada vez que veían una bromelia me lo gritaban con la emoción y el orgullo del que conoce.

En ese recorrido los estudiantes, como nunca antes, estaban viendo bromelias; vieron muchas. La experiencia del recorrido por el bosque no presentaba un contexto nuevo para ellos. Más allá de las diferencias que impone el ambiente virtual en condiciones de pandemia, el lugar les es ampliamente familiar. En épocas de presencialidad, solían frecuentarlo en los descansos para jugar o relajarse. En diferentes clases también lo visitaban y encontraban en él objetos de estudio, de inspiración o simplemente un espacio de trabajo agradable. Pero pese a estar rodeados de estas plantas, no habían visto bromelias.

Como argumenta Hanson (1958), el estímulo visual al que durante mucho tiempo ellos y yo estuvimos expuestos, era el mismo, pero la organización intelectual que teníamos al respecto, era totalmente diferente. Yo veía bromelias, los estudiantes veían guaridas. Ambos, teníamos una interpretación diferente del ecosistema. De hecho, estos niños inquietos, alegres y despreocupados, nunca habían visto un ecosistema en el bosque. No era una palabra que hiciera parte de su vocabulario. Seguramente veían bichos, árboles, charcos, guaridas con límites bien definidos que de cuando en cuando eran abusivamente invadidos por niños y niñas de otros cursos. Pero nunca ecosistemas, mucho menos bromelias.

El lugar entonces, no había cambiado, pero ellos ya podían verlo de otra forma. Pese a que los elementos de la experiencia eran idénticos, la comprensión de aquellos que se resaltaron dio paso a otra organización intelectual.

Ya reconocían un nombre para esas hojas que colgaban de los árboles, y ya no las veían sólo en el bosque del colegio, sino que también las reconocieron en otros

contextos. Isabela comprendió que la bromelia que estaba en su jardín no se habían hecho parte del árbol. Antes, ella “veía cómo” la planta que estaba en el patio de su casa se integraba al árbol. Ahora, podía “ver que” con sus raíces se sostenía de él, que puede acumular agua en los tanques que forman la disposición de sus hojas. Puede ver además un hábitat para insectos y anfibios.

Desde ese momento, como diría Hanson (1958), los estudiantes no tendrán que re identificar una bromelia cada vez que sus ojos la encuentren. Pero, además, no verán solo una planta perteneciente a este grupo, sino que la verán en relación con su entorno: con el agua, los microorganismos, los animales, con las características que las diferencian de otras plantas.

Pero fue ese contexto, conocido por ellos, el que dio sentido a esos elementos enfatizados por la docente mediante unas imágenes que pasaron a dominar su intención visual. Ya no eran los ojos de los niños los que veían, eran los niños.

Ahora bien, las imágenes de bromelias en las fotos y los videos como lo dice Hanson son representaciones que en cada pedazo brindan información. Pero para verla, los estudiantes debieron describir estas imágenes, pedazo a pedazo, memorizar sus partes, asociar lo que estaban observando con lo que ya conocían del bosque, con otras visiones que se habían tenido de otros asuntos, como los flujos de agua en la tierra, las estructuras de absorción y transporte de otras plantas, entre otras.

Es decir, las imágenes fueron manipuladas mediante el lenguaje para pensar acerca del mundo y formar concepciones.

“Les aseguro que a partir de ahora y cuando regresemos al colegio, ninguna bromelia les va a pasar desapercibida” – Le respondí finalmente al curso, deseando de corazón que así suceda, porque de serlo, significaría, que no solo verán bromelias sino también el ecosistema que cada una de ellas forma.

En este sentido, las actividades de clase continuaron en la búsqueda de ampliar la visión de los estudiantes, desde la bromelia hacia el ecosistema del cual hacen parte; pero también con el propósito de que vean en este un territorio compartido, que no solo disfrutan sino con el cual son interdependientes, para que las bromelias y el bosque sean ahora parte de sus guaridas cuyos límites hay que mantener y defender.

Así, cada grupo de trabajo ubicó una bromelia en el video y tomamos una foto del mismo donde se viera no solo esta planta sino el sitio en el que estaba localizada (a modo de transecta) y que cada grupo de estudiantes asumiría como su área de estudio. La observarían y describirían.

Ya en clases anteriores, los estudiantes habían elaborado algunas concepciones referentes al clima desde el estudio de uno sus factores: la precipitación.

Para esto, construyeron pluviómetros caseros, que aún sin la precisión y estandarización requerida en las medidas -dadas las condiciones de confinamiento- les permitió relacionar cómo el viento, el relieve y la radiación solar intervienen en los regímenes de lluvia de un lugar y que a su vez condicionan las formas de vida allí presentes.

Teniendo en cuenta este hecho y para centrar su mirada en esta nueva escala de estudio que sería la transecta, se les proporcionó información de variables climáticas del sector, aunque contrario a lo esperado, no cobró ninguna relevancia para ellos en un inicio.

Ahora todo lo describían en términos de bromelias (figura 14):

“Hay muchas plantas y una de ellas es una bromelia” “encontramos bromelias, algunos árboles y plantas” “veo algunos musgos en las bromelias” “las bromelias están en el árbol”.

Resultó que los objetos que enunciaron con mayor precisión fueron aquellos cuya imagen ya tenían formada, de los que ya tenían una organización intelectual – el año anterior el musgo fue su objeto de estudio por lo que al igual que la bromelia, ya no tenían que re identificarlo- y que, al parecer, les servía como referente para aproximarse a una organización de los demás, a los cuales sólo se les podía “ver como”:

“En el piso hay una mini planta que es como una bromelia o se le parece” “hay otras plantas alrededor de las bromelias” “...y en una parte parece como que hay una raíz de una planta” “... hay tantas plantas (algunas de ellas destruidas)”.

No tenían aún en este punto referentes de la experiencia ni del lenguaje que les permitiera identificar esas plantas o reconocer que tal vez estas no están destruidas, sino que cumplieron su etapa vital o que su apariencia o distribución en el espacio era diferente.

Fue entonces como empezar nuevamente. A medida que se iban incorporando más elementos a la observación aparecían nuevos “ver como” representados no solo en su lenguaje escrito sino también en las representaciones verbales que juntos íbamos elaborando y que era necesario poner en juego para avanzar a un “ver que”.

-Grupo número 1, -dije- ¿qué podrían decir por ejemplo sobre la luz en esta foto?

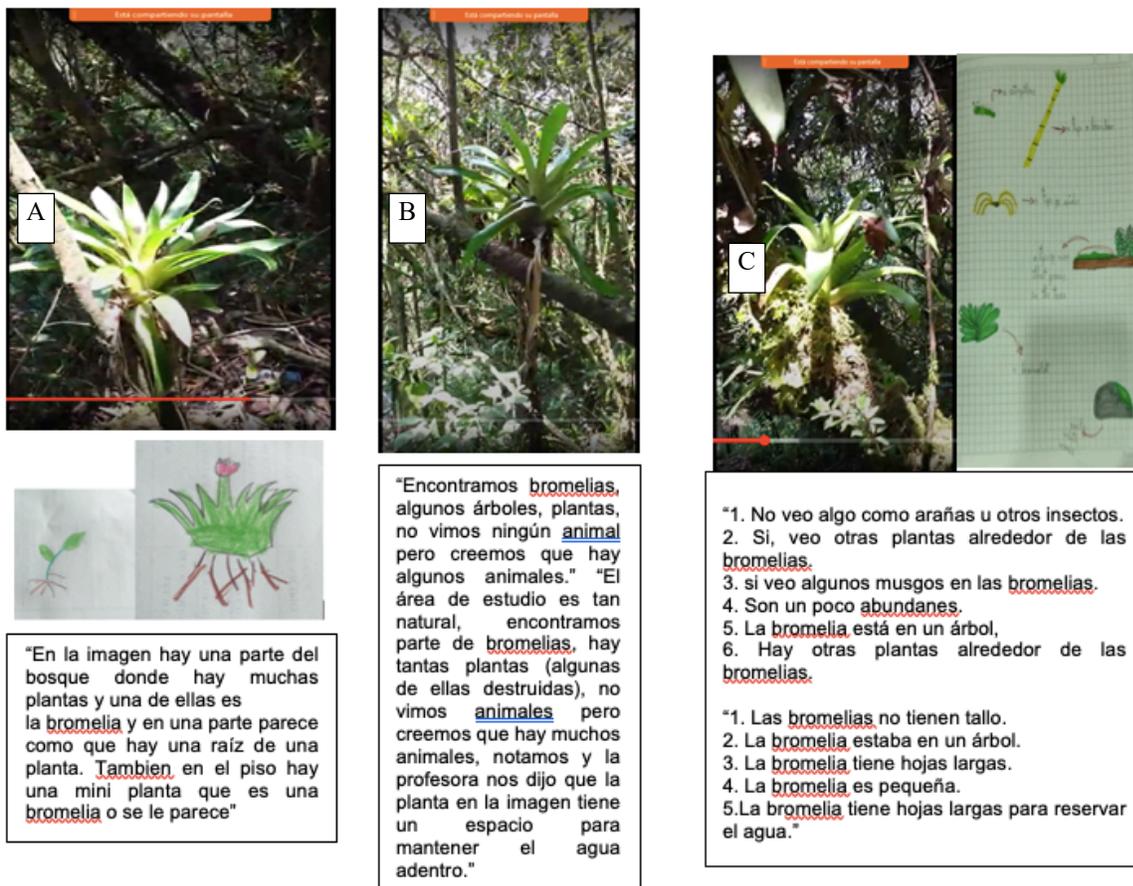
-Que no hay mucha luz, pero en la planta si hay mucha luz. La otra parte es oscura. -

Respondió Luciano.

Antes de hacer la pregunta, habíamos visto la misma foto, pero a pesar de haber hablado de la radiación solar, otros factores del clima y cómo estos afectan la biodiversidad de un lugar, esta imagen de la luz y las sombras no lograba aún dominar su atención visual, por lo tanto, como diría Hanson (1958), la imagen de estas interacciones no existía. Al menos, no en el contexto del bosque del colegio.

Figura 14

Áreas de estudio de los tres grupos de trabajo.



Nota. Las fotos están acompañadas de las correspondientes representaciones gráficas y escritas que elaboraron de la misma tras un proceso de observación y discusión al interior de cada grupo en torno a las siguientes instrucciones: "Observa el área de estudio cuidadosamente; ¿puedes ver otras plantas, animales como insectos, arañas. Puedes ver musgos? ¿son abundantes o escasos? ¿Qué otros aspectos notas? Dibuja otros elementos que encuentres en el área de estudio (otras plantas, animales, etc.). Habla con tu grupo sobre sus observaciones y juntos escriban una descripción del área de estudio. Recuerden ser muy detallados". La transcripción de las respuestas es una traducción de los originales en inglés.

Pero al preguntar sobre este aspecto de la imagen, la luz empezó a cobrar relevancia y los mismos estudiantes empezaron a cargarla de significados:

- ¿Ustedes creen que es igual durante todo el día? – Pregunté.
- No, no es igual". -Respondieron varios al tiempo.
- ¿Por qué no Samuel?" – dije.
- Porque a veces, tu sabes, cuando es casi medio día puede brillar mucho y además el sol también hace crecer la planta. Necesitamos el sol así que obviamente el sol también

puede llegar allí. Pareciera ser casi imposible por las raíces -seguramente refiriéndose a las ramas dispersas en el estrato medio y alto- pero puede ser-

-Entonces, ¿ustedes creen que la luz del sol que llega a diferentes lugares de esta área puede afectar el tipo de plantas que allí crece? – Pregunté.

- Primero, afecta cuando los rayos del sol hacen la fotosíntesis para que las plantas crezcan y se conviertan en una flor. - Respondió Samuel.

-¿Para convertirse en una flor necesariamente? – interpelé. Ante lo cual, Samuel inmediatamente replanteó su idea y respondió:

-Bueno, convertirse en planta o un árbol o todos los seres vivos que crecen en el suelo.

Para Samuel, convertirse y crecer parecían ser sinónimos, pero sin duda se empezó a configurar en él una noción de cambio afectada por la luz solar, que es común no solo a las plantas sino a otras formas de vida y que esta, de alguna forma lograba llegar hasta el suelo.

La pregunta, el lenguaje como experiencia⁸, posibilitó entonces la negociación entre muchas variables que fruto de sus experiencias estaban cobrando relevancia: lo que entendía por fotosíntesis, lo que había descubierto de las bromelias, los elementos gráficos que ahora eran visibles para él, las representaciones que construyó junto a sus compañeros, la información que compartimos sobre el clima, el desierto, la selva, los cambios en la radiación solar; la presencia de vida y de cambio en ese lugar que solía visitar.

Tal vez en este punto existiera en él una imagen aún borrosa de todas estas interacciones, - permeada además por las limitaciones y retos que les impone el uso de la segunda lengua para representar lo que ocurre en su cerebro y a mi para interpretarlos - pero sin duda, desde estos elementos dispersos y desorganizados el niño estaba buscando sentido a ese mundo natural que le ha sido cercano pero desconocido en su complejidad y esta elaboración subjetiva, se estaba enriqueciendo, como lo expresa Valencia et al., 2003, de los múltiples espacios de significación

⁸ Según Jean, (1981.p50), G.Bachelard consideraba el lenguaje como una experiencia del reconocimiento de la materia, dado que “la percepción material de la sustancia precede a la realización de la palabra que la designa.”

personales, escolares, familiares que ha elaborado en su devenir histórico individual y colectivo y lo han vinculado con su capacidad de construir conocimiento.

Al ser esta una dinámica abierta a la participación de todos los estudiantes del curso, esta construcción de conocimiento no estaba ocurriendo solo desde la subjetividad de Samuel, sino que estaba enriqueciendo la de sus compañeros y propiciando la construcción de nuevos lenguajes comunes.

Así, por ejemplo, al llevar su atención a otros factores como la temperatura, y si ésta afecta o no la presencia de ciertos seres vivos de un lugar, Santiago expresó que *“puede quemar o dañar las plantas con el calor o con el frío”*.

Santiago compartía con Samuel y sus otros compañeros la búsqueda de sentido de su entorno natural y esto permitía la construcción de un lenguaje común en términos de la afectación de los elementos del clima en los seres vivos. Pero lo estaba haciendo desde su propia subjetividad. ¿Qué significado le estaba dando en ese momento a la temperatura? ¿El calor quema y el frío daña? Evidentemente la imagen de cambio que presenta es muy diferente a la de Samuel; pareciera estar construida no sobre unos procesos naturales estudiados previamente sino tal vez sobre la base de sus propias sensaciones de calor y frío. Pero aún así, hay una percepción de cambio en las plantas a partir de un factor externo. Y esto, permitió poner sobre la mesa la discusión de cómo existen unos factores vivos y no vivos que interactúan en un espacio, a lo cual damos el nombre de ecosistemas.

- Podríamos decir entonces, que las plantas, los animales y otros seres vivos tienen la habilidad de sobrevivir bajo ciertas características, incluyendo la temperatura, así que puede haber plantas que sobrevivan en lugares más fríos y otras en lugares más calientes. Y entonces estas plantas necesitan características específicas. Así que tendríamos que saber los requerimientos de temperatura para cada una de las plantas, animales, etc. ¿verdad?” – Les dije, tratando de recoger sus intervenciones.

- Si profe.- respondieron varios estudiantes al tiempo, ante lo cual proseguí:

-Así, la humedad, la precipitación, la temperatura, pueden afectar el tipo de seres vivos que encontramos en un lugar. Ahora, ¿esos factores son seres vivos o no vivos?”

- *No, son seres no vivos.* – Replicaron animosamente varios niños a la vez.
- *Pero si afectan los seres vivos, ¿verdad?* – Insistí.
- *Si profe.*
- *Así que ¿podemos decir que hay una relación entre los seres vivos y los seres no vivos en un lugar?*
- *Si, profe.* - Respondieron nuevamente en grupo.
- *Bueno, eso es lo que llamamos un ecosistema. Cuando lo no vivo interactúa con lo vivo en un lugar. De modo que podemos decir que el bosque del colegio es un ecosistema*". Concluí.

Tal vez si alguien les pide que definan un ecosistema, les cueste articular sus ideas en un concepto preciso. Pero ya se empezaron organizar en sus mentes muchas más posibilidades de relación y significación de lo que fuera su "primera imagen"⁹ del bosque del colegio. Por ejemplo, de las arañas que no vieron en las fotos, pero que creen tan probable encontrar en el bosque que la incluyeron en el registro de su observación (Figura 14 C).

Son entonces dos interpretaciones básicas que puedo enunciar a partir de experiencia con los estudiantes:

La primera, es que el "ver", de acuerdo con Hanson (1958) y Bachelard (Citado en Jean, 1981. p.21 y 182), es un proceso intelectual más que sensorial, que rompe las primeras imágenes. Es la actividad de la mirada que libera de la pasividad de la visión para concentrarse y permitir así imaginar y razonar.

La segunda, que, para generar nuevas organizaciones, es el lenguaje con toda su riqueza expresiva y enunciativa -que supera la imagen, la grabación, la representación- el que moviliza la imagen y la razón y por lo tanto el instrumento que debe mediar para

⁹ Según explica Jean (1981, p51) sobre el pensamiento de Bachelard, "Todo conocimiento primero, por ingenuo y falso que sea, es necesario para la adquisición del saber racional", pues en la imaginación del niño "se imbrican los momentos más agudos de su descubrimiento del mundo; y cómo ese verdadero tejido entrecruzado de impresiones y de primeras imágenes puede enriquecer sus lecturas y, por ello, sus experiencias".

construir lenguajes comunes y que palabras como bromelias, bosque, ecosistema, lleguen a ser significativas y relevantes para los estudiantes.

De la Artificialización, los Juguetes de Profundidad y el Asombro de la Inteligencia.

- ¡Profe estoy tan, tan sorprendida con los tejidos vasculares!- Exclamó Sofía.

En el análisis que hace Georges Jean (1983) de la obra de Gastón Bachelard en el libro Bachelard, la infancia y la pedagogía habla sobre la *pedagogía del estudio, del estudiar*, que pese a que en el contexto francés de 1983 podía confundirse con una “pedagogía del saber”, la de Bachelard sobrepasa el propósito de adquirir conocimientos y se centra en el estudio como *actividad intelectual*, “o, mejor aún, una pedagogía de la inteligencia que se asombra, de la inteligencia que “araña”.”

Al respecto, Jean (1983) , cita textualmente el enunciado de Bachelard en *Le Materialisme rationnel* de 1972, “así es como una cultura científica produce, con todos sus progresos, verdaderos asombros de la inteligencia que constantemente contradicen el dogmatismo del saber adquirido y rectifican los racionalismos demasiado elementales” (p. 112).

Después de un proceso de descubrimiento, Sofía llegó a esa frase que podríamos considerar un asombro de su inteligencia sobre unas estructuras que no podía percibir a simple vista y que una semana antes seguramente no hubiera podido enunciar o al menos no, sin alguna carga de ambigüedad en sus palabras. ¿Cómo llegó a este punto? ¿Cómo ella y sus compañeros vivieron este viaje?

Después de observar las bromelias en el bosque, los estudiantes realizaron un montaje experimental para estudiar si las raíces del apio o de la cebolla absorben agua y cómo esta es transportada por el tallo (Figura 15). Debían reportar los resultados diariamente por medio de fotos y mediciones de los cm^3 absorbidos por la raíz y de los centímetros

que ascendía el colorante por el tallo. Con esto se pretendía que hicieran una observación activa del proceso y no solo del resultado final, después del cual debían describir los cambios en las raíces y en el tallo, incluyendo algunas palabras claves sugeridas como tamaño, longitud, absorción, aumentar, disminuir, textura. Lo último, para agudizar su mirada, pero también para ayudarles a estructurar sus ideas en la segunda lengua, pues en ocasiones el vocabulario se vuelve limitante para ellos.

Figura 15

Material gráfico incluido en la guía de absorción y transporte.



Nota. Los montajes que aquí se ilustran, fueron ejecutados en clase con guía de la docente. Conseguir apio con raíces fue muy difícil para todos, por lo que algunos hicieron el montaje 1 con raíces de cebolla larga y el número 2 con tallos de apio. Algunos estudiantes, para el primero intentaron poner el extremo inferior del apio donde normalmente queda una lámina muy delgada de raíz, pero esto restó precisión tanto al montaje como a las observaciones.

La mayoría de los estudiantes, pese a algunas limitaciones pudo llevar a cabo los montajes y el registro de los resultados, aunque varios de ellos tuvieron dificultad para recuperar las fotografías e incluirlas en el informe. Sin embargo, la mayoría expresó por escrito sus observaciones¹⁰:

¹⁰ Las citas son traducciones de los textos de los estudiantes originalmente escritos en inglés. Intenté ser lo más fiel posible a sus escritos, pero dado el conocimiento que tengo de los estudiantes y de su nivel de inglés me tomé la libertad de interpretar algunas palabras y expresiones que originalmente estaban con errores de ortografía y de manejo de tiempos y estructuras gramaticales.

Figura 16

Registro fotográfico y de datos de los montajes de absorción y transporte realizado por Camila.

Write the daily measurements and pictures in the corresponding place for each experiment.				
DAY	1	2	3	4
Water absorbed by the roots Exp. 1	mm ³ : 5	mm ³ : 10	mm ³ : 15	mm ³ :
Length of colomnt in the stem Exp. 2	cm: 2	cm: 4	cm: 6	cm:

“En el experimento de la cebolla, vi que las raíces incrementaron su tamaño y el tallo aumentó su longitud. También vi que habían dos tallos en lugar de uno. El agua se está volviendo un poco sucia. Observo que el nivel del agua está disminuyendo día a día porque está siendo absorbido

por las raíces. Además, la textura de las raíces es rugosa. En el experimento de la cebolla con agua y colorante, y usé uno amarillo. Yo puedo ver que en la parte baja del tallo está creciendo como una cebolla pequeña. El agua disminuyó su nivel. La cebolla está absorbiendo el colorante amarillo y se está convirtiendo en una cebolla amarilla y día a día se vuelve más amarilla”. Camila.(Figura 16)

Figura 17

Registro fotográfico y de datos de los montajes de absorción y transporte realizado por Juliana.

Write the daily measurements and pictures in the corresponding place for each experiment.				
DAY	1	2	3	4
Water absorbed by the roots Exp. 1	mm ³ :2 [Texto]	Mm ³ :4 [Texto]	Mm ³ :8 [Texto]	Mm ³ :10 [Texto]
Length of colomnt in the stem Exp. 2	cm:8 [Texto]	cm:9 [Texto]	cm:9 [Texto]	cm:10 [Texto]

“En el día 1 absorbió 2 mm³ de agua y el segundo día empezó a crecer y lo mismo por los siguientes días. Fue muy “cool” y me gustaría repetirlo. Pero aún tengo curiosidad sobre ¿por qué si la cortamos, sigue creciendo?

En el tallo había un montón de colorante y todos los días aumentaba. Yo noté que los pequeños tubos dentro del tallo y creo que el colorante -se- transportó a la cebolla y por eso la cebolla se vuelve roja” Juliana. (Figura 17)

Figura 18

Registro fotográfico y de datos de los montajes de absorción y transporte realizado por Samuel.

Write the daily measurements and pictures in the corresponding place for each experiment.				
DAY	1	2	3	4
Water absorbed by the roots Ex p. 1	mm: 300	mm: 275	mm: 250	mm: 210
				
Length of colorant in the stem Ex p. 2	cm: 0.00	cm: 8.00	cm: 15.00	cm: 23.00
				

“Las raíces no absorbieron mucha agua y la absorbieron lentamente.

Las raíces incrementaron su tamaño y también había un nuevo tallo de apio.

La textura se mantiene fresca y el agua se volvió un poco sucia.

Las raíces transportaron agua adentro para que pueda crecer, así que el agua disminuye dado que fue absorbida y mantenida en las raíces entonces la

longitud del tallo empezó a crecer.

El tallo absorbió el agua con colorante rápidamente, las hojas empezaron a ponerse rojas al día siguiente. Entonces, la planta empezó a cambiar de color de verde a rojo.

Después de eso el agua empezó a disminuir de 300 cc a 275 cc y después a 250 cc.

A través de la longitud del tallo podías ver algunas líneas rojas. La textura de las hojas cambió y empezaron a secarse, porque el colorante fue transportado hasta las hojas.”

Samuel. (Figura 18)

Más allá de los títulos en la guía, no hubo información previa al montaje que les permitiera a los estudiantes formarse una imagen de lo que pasaría, con lo cual el experimento no tenía mucho sentido para ellos. Hubo de hecho, varios intentos fallidos, donde las instrucciones dadas, formaban imágenes diferentes a las esperadas. El hecho, por ejemplo de que Samuel haya intentado evaluar la acción de la raíz en una planta sin raíz, es una muestra de ello. No fue el único. María Antonia, por ejemplo, al socializar los resultados concluyó que en el primer montaje no había sucedido nada. Juntas nos dimos cuenta de que el agua desde el principio había quedado muy por debajo del minúsculo pedazo de raíz que había usado. Porque, dicho sea de paso, que si la enseñanza de las ciencias como lo propone Valencia et al., (2003), demanda “deslegitimizar la experiencia como réplica del saber, sumergirse en la incertidumbre y

asumir riesgos de propositividad, de azar y de transformación” (“La enseñanza de las ciencias y la emergencia de nuevas subjetividades”, párrafo 3), el entorno virtual prácticamente no deja otra opción y obliga constantemente a cambiar de plan, a replantear experiencias y a rendirse ante las variables imposibles de controlar, como en este caso, acompañar el trabajo práctico.

Con el paso de los días y de sus observaciones, estos montajes sin sentido se convirtieron en un espacio de significación que como bien lo explica (Valencia et al., 2003) los vinculan con la capacidad de construir conocimiento. A partir de la experiencia, del mundo natural alterado, “*artificializado*”, los estudiantes fueron configurando día a día unas representaciones de ese objeto de estudio que eran la raíz y el tallo. Imágenes permeadas no solo por lo observado, sino también por lo imaginado y por lo recordado. No había raíz evidente en el montaje 1 de Samuel. La pérdida de agua bien pudo haberse dado por la evaporación en el frasco que contrario a la indicación, estaba descubierto. Pero allí, él vió absorción. Seguramente porque es lo que nos han enseñado que las raíces hacen o porque era una de las palabras sugeridas. Pero a partir de esto, se aventura a establecer relaciones para darle sentido a lo que percibe. De esta manera, propone que la absorción que imagina está en relación con la emergencia de un nuevo tallo de apio.

Juliana y Camila fueron concientes de un fenómeno parecido en la cebolla, los tres se preguntaron por las condiciones que permitían el crecimiento pero su forma de representar este razonamiento fue diferente. Camila lo enunció, Samuel propuso una respuesta y Juliana un misterio.

Juliana y Samuel además, coinciden en ver líneas dibujadas por el colorante. Camila ve una cebolla que cada vez se pone más amarilla. Samuel nuevamente establece una relación entre el colorante y el estado de la planta; Camila se interesa por las nuevas estructuras que descubre y a las cuales decide acuñarles el nombre de tallos.

Al permitirles a Samuel, Juliana, Camila y sus compañeros poner en consideración sus representaciones individuales, estas entraron, como lo sugieren (Valencia et al., 2003) en un “juego de explicitación, contrastación, enriquecimiento y transformación colectivo”, en una especie de dinámica científica escolar libre de dogmas del saber, rectificadora de sus primeros razonamientos (Bachelard, citado en Jean, 1981):

-Alejandro, estoy casi segura de que tu pintaste esas hojas! Y tú también, Tomás. Dije en forma un poco jocosa, a lo que en coro y riendo respondieron que no.

-Entonces cómo es que el colorante llegó a las hojas si ustedes no las pintaron?-Insistí.

-Porque las raíces absorben el colorante. -Dijo sofía.

-¡Pero el apio no tenía las raíces!. Discutí.

-Profe, tengo una pregunta. ¿Por qué el colorante solamente llegó aquí -Dijo Sofía señalando los extremos laterales del tallo de apio- y no aquí?-señalando el centro del tallo-.

-Hummm, no se. Miremos. -Dije. E inmediatamente, Samuel se aventuró con la primera explicación.

-OK, ya sabes, la planta crece de una semilla, entonces se convierte en una planta o un ser vivo que vive en el suelo. Pero hay un problema, que cuando cortamos la raíz de la cebolla, no tiene nada que usar, así que todas las cosas entran cuando no tiene las raíces, entonces cuando se pone en el agua, toda el agua – y hace un gesto ascendente con las manos- va al tallo, después a las hojas y así se ponen rojas. -

A continuación, varios estudiantes mostraron los resultados del experimento 2 de forma que todos pudieron notar las líneas coloreadas de forma más clara en los tallos de apio. Esto, fue útil también para los estudiantes que no evidenciaron cambios significativos en este sentido, principalmente, los que usaron cebolla. Dejamos este último hecho en el tintero y continuamos discutiendo sobre los que si habían funcionado:

- ¿Alguien tiene otra explicación? – Pregunté

-Yo tengo una. Por qué cuando las raíces absorben el agua, el agua tiene el colorante entonces el agua va a las hojas, el tallo y todas las partes de la planta y eso hace que la hoja se ponga roja o naranja. – Explicó Luciana.

-Yo creo que el tallo absorbe el colorante y el agua porque cuando una planta necesita agua para vivir, entonces si la planta no tiene agua va a absorber todo lo que se parezca al agua. -Complementó Sofía.

Ante esta afirmación repliqué: *Pero Sofi, hay algo en lo que tenemos que pensar. ¿El vaso tenía agua?*

Sofía, haciendo un gesto de obviada respondió “*si... mezclada con colorante*”.

-Oh, ¿o sea que absorbió el agua y el colorante?. -Pregunté.

-Sí, porque estaba mezclado. -Aclaró nuevamente Sofía.

-Chicos, ustedes creen que si no hay colorante en el suelo, además del agua ¿hay algo más que pueda subir por el tallo?

-No profe,-dijo Salma- lo que creo que Sofi quiso decir con que “todo lo que esté mezclado con el agua” quiso decir “todo lo que es líquido que esté mezclado con el agua”.

-¡Oh, entiendo! O sea que todo lo que sea líquido sube por el tallo. Están de acuerdo?-

Pregunté dirigiéndome a todo el curso.

-Yo estoy de acuerdo.-Dijo Tomás.

-¿Ustedes creen – continué- que algunas partículas muy pequeñas pueden estar mezcladas con el agua y subir por el tallo?

-Pero muy, muy pequeñas.-Enfatizó Salma.

- Porque, ¿recuerdan que al año pasado cuando hablamos de las funciones de la raíz y el tallo, dijimos que las raíces absorben no solo agua sino nutrientes que están disueltos en ella?

-Sí.- Respondió Tomás.

-Entonces, -continué- de acuerdo con lo que Salma está diciendo, los nutrientes tendrían que estar disueltos en el agua para que haya un líquido que pueda subir por el tallo. ¿Si o no?

- Sí. -Respondieron varios al tiempo.

-Ahora quién me puede explicar lo siguiente -dije- ¿Por qué el colorante no pintó todo el tallo y solo pintó unas líneas?

Sofía, la misma niña que hacía un rato había formulado la misma pregunta, respondió:

-- Porque cuando ves una planta, puedes ver que todo el tallo, no... mmmmm... el agua que va al tallo, el tallo no es como solo un tubo que reparte toda el agua. Tiene como mini tubos en todo el tallo que reparten el agua a las hojas.

Con estos montajes nos habíamos alejado ya de la experiencia básica de observar y maravillarnos con un bosque, una bromelia y habíamos entrado en el terreno de lo que (Valencia et al., 2003) llama artificialización. De manipular el mundo natural para

obtener más información de él, permitiéndoles a los estudiantes no solo visualizar unas estructuras que a simple vista hubiera sido muy difícil descubrir, sino además construir significados a partir de ellas. Establecer relaciones entre estructura, función y recorridos, “acuñar conceptos, anticipar eventos, elaborar generalizaciones... que enriquecen las explicaciones al fenómeno conocido.” (Valencia et al., 2003, “De la artificialización del mundo natural”, párrafo 2).

¿Podía alguno de los involucrados en el experimento ver realmente tubos dentro del tallo del apio? Habíamos hablado de líneas, en el extremo del apio se veían algunos puntos. Pero Sofía imaginaba unos tubos en lo que Bachelard en palabras de Jean (1983) denominaría “el ensueño, en donde la actividad de la imaginación es al mismo tiempo que abandono a imágenes primeras, lucidez de la mirada”(p.30).

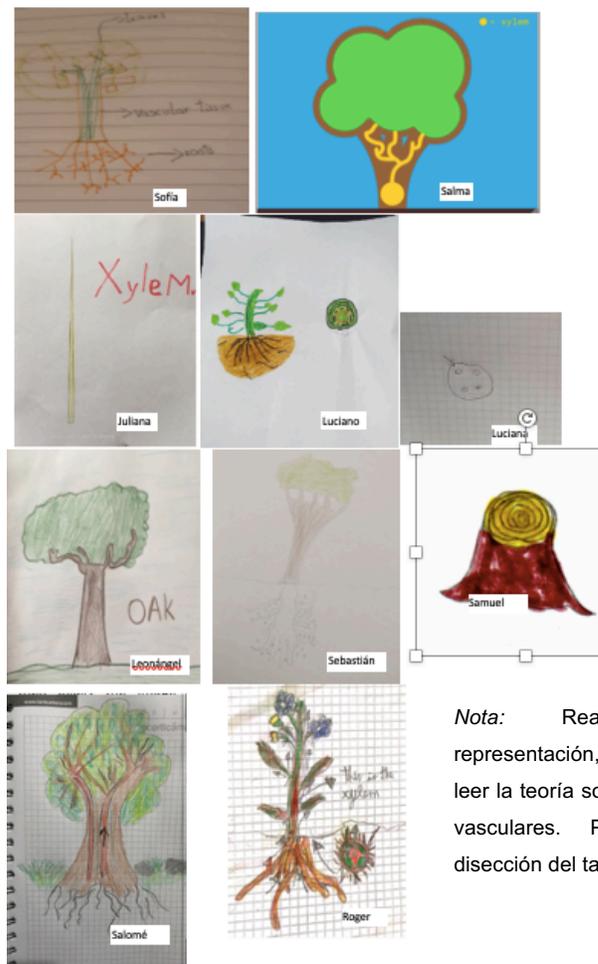
Después de esta clase, estudiamos mediante una guía conceptual (Anexo 10) la información teórica de los tejidos vasculares y sus funciones. Fuimos leyendo los textos juntos. Cuando se les pidió a los estudiantes que dibujaran el xilema dentro de un tallo como se lo imaginaban, unos cuantos resultaron parecidos a los dibujos de la guía (los anillos del xilema o el árbol), pero el tubo en sus diferentes concepciones dominó las representaciones (figura 19):

Algunos representaron lo que vieron. La mayoría dibujó lo que imaginó. Un tubo. ¿Pero cómo es un tubo?, ¿de qué está compuesto un tubo?. De esos tallos con líneas de color, tomaron unas imágenes elaboradas en su inconsciente, unas explicaciones elaboradas en experiencias previas y las usaron para dar sentido a aquello que no conocían. A un tejido vascular llamado xilema, explicado en un texto como un grupo de células, pero nunca han visto una célula; presente en la plantas, en cualquier planta, incluso en las que no conocían, en las que podían imaginarse. Creamos con la imaginación aquello que no conocemos, pero en esta creación, proyectamos lo que nos es conocido en lo que no conocemos del objeto lo que para Bachelard (en Jean, 1983), supone una dificultad en la investigación científica racional que debe ser superada

razonando contra las imágenes mientras el niño aprende los métodos más adecuados para avanzar hacia un conocimiento más profundo de las cosas.

Figura 19

Representaciones de cómo los estudiantes se imaginaron el xilema.



Nota: Realizaron la representación, después de leer la teoría sobre los tejidos vasculares. Previo a la disección del tallo de apio.

En este sentido, la siguiente actividad realizada con el grupo fue un laboratorio de disección del tallo de apio. Siguiendo la línea de Bachelard, se hacía necesario ser intelectualmente mordaz con la imagen del tubo y para eso contábamos con lo que él llamaría “un juguete de profundidad”.

“Si la curiosidad de romper es en realidad natural en el hombre, no hay que extrañarse, dicho sea de paso, de que no sepamos dar al niño un “juguete de profundidad”, un juguete que responda verdaderamente a la curiosidad profunda. Hemos puesto un

cascabel dentro del polichinela y nos asombramos de que el niño, impulsado por la curiosidad respecto a la anatomía del muñeco, se limite a desgarrarle las ropas. No nos preocupa más que su afán de destruir y de romper, y olvidamos que las fuerzas psíquicas en acción pretenden abandonar los aspectos exteriores para ver otra cosa, ver más allá, ver dentro; en suma, librarse de la pasividad de la visión” (G. Bachelard, *La terre et les reveries du repos*, Corti, 1965, P.9. Citado en Jean, 1983)

Procedimos entonces a interrogar los tallos de apio y de cebolla. Los estudiantes se aproximaron a los procedimientos e instrumentos (lupas y microscopio) para hacerlo. Identificaron cortes transversales y longitudinales y en el proceso se enfrentaron a varios obstáculos de diversidad. En un inicio, se escogió el apio porque permite ver muy definidas las estructuras. Sin embargo, habernos visto en la necesidad de usar otras plantas como la cebolla trazó un camino hacia el descubrimiento de ciertas complejidades:

-No se profe, esto es muy confuso porque esta cebolla tiene muchas capas, mira. Lo siento profe, voy a tener que quitar la capa del colorante porque están saliendo capas todo el tiempo. – Dijo Juliana con determinación.

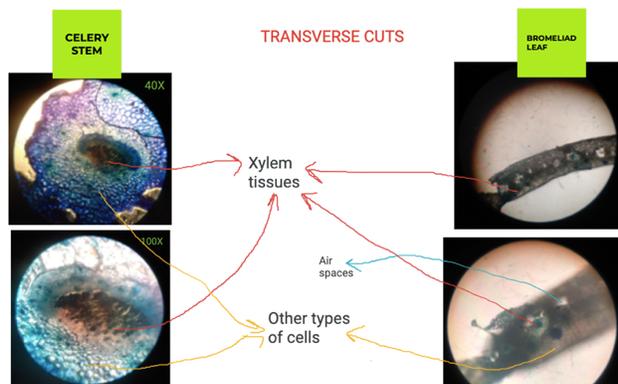
-Debemos entender que, en biología, no todas las cosas son como creemos que son, porque todas las plantas son diferentes, cada ser vivo es más complejo de lo que podemos imaginar, y eso es lo maravilloso de la biología, que nunca sabes lo que vas a encontrar. – Aclaré para reafirmar su decisión.

-Si, si si. Profe ¿que es esta cosa creciendo adentro ahora que estoy mirando? Es como pegajoso. Es como una nueva cebolla que está creciendo adentro, o una nueva hoja o algo, pero se que es nuevo.”- dijo Juliana.

Con la disección de sus plantas, lograron descubrir formas un poco más detalladas, estructuras que antes no veían y por supuesto nuevas preguntas. Adquirieron más criterios para enunciarlas y hubiese sido maravilloso que manipularan el microscopio y la bromelia para abrir muchas más capas de estos juguetes de profundidad. Pero aún con estas restricciones, el descubrimiento continuó de forma demostrativa sobre el procedimiento de montaje de muestras en el microscopio. Realicé cortes transversales del apio y de la hoja de bromelia y les mostré las imágenes obtenidas (Figura 20).

Figura 20

Imágenes al microscopio de diferentes cortes un tallo de apio y de una hoja de bromelia.



Nota. Cortes transversales del tallo de apio teñido con colorante rojo (Izq.) y de la base de una hoja de bromelia del bosque del colegio teñida con azul de metileno (Der.) vistos en el microscopio a 40X (Arriba) y 100X (Abajo). Las líneas y el texto fueron incluidas a medida que se discutía con los estudiantes.

¿Por qué parece que es como un alien de una película? -Intervino nuevamente Juliana.

-¡Yo se!. -Dije- Pero les ayudaré a ver lo que necesitamos ver.

-Entonces profe, eso es... eso es... -Repetía Juliana mientras pensaba- la hoja...

¡wooooowww profe, eso es, eso es, impresionante profe!

En ese momento los niños y niñas abrieron los micrófonos y empezaron a aplaudir.

-Entonces chicos, ¿que creen ustedes que son estas marcas rojizas? -Pregunté mientras señalaba las imágenes del apio.

-Las células que absorbieron el colorante?- Preguntó Sofía.

-Exacto!!! Las células que absorbieron el colorante, es decir que ¿que tejido es este?

-Los tejidos vasculares. – Respondió Sofía.

-Y qué tejido vascular?

Tomás espondió de un grito: -¡El xilema!

Varios abrieron sus micrófonos y empezaron a aplaudir nuevamente. ¡Eso es impresionante, profe! - Dijo alguno.

-Y ¿qué creen que son estas marcas azules alrededor?

-Pues se ven un poquito como aplastadas, entonces yo creo que son el xilema o las células. -Se aventuró a decir Juliana.

- Bueno. -Aclaré- De hecho, la planta tiene diferentes tipos de células, así que las que vemos azules, mmm, no significa que las células sean azules, recuerden que las teñimos con azul de metileno para diferenciarlas. O se que las que ven alrededor, son otros tipos de células. ¿Ok? Tienen unos nombres, pero por ahora no nos vamos a complicar con ellos.

-Profe, pero puedes decírnoslos para poderlos escribir? Estoy muy interesada en esto.- Insistió Juliana.

-Quiero decirte algo. -Intervino Sofía- Ese pedazo del tallo que absorbió el colorante se ve como la piel de un camaleón.

-Si, pero estas son células. Cuando tomo la foto al microscopio, la resolución no es muy buena. Pero quiero que sepan que estas pequeñas piezas que ven allí, también son células.

-Profe, por favor puedes escribir el tipo de células en el chat para que las pueda escribir?- Insistió nuevamente Juliana.

-Claro que si. -Dije y procedí a escribirles los nombres- Ahora chicos, las otras imágenes que ven aquí son cortes transversales de la bromelia. Entonces, cuando puse el azul de metileno en la muestra, se vio así -señalando la imagen de la derecha en la figura 20 -. Ustedes me van a ayudar a identificar. En este caso no usé el colorante rojo, y en su lugar usé el azul de metileno. Entonces como pueden ver, hay unos puntos. ¿Qué creen que son stos puntos azules?

-Las células que absorbieron el colorante. – Dijo sofía.

-Exacto.-Respondí. - Y ¿cómo llamamos ese tejido?

-Tejido del xilema. – Respondió nuevamente Sofía.

-Recuerden que la bromelia no tiene raíces absorbentes ni tallo. Eso significa que los tejidos vasculares también están en las hojas. Entonces estos puntos azules son los tejidos del xilema de las bromelias. Y hay algo también muy interesante en estas hojas. ¿Pueden ver que hay unos pequeños espacios? Estos son espacios de aire y así es como la bromelia puede almacenar el dióxido de carbono del aire, para poderlo usar después. Pueden ver que también hay como pequeños cuadrados.

-Siii. – Respondieron varios.

- ¿Qué creen que son?

-No se profe, esto es nuevo. – dijo Juliana.

-Bueno esos son otros tipos de células. Algunas que hacen fotosíntesis, otras de clorénquima, esclerénquima, que tienen otras funciones.

El proceso con los cortes longitudinales fue similar. Los estudiantes, pudieron localizar el xilema en las imágenes obtenidas del microscopio, tanto del apio como

de la bromelia y allí pudieron contrastar la forma alargada de las células de los tejidos vasculares, con las otras células más pequeñas y redondeadas y de esta forma, visualizar el tubo que previamente habían imaginado. (Figuras 21 y 22)

Figura 21

Comparación entre las estructuras de una planta de bromelia y una de apio.

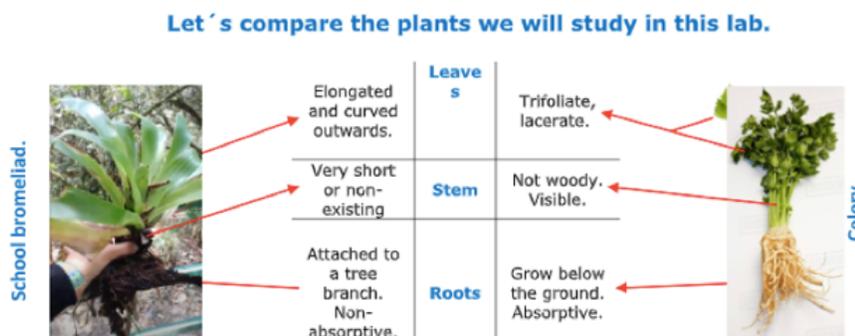
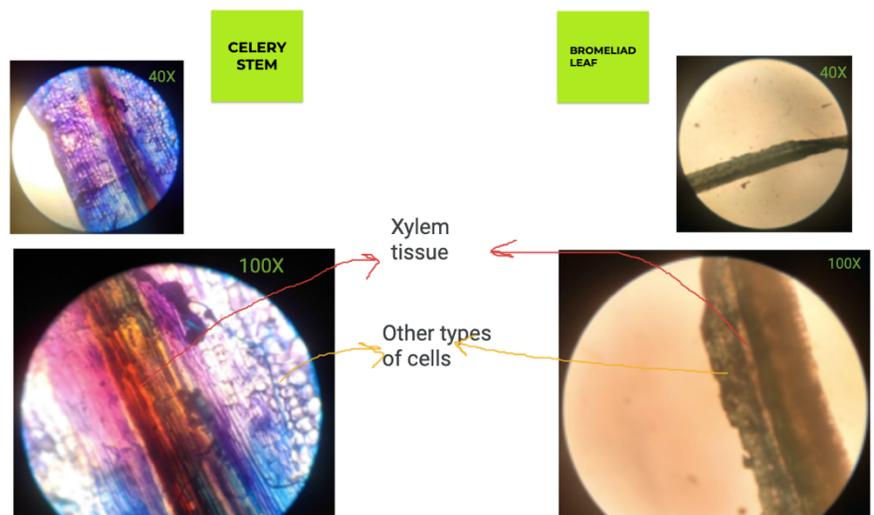


Figura 22

Imágenes al microscopio de cortes longitudinales de un tallo de apio y una hoja de bromelia.



Nota. Cortes longitudinales del apio que absorbió el colorante rojo y teñido con azul de metileno (Izq.) y una hoja de bromelia (Der.) vistos a 40X (arriba) y 100X (abajo). Las líneas y los textos fueron incluidos a medida que se discutía con los estudiantes.

Antes de continuar con los cortes longitudinales, voy a devolverme a un fragmento de la clase donde, previo a realizar la disección del tallo de apio y la hoja de bromelia, durante el cual realizamos una comparación de ambas plantas, en relación con la figura 21:

-Profe, puedo decir una diferencia? -Preguntó Sofía.

-Si, claro.-Dije.

-Que el apio tiene un tallo y la bromelia no tiene tallo.

-¡Muy bien! Ahora, -seguí- esta es nuestra primera pregunta: Si los tejidos vasculares están en las raíces y en el tallo, ¿significa que la bromelia del colegio no tiene tejidos vasculares?

-No. -Dijeron categóricamente Sofía y Tomás.

-Por qué no, sofi?

-Porque la bromelia no puede tener tejidos vasculares en las hojas.

-Hum, -exclamé- Esa es una hipótesis interesante. Muy bien. Ahora, Salma, tu querías decir algo, entonces quiero que por favor nos digas la diferencia entre las raíces de la bromelia y las raíces del tallo.

-Ummm... las raíces de la bromelia. Profe, yo se que esto que voy a decir no está en la guía, pero ¿puedo hablarlo?

-Si. Sigue.

-Ehh... primero, yo creo que el color, porque las raíces del tallo son más claras que las raíces de la bromelia porque estas son café. Y la otra diferencia es que las raíces de la bromelia están agarradas al árbol, no están en el suelo y el apio está en el suelo absorbiendo los nutrientes.

-Ok, muy bien Salma. -Dije- Entonces, nos dicen -la teoría- que las raíces de las bromelias no absorben agua y minerales. Estas sólo se agarran a otros árboles, pero las raíces del apio si absorben nutrientes y agua. Los nutrientes que son absorbidos por las raíces, son transportados a través del tallo a las hojas. Así que, si las raíces de la bromelia no absorben, ¿cómo pueden obtener agua y nutrientes, Juanse?.

- Cuando llueve, -contestó inmediatamente Juan Sebastián - las bromelias tienen un hueco, un tanque, y el agua entra al tanque. El planta tiene agua.

-Pero espera un momento, -dije- porque las raíces pueden absorber agua, pero, si en las bromelias el agua está entre las hojas, ¿pueden las hojas absorber? – ¿Usteden has escuchado sobre hojas absorbentes?

- No. -Respondieron varios.

- Entonces, ¿cómo sucede eso? – Insistí.

- Profe, yo creo, pero no se, que tal vez, las hojas absorben como, por ejemplo el agua, cuando cae la lluvia, obviamente las hojas vas a estar húmedas y creo que ellas absorben esto. Y no se cómo absorberán los nutrientes del agua, pero yo creo eso. -Explicó Salma.

-Entonces, ¿tal vez allí algo especial que ayuda a que las hojas absorban que otras plantas no tienen? -Pregunté.

-Sí. -Dijo Salma.

- Pero profe, puedo decir algo? Preguntó Juliana. -Yo creo que el tanque absorbe el agua y las raíces absorben los nutrientes. Eso es lo que yo creo.

-Pero nos dicen que las raíces no absorben nutrientes tampoco. Y además, antes habíamos dicho que para que la planta transporte los nutrientes, estos deben estar disueltos en agua. ¿Entonces?

-Teacher, yo tengo una.- Dijo Samuel. - Va a ser un poco raro, pero voy a intentar. Tu sabes que las bromelias están agarradas a los árboles, ¿verdad?

-Sí. -Dije.

- Yo creo que, para mí, los árboles absorben los nutrientes y los transfieren a las bromelias y sus hojas, porque están pegadas a él.

-Mmm ok. -Respondí pensativa- Pero, cómo absorben esos nutrientes del árbol si las raíces no absorben?

No hubo respuesta.

-Bueno, dejemos esta preguntas abiertas, porque yo no se. Vamos a encontrar las respuestas juntos. – Concluí

La pregunta quedó abierta. Y para responderla, realicé en frente de ellos el montaje de los cortes longitudinales de la hoja de bromelia y les enseñé la imagen obtenida (Figura 23). Antes de etiquetar las estructuras observadas, tuvimos el siguiente diálogo:

-¿Qué diferencia notan entre esta imagen -señalando la imagen de la punta a 40X- y esta otra? – señalando la imagen de la base a 40X.

Después de algunas intervenciones sobre la ubicación de la imagen, y los tipos de cortes, Juan Sebastián respondió:

-Profe, la diferencia que yo creo es que en la base, la base tiene algunos círculos para transportar los nutrientes y el agua hacia arriba. Y en la izquierda es con una lupa, o... no se. Y en la derecha, es con un microscopio.

Figura 23

Imágenes al microscopio de diferentes cortes de una hoja de bromelia.



Aún con ciertas confusiones sobre los instrumentos y pese a que habían pasado casi una semana desde aquella pregunta, Juan Sebastián pudo conectar sus ideas sobre las nuevas imágenes presentadas, con aquellas especulaciones que habíamos elaborado sobre el transporte de materiales en la bromelia, que no tenía tallo, pero en la cual habíamos descubierto tejidos vasculares. Este diálogo permitió concluir que probablemente, estas estructuras, que identificamos como tricomas, eran las adaptaciones que reemplazaban la función absorbente de las raíces.

-¿No les parece maravilloso todo esto, niños?

-Es asombroso profe.-Dijo Salma.

-No es maravilloso profe, -interrumpió Juliana- es impresionante! Toda la planta es tan bonita, pero si la quieres ver, tienes que sacar como 100 cosas que tienen una función.

Así, capa a capa, fuimos descubriendo las bromelias. Fuimos lenta, minuciosamente, laboriosamente y en comunidad, destruyendo la máscara de la realidad de ese objeto bonito que era la bromelia, violentando el sentido común para lenta y dulcemente construir conocimiento científico y descubrir cómo se hacen complejos los fenómenos porque “descubrir es la única manera activa de conocer. Correlativamente, hacer

descubrir es la única manera de enseñar” (Bachelard, Citado en Jean, 1983, pp.103,115,118)

De la Complejización de las Relaciones y sus Diferentes Lenguajes

Como se describe en los párrafos anteriores, los estudiantes constantemente pusieron a prueba sus imágenes sobre la circulación del agua. Ya fuera mediante las experiencias de provocación, de observación, de contraste con la información, de socialización con pares o conmigo, en cada una debieron reorganizar sus ideas para dar sentido al estímulo que las nuevas variables de estudio traían. Puede decirse entonces, que paulatina, pero heterogéneamente, cada estudiante se fue aproximando a una visión sistémica de la dinámicas del agua en el planeta, lo cual implica un grado de complejización del pensamiento cada vez mayor. Una complejización mediada por diferentes formas de lenguaje, algunas veces escrito-descriptivo, muchas veces oral/gestual-explicativo y otras pocas, gráfico o representativo de estructuras.

Llegó la hora entonces, de que los estudiantes crearan nuevas representaciones que en esta oportunidad superaran lo específico y trascendieran a representar la complejidad de las organizaciones mentales que hasta este punto se habían logrado sobre el objeto de estudio. Para esto, a la mitad del curso se le pidió que en grupos, elaboraran un dibujo que representara la relación existente entre las bromelias y el ciclo del agua, mientras la otra mitad representaría la relación entre estas plantas y el ecosistema.

Esta perspectiva, sugerida en la propuesta de Valencia et al., (2003), permitió dinámicas grupales en la que los estudiantes-sujetos de conocimiento compartieron preguntas alrededor de una situación particular, realizaron una construcción continua de criterios y crearon lenguajes propios. Se llevó a cabo con esta asignación, lo que Jean (1983) describe como “la actividad laboriosa y compartida, que se enfrenta a la complejidad de los fenómenos y las formas de expresión” (p.117), con resultados y formas de explicar que evidenciaron puntos de confluencia y divergencia y que en este

ejercicio y los posteriores ayudaron a afinar la argumentación y la construcción colectiva de explicaciones (Valencia et al., 2003).

Es así como en las representaciones realizadas por los grupos (Fotos 24, 25, 26 y 27), se puede identificar claramente un punto de confluencia en el cual la estructura de tanque de las bromelias fue un elemento de alta relevancia para la configuración de sus explicaciones:

“Las bromelias tienen un tanque que puede capturar el agua cuando empieza a llover...” (Foto 24)

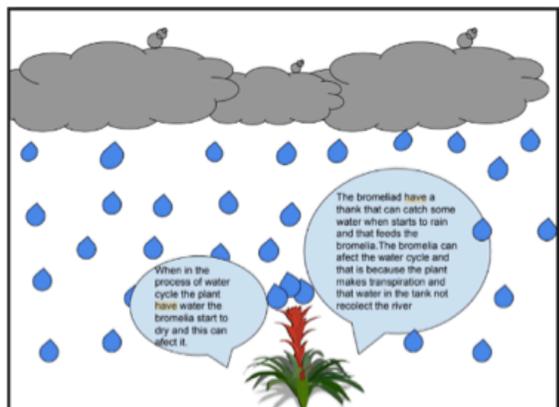
“Las bromelias recolectan el agua de la precipitación...” “...porque la bromelia puede retener el agua en el tanque...” (Foto 25)

“Las bromelias tienen un pequeño tanque en el centro...” (Foto 26)

De forma similar, se puede observar cómo las estructuras y fenómenos observables a simple vista dominan su razonamiento y se convierten en el punto de partida para dar sentido a imágenes más abstractas.

Figura 24

Representación de las relaciones entre las bromelias y el ciclo del agua, realizada por el grupo 2.



The bromeliad has a tank that can catch some water when it starts to rain and the water that recolectate the bromeliad the water can't go to the river and can't do.

The water cycle can affect the bromeliad and that is because the plant makes transpiration and that water in the tank is not more in the tank because it evaporates.

When the bromeliad absorb water can't evaporate because the water takes but is the water in the tank the water evaporates.

Nota. Texto en la burbuja pequeña: "Cuando en el proceso del ciclo del agua la planta tiene agua la bromelia se empieza a secar y esto la puede afectar." Texto en burbuja grande: "La bromelia tiene un tanque que puede capturar el agua cuando empieza a llover y esto alimenta la bromelia. La bromelia puede afectar el ciclo del agua y esto es porque la planta hace transpiración y el agua del tanque no es recolectada en el río". Texto bajo la imagen: "La bromelia tiene un tanque que puede atrapar algo de agua cuando empieza a llover y el agua que recolecta la bromelia no puede ir a río. El ciclo del agua afecta a la bromelia y esto es porque la planta hace transpiración y esa agua en el tanque no está más en el tanque porque se evapora. Cuando la bromelia absorbe agua no se puede evaporar porque toma el agua, pero es el agua en el tanque la que se evapora". (En la traducción, algunas expresiones fueron interpretadas considerando errores de vocabulario o de ortografía que suelen cometer los estudiantes en este nivel).

En la representación del grupo 2 (Figura 24), por ejemplo, la precipitación es el proceso del ciclo del agua que se referencia con menor grado de ambigüedad, probablemente porque las experiencias sensibles que cotidianamente han tenido con este fenómeno - recordemos además la experiencia del pluviómetro- les da la seguridad para referirse a él con certeza. Por el contrario, la mención que se hace a la evaporación/transpiración, sugiere una imagen borrosa en sus mentes dada la ambigüedad con la que expresan este proceso. Pero, así mismo, muestra un mayor grado de esfuerzo, una focalización del pensamiento.

"El ciclo del agua puede afectar la bromelia y esto es porque la planta hace transpiración y esa agua en el tanque no está más en el tanque porque se evapora. Cuando la bromelia absorbe el agua no se puede evaporar porque toma el agua, pero es el agua en el tanque la que se evapora"

(Figura 24)

Se evidencia en esta descripción, lo que Bachelard llamaría una “*toma de conciencia*”¹¹ que los invita a enfocar a través de las palabras, del parafraseo de la misma idea, lo que aún está borroso en su imaginación. Exploran, crean e interiorizan lenguajes para crear nuevas imágenes en un proceso de abstracción¹² que les permita explicar la transformación y el movimiento de la materia visible, tocable (el agua líquida en forma de lluvia) en algo difícilmente perceptible en la cotidianidad¹³ (el agua evaporándose o incorporándose a los tejidos de la planta).

Por otro lado, los estudiantes del grupo 1 (Figura 25), a quienes también se les pidió que explicaran las relaciones con el ciclo del agua, incorporaron mayor cantidad de elementos gráficos que permiten evidenciar las organizaciones construidas sobre las diferentes formas del agua y sus flujos. Incluyeron nubes, gotas de lluvia y otras formas que parecieran ser granizo. Al igual que el grupo anterior, la estructura en forma de tanque parece haber sido el eje organizador que les permitió dar sentido a diferentes estructuras, transformaciones y flujos de materia entre la planta y la atmósfera y entre esta y el suelo, pero además, a pesar de no habérselos solicitado, lograron explicitar las relaciones ecosistémicas que se generaban en el tanque de la bromelia haciendo un uso claro del lenguaje escrito.

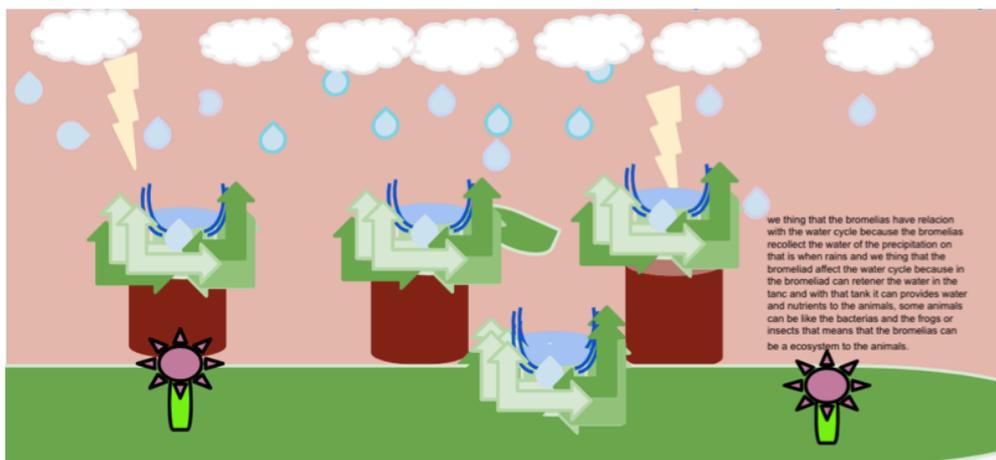
¹¹ Georges Jean (1983, p. 182) explica cómo para Bachelard, “la actividad de la imaginación es una actividad de concentración, una actividad de toma de conciencia. La actividad de la razón es así misma una actividad de *vanguardia* – otra toma de conciencia - y en un caso y otro se trata, en la imaginación o el razonamiento, de aumentar el lenguaje”. En este mismo sentido, el niño ve y describe bien aquello que construye y no construye más que si cuestiona.

¹² Bachelard (En Jean, 1983. P 132) reconoce la abstracción para la comprensión de las relaciones entre lo visibles y lo no visible como un proceso largo y lento en la niñez.

¹³ Vemos y sentimos la lluvia caer, pero a menos que se genere una experiencia para evidenciar la evaporación del agua, este proceso pasa fácilmente desapercibido en la cotidianidad.

Figura 25

Representación de las relaciones entre la bromelia y el ciclo del agua, realizada por el grupo 1.



Nota. En el texto: “Creemos que las bromelias tienen relación con el ciclo del agua porque las bromelias recolectan el agua de la precipitación que hay cuando llueve y creemos que las bromelias afectan el ciclo del agua porque la bromelia puede retener el agua del tanque y con ese tanque provee agua y nutrientes a los animales, algunos animales pueden ser como bacterias y las ranas o insectos eso significa que las bromelias pueden ser un ecosistema para los animales”.

La noción de ecosistema, en este punto, parece tener para los estudiantes una imagen más clara, logrando enunciarla desde el reconocimiento de las relaciones con los organismos, los flujos y las estructuras involucradas:

“las bromelias afectan el ciclo del agua porque la bromelia puede retener el agua en el tanque y con ese tanque provee agua y nutrientes a los animales, algunos animales pueden ser como bacterias y las ranas o insectos eso significa que las bromelias pueden ser un ecosistema para los animales.”

(Foto 13)

Figura 26

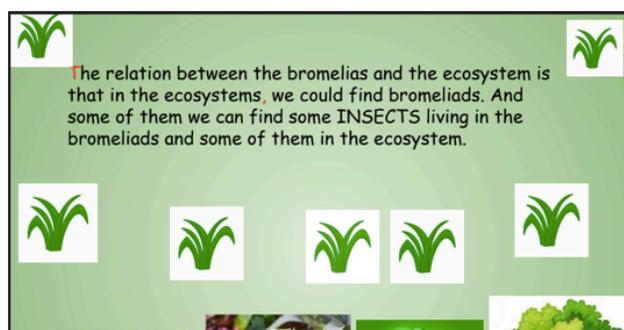
Representación de las relaciones entre bromelia y ecosistema, realizada por el grupo 3.



Nota. En el texto: Las bromelias están relacionadas con el ambiente porque las bromelias tienen un pequeño tanque en el centro donde los insectos ponen sus huevos.

Figura 27

Representación de las relaciones entre bromelia y ecosistema, realizada por el grupo 4.



Nota. En el texto: "La relación entre las bromelias y el ecosistema es que en los ecosistemas podríamos encontrar bromelias. Y en algunas de ellas podemos encontrar algunos INSECTOS viviendo en las bromelias y algunos de ellos en el ecosistema"

Los grupos 3 y 4 (Figuras 26 y 27), por su lado, optan por representaciones escritas, utilizando imágenes ya construidas e incorporan en sus explicaciones menos

elementos, lo que presenta una visión más limitada de las relaciones. Sin embargo, al socializar todas las representaciones los estudiantes lograron enriquecer sus percepciones, contrastar sus ideas, aproximarse a una visión más sistémica de la circulación del agua – como se ilustrará en la siguiente actividad (ver explicaciones en las figuras 28 y 29) – en un ambiente de aula democrático y equitativo.

Posterior a la socialización de las anteriores representaciones, los grupos se reorganizaron y se redujeron en tamaño para responder a la tarea de explicar cómo circula el agua en el bosque del Colegio La Colina. Para esto, se buscó centrar su mirada y su análisis por medio de un banco de términos que previamente habían sido dotados de significado en las diferentes experiencias de clase y que debían incorporar en la explicación, la cual, además, debía ser mayor a 25 líneas. Los términos fueron: “Ciclo del agua”, “precipitación”, “neblina”, “tanque”, “territorio”, “ecosistema”, “bromelias”, “río”, “ranas”, “insectos”, “bacterias”, “agua”, “plantas vasculares”, “tejidos vasculares”, “xilema”, “transporte”, “raíces”, “tricomas”, “transpiración”, “absorción”, “epífitas”, “tallo”, “hábitat” y “ceras”.

La forma en la que los grupos abordaron esta tarea fue diversa y mostró la heterogeneidad con que cada grupo y cada estudiante va complejizando su pensamiento. Cada una de las elaboraciones estaba dotada de un estilo propio del grupo en la manera de expresarse, en la forma de hilar los contenidos a partir de las relaciones entre fenómenos, estructuras y recorridos, en los conceptos que para ellos cobraban mayor relevancia, en la forma en que aquello que tal vez no pueda reconocerse como verdadero fue dotado de sentido mediante el uso de conceptos acertados (Ver fragmento resaltado en la figura 28 donde el grupo 6 explica por qué para ellos las bromelias son plantas no vasculares). En este sentido, Valencia et al., (2003) explican:

El interés por el papel de las representaciones en la construcción de conocimiento, no se centra en determinar si dichas representaciones son o no verdaderas o si se corresponden con un modo de representar dominante, sino en mostrar que es posible transformar las formas de relación que se establecen entre los sujetos y entre ellos y los saberes que circulan en la escuela, haciendo posible la coexistencia de múltiples formas de representar. En este sentido, las representaciones circulantes en la escuela

configuran territorios de conflicto cultural que propician formas de relación equitativas y democráticas. (“La ciencia como construcción de representaciones del mundo natural y social”, párrafo 3)

Ha sido un viaje conjunto, una construcción colectiva, sin embargo, las elaboraciones están dotadas de riquezas individuales, conjugan percepciones diferentes.

A partir de la escritura, emergió la capacidad creadora de los niños a la que apeló Bachelard (Jean, 1983, pp. 73 y 74). Los gestos con las manos, las pausas y silencios, fueron paulatinamente reemplazados por enunciados más precisos, mucho más cercanos al lenguaje científico en cuanto se redujo su nivel de ambigüedad. Lograron construir un conocimiento científico que fue “lenta y minuciosamente” destruyendo la máscara de la realidad para reconocer detrás de ella cómo se hacen complejos los fenómenos (Jean, 1983, p.103).

Es sin embargo, un ejercicio no acabado, siempre con potencial de seguirse reconstruyendo, reconfigurando en la mente de los niños donde por ejemplo, la afirmación del grupo 6 bien podría ponerse en juego con la representación elaborada por el grupo 4 (ver parte resaltada en la figura 29) en una nueva dinámica de aula, donde el ambiente de relaciones ya cimentado, siga dando paso a nuevas organizaciones en la búsqueda de explicaciones validadas no desde la repetición de lo ya conocido, sino desde “un juego de explicitación, contrastación, enriquecimiento y transformación colectivo” (Valencia et al., 2003, “La ciencia como construcción de representaciones del mundo natural y social”, párrafo 4).

Figura 28

Traducción de la explicación elaborada por el grupo 6, sobre cómo circula el agua en el bosque del Colegio La Colina

“El ciclo del agua está conformado por evaporación, condensación, precipitación e infiltración. Evaporación: es cuando el sol calienta el agua la evaporación puede subir en otra forma que es la neblina la neblina es un tipo de niebla pero realmente es evaporación. Condesación: es cuando el agua se evapora sube y cuando sube muy arriba la evaporación encuentra una zona fría y esa zona fría hace que la evaporación mantenga la evaporación y eso hace una nube Precipitación: cuando las nubes recolectan mucha evaporación que son gotas de agua, las nubes están tan llenas que explotan y empieza a llover. Infiltración es cuando los ríos recolectan el agua y la transportan a los océanos. Hay algunas plantas que recolectan el agua que cae con sus tanques, el territorio de esas plantas está en los árboles , el nombre de esas plantas es las Bromelias las bromelias tienen un tanque que recolecta el agua con su tanque en el tanque podemos ver algunos insectos o bacterias o ranas que viven en sus tanques para esos insectos el tanque de las bromelias es como un ecosistema para ellos porque la bromelia les puede proveer agua y nutrientes del agua a los insectos o bacterias si tu crees que el árbol está muriendo porque las raíces de las bromelias hieren el árbol pero no las bromelias usan sus raíces para sujetarse al árbol y estar a salvo en el árbol. Las hojas de la bromelia tienen uas hojas especiales para capturar el agua con los tricomas que ayudan a la bromelia a capturar el agua, la bromelia es una epífita las epífitas son unas plantas que pueden estar sobre otras plantas pero no son parásitas, las bromelias no tienen tallo porque no lo necesitan, la bromelia no es una planta vascular porque las plantas vasculares son plantas que son tan altas que las raíces no pueden transportar el agua a las hojas las plantas vasculares tienen tejidos especiales que usan para transportar un ejemplo es el árbol los tejidos vasculares del árbol le ayudan a transportar el agua y los nutrientes a las hojas y las hojas hacen la fotosíntesis otro nombre del tejido vascular en su nombre científico es el xilema el xilema es un tejido que transporta los nutrientes y el agua a las hojas y cuando las hojas hacen la fotosíntesis el floema transporta el azúcar de las hojas a toda la planta, algunas bromelias tienen cera que es una cera que está en las hojas de las bromelias en las hojas para ayudar a que el agua caiga en el tanque, las bromelias u otras plantas transpiran agua como nosotros pero nosotros transpiramos residuos por nuestra piel.”

Nota. En esta construcción participaron algunos estudiantes del grupo que hizo la representación gráfica de la figura 26. Se puede ver aquí cómo pasaron de una representación simple a la incorporación de diferentes variables para explicar un fenómeno complejo. La traducción se presenta de la forma más fiel posible al escrito elaborado en inglés por los estudiantes; sólo algunas expresiones o palabras fueron interpretadas considerando errores en la segunda lengua que suelen presentar los estudiantes en estos niveles.

Figura 29

Traducción de la explicación elaborada por el grupo 4, sobre cómo circula el agua en el bosque del Colegio La Colina.

"En el bosque del Colegio La Colina muchos niños se divierten, sin embargo, otros pocos se preguntan ¿cómo funciona? ¿Cómo circula el agua? Esta es la respuesta, hoy responderemos esas preguntas de una forma especial.

En el bosque hay muchas plantas y pequeños animales que tienen un ecosistema, algunos de ellos viven en el hábitat del bosque. Por ejemplo las ranas, insectos, etc. El bosque es el territorio de animales. ¿Cómo funcionan esas plantas?

Para hablar de las plantas necesitamos devolvemos al lugar de donde viene el agua. En el río, algunas raíces, el suelo y otras cosas absorben el agua y esta circula en el bosque y otras plantas por la lluvia, la pregunta es ¿Cómo funciona la lluvia?

La lluvia viene del ciclo del agua, el ciclo del agua está hecho de estas funciones: evaporación, condensación, precipitación y recolección.

Cuando el día es frío, la neblina es creada por la precipitación y algunas veces la neblina baja y las bromelias toman un poco de agua debido al estado gaseoso.

¿Cómo funcionan las bromelias?

Las bromelias son plantas epífitas y algunas de ellas no lo son. Tienen un tanque en la mitad que recolecta el agua de la lluvia y la neblina, la cera que las bromelias tienen son para que las hojas no absorban -el agua- en la parte de arriba y la absorban en la parte del tanque. En sus tanques viven insectos y bacterias. Las bromelias tienen tricomas que absorben el agua de la neblina y la transportan al xilema, un tejido vascular, así que son plantas vasculares. Las bromelias no tienen tallo o este es muy corto esta es una forma de reconocerlas. Si hay mucho sol y calor la bromelia empieza a transpirar. ¿Cómo ayudan las bromelias al ambiente?

Las bromelias ayudan al ambiente porque en sus tanques pueden vivir bacterias y pequeños animales como insectos y algunas de ellas producen néctar o las bromelias pueden ser usadas como hábitat por algunos animales como insectos,

Nota. En esta construcción participaron estudiantes que hacían parte de los grupos que realizaron las representaciones de las figuras 26 y 27. Se puede ver aquí cómo pasaron de una representación simple a la incorporación de diferentes variables para explicar un fenómeno complejo. La traducción se presenta de la forma más fiel posible al escrito elaborado en inglés por los estudiantes; sólo algunas expresiones o palabras fueron interpretadas considerando errores en la segunda lengua que suelen presentar los estudiantes en estos niveles.

REFLEXIONES FINALES

A lo largo de todo el proceso de diseño, ejecución y sistematización de la ruta de intervención en el aula descrita en este trabajo, fueron muchas las transformaciones que se dieron a nivel profesional y personal. Puede decirse que al momento de concebir las actividades e incluso los instrumentos, pese a tener una intención clara de llevar paulatinamente a los estudiantes al reconocimiento de la complejidad del mundo natural a partir de un tema específico, realmente hubiera sido imposible dimensionar los alcances y las transformaciones que esto traería. Poner en perspectiva, proyectarse a unos resultados, no es, o al menos no fue en este ejercicio nada comparado con vivirlo. Acompañé a mis estudiantes a descubrir lo que Bachelard llamaría “un juguete de profundidad” en nuestro entorno cercano y compartido, un ecosistema querido y unas bromelias encantadoras, pero en realidad, fueron ellos quienes me permitieron ver la profundidad que son, mientras me descubría a mí misma como docente. Las siguientes reflexiones presentan entonces, no los resultados de una práctica pedagógica, sino una mirada retrospectiva de un camino de transformación.

El primer aspecto que cobra relevancia son los espacios de la Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico, donde los profesores asumieron el papel de guías en un camino de descubrimiento. No habían mentores tratando de enseñar a enseñar ni enseñando contenidos de las área de su especialidad: química, física o biología. Desde el inicio, todo se centró en buscar explicaciones. Ellos proporcionaban una situación de estudio y paulatinamente presentaban piezas de información, casi siempre sobre procesos históricos asociados a descubrimientos científicos que los mismos estudiantes debíamos preparar para enriquecer la discusión en clase. No habían afirmaciones contundentes por parte de los docentes quienes constantemente cuestionaban las intervenciones de sus alumnos sin señalar errores o aciertos. Esta tarea, era más bien asumida por nosotros mismos, quienes sometíamos a juicio “de pares” nuestras propias conclusiones. Se generaba así una dinámica de construcción colectiva en la que cada grupo de trabajo proponía los diseños experimentales, los caminos que tomaría la investigación y las conclusiones que de esto se podría obtener.

Todo, propuestas, procesos y resultados eran sometidos a los juicios del grupo que en ocasiones corregían el curso de las rutas explicativas y otras tantas invitaban a la persistencia o resistencia de los proponentes. Los profesores, entre tanto, seguían haciendo sus aportes en forma de pregunta.

La dinámica de estos espacios, se presentaba casi siempre de forma coherente con los seminarios de Historia y Epistemología de las Ciencias y de la Ciencia como Actividad Cultural, donde íbamos redescubriendo los procesos que han hecho posible pensar la actividad científica y revisando las prácticas pedagógicas de las ciencias en la escuela.

Fue así como se empezó a configurar desde mi calidad de estudiante, un discurso desde mi propio descubrimiento de los fenómenos y situaciones. Logré dar sentido a conceptos y procesos disciplinares que antes me eran ajenos, construí mis propias imágenes, las puse en diálogo con autores, representaciones y con mis compañeros. Me sentí enriquecida en conocimiento, rigurosidad, escucha y auto validada en mis descubrimientos. Hubo momentos en los que me sentí perdida en los tecnicismos de cada materia y en situaciones en las que sentía que no estaba dando la talla. Pero había algo en las retroalimentaciones de los profesores que me hacían mirar hacia mi propio proceso y valorar los pequeños logros, las claridades que en él estaba logrando y que con trabajo arduo y el intercambio con mis compañeros se potencializaban.

Paralelamente, iba pensando en el desarrollo de la ruta de intervención que orientaría este trabajo de grado. Pero en ese momento, la conciencia sobre mi propio camino tenían una forma muy incipientemente; iba entonces incorporando en mi propuesta pequeños elementos, descubrimientos que en ese momento parecían grandes revelaciones pedagógicas.

En el diseño de la propuesta, prevalecieron las estructuras del modelo pedagógico del colegio, con el que siempre me he sentido conectada y que ya he descrito en los primeros capítulos. Pero aún así, ya empezaban a esbozarse algunas transformaciones. De usar juegos metafóricos para estudiar los procesos de

circulación, pasé a la aventura de sumergirnos en un sistema real, complejo y aunque cercano, poco conocido para mi. Pero usé instrumentos similares. Las guías de trabajo siguieron más o menos el mismo proceso creativo que siempre había usado; la segmentación y secuenciación de los temas a abordar se realizó teniendo en cuenta las fases de la planeación ya institucionalizada, solo que todo esto se vió permeado por las exigencias de la virtualidad y por un estudio disciplinar que me permitiera un acercamiento más acertado a esa aventura que emprendería con los estudiantes.

Mis asesores acompañaron y guiaron este proceso permanentemente. Acogí muchas de sus sugerencias y otras las debatí y luché para encontrarles sentido, para al final descubrir juntos que otras maneras son posibles si confiamos en que la percepción del otro puede ser válida, aún cuando todavía no esté codificada para nuestra lectura.

Y empezamos el camino. Poco a poco se fueron aplicando los instrumentos. Registros de observaciones, construcción de artefactos de medición, videos del bosque que tuvieron que reemplazar la experiencia directa, representaciones gráficas a una primera vista no muy claras ni detalladas, actividades que en conjunto nos activaron los espacios de socialización requeridos en el esquema de La Colina.

Pero de repente, esos espacios demandaron más tiempo, los estudiantes se mostraban más inquietos, su voz se escuchaba más. Nos costaba concluir en conceptos o explicaciones claras y contundentes y a veces se hacía necesario aplazar la discusión. En algún momento un estudiante solicitó una tutoría personalizada porque no había entendido el tema. Pero la verdad, es que aún no se había explicado la respuesta. Esto era lo que estaba cambiando. La profesora, ya no estaba explicando, no estaba respondiendo sus preguntas. La profesora, sin ser muy conciente de esto, estaba ofreciéndoles el mismo proceso que había experimentado. Los recursos eran los mismos, la forma de utilizarlos se había transformado. Los niños y niñas empezaron a descubrir el clima, los ecosistemas, el bosque y las bromelias, a llenar de sentido, su sentido, las nuevas imágenes; a escucharse, leerse y constuirse. Y yo empecé a

descubrirlos a ellos, a leerlos y a acompañarlos. Éramos prácticamente pares en el camino.

Las relaciones en el aula cambian, cuando el maestro se cambia a sí mismo. Cuando reconoce la complejidad del mundo natural y su estudio y se desembaraza de la necesidad de controlar el conocimiento que comparte y las situaciones que crea porque abre sus sentidos al potencial transformador de los estudiantes y se modifica a la par con ellos.

Esto no significa que el maestro llegue a la clase a ver que pasa. Abrir el espacio a dinámicas inesperadas en el aula implica tener un conocimiento disciplinar tan amplio, tan profundo y con una conciencia tan alta de su complejidad, que posibilite no el juicio de lo que está bien o mal, sino una variedad de recursos, de herramientas útiles para trazar caminos divergentes que conduzcan a los estudiantes a verdaderos descubrimientos. Pues de no ser así, fácilmente se estancarán en callejones sin salida.

En este sentido, la elaboración de los materiales, la forma en que se presenta la información, debe también propiciar la emergencia de las nuevas relaciones. No se trata de flexibilizar el conocimiento o los postulados construidos por la ciencia. Tampoco de sumergir a los estudiantes de básica primaria en el vasto volumen de fuentes de información disponible para que la clasifiquen, valoren y usen aquello relevante a sus preguntas, como lo hicimos en los seminarios de la Especialización. El maestro de básica primaria debe elaborar minuciosamente insumos de información que sea digeribles para niños y niñas de esta edad y para sus tiempos, pero además, debe ser cuidados en la forma en que les presenta dicha información; pues, su comprensión no puede convertirse en el fin último sino en un medio para enriquecer las visiones. No se trata de desconocer las leyes, teorías y demás productos de la actividad científica pues esto sería negar la misma ciencia que queremos descubrir con los estudiantes. Se trata de volver al espíritu primario de la misma, cuyo interés no está en ser dueña de la verdad sino en el ejercicio continuo y riguroso de su búsqueda. Para esto, la información científica, debe concebirse en el aula como un insumo más, producto de

procesos enriquecidos por errores, correcciones y aciertos de seres humanos, y que son útiles para razonar sus propias imágenes del mundo en una construcción colectiva y cultural.

Ahora bien, este proceso tiene implicaciones especiales en instituciones bilingües donde las asignaturas de contenido se estructuran en la segunda lengua. Los procesos de socialización, por ejemplo, se tornan más lentos pues se debe tener especial cuidado de no limitar la expresividad de los estudiantes, máxime cuando en el mismo grupo interactúan diferentes niveles de dominio del idioma. El material escrito demanda un nivel de atención mayor pues hay procesos lingüísticos que aún son incipientes en términos de vocabulario y estructuras gramaticales, muchos de ellos ya superados en la lengua materna.

Esto significa que también a nivel de producción oral y escrita, los estudiantes no cuentan con los suficientes recursos lingüísticos para representar sus imágenes mentales, lo cual a su vez puede romper los procesos comunicativos y demandar mayor intervención del maestro para interpretar y parafrasear las ideas de los estudiantes en estructuras más comprensibles para los demás. Por esta misma razón, las expresiones faciales y el lenguaje corporal cobran especial relevancia en la dinámica del aula.

Ahora bien, como todo proceso metacognitivo, el aprendizaje sobre la práctica se da en retrospectiva. Cuando se produce un distanciamiento de la experiencia inmediata de la clase y se presenta la posibilidad de recuperarla en otros momentos, bajo otras miradas. En este sentido, la sistematización de experiencias de aula cobra mayor relevancia al trascender el ordenamiento a una lectura de los registros influenciada por el saber docente.

Fue así, como al ver las grabaciones de las clases para hacer la lectura que Valen el capítulo anterior referente a la sistematización, fue posible reconocer a los estudiantes en sus nuevas dinámicas, maravillarse con las intervenciones que tal vez en la premura

del momento pasaron por alto, reconocer los aciertos en la retroalimentación según los nuevos rumbos que iban generando, para incorporarlos como nuevos recursos a la práctica e identificar, para corregirlos, aquellos que pudieron obstaculizar o reprimir algún aporte, o la emergencia de nuevas construcciones de conocimiento.

Gracias a este ejercicio de recuperación, fue posible también enriquecer las lecturas sobre la participación individual de los estudiantes y sus dinámicas grupales, encontrando nuevos sentidos desde sus motivaciones, sus características y recursos personales para pensar nuevas formas de diálogo, de retroalimentaciones y construcción de significados donde cada estudiante se sienta validado desde sus particularidades en las dinámicas de construcción de conocimiento.

Al sistematizar la experiencia, se trata entonces, de recuperar la voz de los niños y las niñas, de reconocer su necesidad y derecho a expresarse, de enriquecer las lecturas que como maestros tenemos de ellos para transformar nuestras prácticas pedagógicas en unas donde se favorezca la oportunidad de hablar, donde se satisfagan sus intentos de explicar. Para que en instituciones como el Colegio La Colina, se potencialicen los espacios dados para que el estudiante sea el centro de la clase y en aquellos donde no existen, se reconozca la necesidad de abrirlos y enriquecerlos.

Ahora bien, si la preocupación está dada por el desarrollo de los contenidos de las ciencias, incorporados en la estructura curricular, puedo afirmar con certeza que las reflexiones aquí planteadas, a partir de la experiencia en un colegio con gran interés en los resultados de las pruebas estandarizadas, en ningún momento apuntan en contra de dicho propósito, pues la mayor transformación no está en la información que se usa, sino en cómo se presenta sin quitarle validez a los postulados de la ciencia, pero apuntando a la complejización del pensamiento de los estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

Arjona H. (1996). *Toma, transporte y metabolismo del agua y nutrientes en la planta. Agronomía Colombiana 1996. VXIII, N2. Pg 138-141.* Recuperado Nov 16 de 2020.

file:///Users/macbookair/Downloads/25440-Article%20Text-89470-1-10-20111113.pdf

Baker, J., y Allen, G. (1970). *Biología e Investigación Científica.* (George, J., y Figueroa de Uphoff, I., Trad.). Fondo Educativo Interamericano S.A.

Baros, Mauricio. (2009). *El Nilómetro de rodas.* Recuperado de:

<https://www.divulgameteo.es/fotos/meteoroteca/Nil%C3%B3metro-Roda.pdf>

Bidwell, R. (1993). *Fisiología Vegetal.* (Cano, G. Y Rojas, M., Trad.). MAGT. Editora S.A.

Carbajal, A., González, M. (2012). *Propiedades y funciones biológicas del agua.* Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid, España.

Colegio La Colina. (2021). *Modelo pedagógico.* Recuperado de:

<https://colegiolacolinaclc.edu.co/modelo-pedagogico/>

Cuesta F., Peralvo M. y Valarezo, N. (2009). *Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Una evaluación regional de su estado de conservación y de su vulnerabilidad a efectos del cambio climático.* Serie Investigación y Sistematización #5. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION. Quito.

Díaz, J. y Freire, B. (2008). *Manejo del recurso hídrico en culturas precolombinas.*

Revista EIDENAR: Ejemplar 7 / Enero - Diciembre 2008.

Doogle, James. (2003). *Background to modern hydrology.* Center for Water Resources research. Dublín.

Geydan T. y Melgarejo L.M. (2006). *Plasmodesmos: Estructura y función*. Acta Biológica Colombiana V11S. Departamenteo de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado (Nov. 16 de 2020). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/27160/27432>

Giordan, André. (1996). *¿Cómo ir más allá de los modelos constructivistas? La utilización didáctica de las concepciones de los estudiantes*. Universidad de Ginebra.

Hanson, N. R. (1958). *Patterns of discovery. An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge University Press.

Isaza, C. y Betancur, J. (2009). *Relacion entre la biomasa y algunas características morfológicas de las bromelias fitotelmatas de un bosque alto andino colombiano*. *Caldasia* 31(1):1-7. 2009. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/36054/37425>

Jacob, F. (1999). *La lógica de. Lo viviente*. Tisquest editores.

Jara, O. (2018). *La sistematización de experiencias prácticas y teorías de otros mundos posibles*. Fundación Centro Internacional de Educación y Desarrollo Humano – CINDE. Bogotá Colombia.

Jean, G. (1983). *Bachelard, la infancia y la pedagogía*. Editions du Scarabee, París.

Kattan, Gustavo. (2003). *Bosques Andinos y Subandinos del Departamento del Valle del Cauca, Colombia*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC Subdirección de Intervenciones Territoriales para la Sostenibilidad, ITS Subdirección de Conocimiento Ambiental Territorial, COAT. Santiago de Cali, Colombia.

Leroy,C., Carrias, J.F., Cereghino, R., Cabara, B. (2016). *The contribution of microorganisms and metazoans to mineral nutrition in bromeliads*. *Journal of Plant Ecology*. VolumE 9, NumbEr 3, PagEs 241–255.

Macarulla, J.M. (1981). *Biomoléculas. Lecciones de bioquímica estructural*. Editorial Reverté.

Males, Jamie (2016). *Think tank: water relations of Bromeliaceae in their evolutionary context*. Botanical Journal of the Linnean Society, 2016, 181, 415–440. Department of Plant Sciences, University of Cambridge.

Manetti, Lilia L.M., Delaporte, R.H. & Laverde Jr., A. (2009). *Metabólitos secundários da família bromeliaceae*. Química Nova, 32(7), 1885-1897. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000700035>

Matiz, A., Mito, P., Yepes, A., Freschi, L. y Mercier, H. (2013). *CAM Photosynthesis in Bromeliads and Agaves: What Can We Learn from These Plants?*. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.5772/56219>

McLaren, Peter. (1997). *Pedagogía crítica y cultura depredadora. Políticas de oposición a la era posmoderna*. Ed. Paidón, Ecuador.

Medina, E. (1990). *Eco-fisiología y evolución de las bromeliaceae*. Boletín de la academia nacional de ciencias. Córdoba, Argentina Torno 59, entregas 1 & - 2' Diciembre de 1990. Recuperado de :
file:///Users/macbookair/Downloads/Eco_fisiologia_y_evolucion_de_las_Bromel.pdf

Megías M, Molist P, Pombal MA. (2018). *Atlas de histología vegetal y animal. conducción*. Departamento de Biología funcional y ciencias de la salud. Universidad de Vigo.

Megías, M., Molist, P., Pombal, M. (2019). *Atlas de histología vegetal y animal. Órganos vegetales*. Recuperado de: http://mmegias.webs.uvigo.es/2-organos-v/guiada_o_v_inicio.php

Megías, M., Molist, P., Pombal, M. (2020). *Atlas de histología vegetal y animal. Tejidos vegetales vasculares*. Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Facultad de Biología. Universidad De Vigo.

Ministerio de Educación Nacional.(1998). *Serie lineamientos curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. Recuperado de:
https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-89869_archivo_pdf5.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2017). *Mallas de Aprendizaje. Documento para la Implementación de los DBA*. Recuperado de:
https://aprende.colombiaaprende.edu.co/ckfinder/userfiles/files/CARTILLA-INTRODUCTORIA_.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (1994). *Ley 115 de 1994 por la cual se expide la Ley General de Educación*.

Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Formar en Ciencias, el Desafío. Estándares de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Serie. Guías No. 7*. Recuperado de: https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-81033_archivo_pdf.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Contrato Interadministrativo 0803 de 2016 Propuesta de estructura y fundamentación de los DBA, Componente Ciencias Naturales* . Recuperado de:
<https://aprende.colombiaaprende.edu.co/ckfinder/userfiles/files/fundamentacioncienciasnaturales.pdf>

Mondragón, D., Ramírez, I., Cruz, M. y García, J. (2011). *La familia bromeliaceae en México*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Nace, Raymond. (1970). *El agua y el hombre: Panorama mundial*. UNESCO, Paris.

North ,G., Lync, F., Maharaj, F., Phillips, C., and Woodside, W. (2013). *Leaf hydraulic conductance for a tank bromeliad: axial and radial pathways for moving and conserving water*. Front. Plant Sci., 10 April 2013. Recuperado de:
<https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00078>

Ospina, F., Estévez, J., Realpe, E. y Gast, F. (2008). *Diversidad de invertebrados acuáticos asociados a Bromeliaceae en un bosque de montaña*. Revista Colombiana de Entomología, Vol 34. N2. Bogotá. Jul/Dec, 2008.

Rivera, V.A., Thorsten, K., Linares, P (2008). *Importancia de las bromelias para la fauna*. Universidad Veracruzana, Mexico.

Sánchez, C.A. (2015). *Producción agrícola y organización política en las sociedades prehispánicas del Alto Magdalena*. Revista colombiana de antropología Vol. 51, N· 2 julio-diciembre.

Steffano, F., Papini, A., y Brighigna, L. (2008). *A new quantitative classification of ecological types of the bromeliad genus Tillandsia (Bromeliaceae) based on trichomes*. Dipartimento di Biologia Vegetale. Università Degli Studi at Firenzi.

Universidad Pedagógica Nacional. (1 de febrero de 2021). *Especialización en docencia de las ciencias para el nivel básico*.
<http://cienciaytecnologia.pedagogica.edu.co/vercontenido.php?idp=380&idh=385>

Valencia, S., Orozco, J., Méndez, O., Jiménez, G. y Garzón, J. (2003). *Los problemas de conocimiento una perspectiva compleja para la enseñanza de las ciencias*. Artículo publicado En: TEΔ. Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología. UPN. Bogotá D. C. Año 2003 No 14 pp 109-120

Zizumbo Villarreal, D., García Marín, P.(2008). *El origen de la agricultura, la domesticación de plantas y el establecimiento de corredores biológico- culturales en Mesoamérica*. Revista de Geografía Agrícola, núm. 41, julio-diciembre, 2008, pp. 85-113. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México

ANEXOS

Anexo 1 Croquis del Mapa de Bogotá



Anexo 2. Croquis del Mapa de La Calera

Anexo 3. Croquis del Mapa del Colegio La Colina



Anexo 4. Guía para estudio de precipitación (Pluviómetro)



**COLEGIO LA COLINA
SCIENCE
FOURTH GRADE
LET'S MEASURE THE RAIN**

PLUVIOMETER OR RAIN GAUGE

1. Follow the teacher's instructions to build your own pluviometer.
2. Place the pluviometer on a safe open space of your house (balcony, garden, main entrance, roof top, hanging from a window, where your pets can't reach it).





A pluviometer or rain gauge is an instrument that is used to measure the amount of rainfall that has fallen at a given place over a specific period of time.

To measure the rainfall is useful to identify the dry and wet seasons of a place, and it is possible to relate that information with other characteristics of climate such as humidity and temperature, which in turn, affect the possibilities of different life forms existence in a specific place.

There are several pluviometer models. This type is controlled manually.

HOMEWORK

1. Download this document in Word format.
2. Take daily record of your pluviometer (always at the same time) and organize the information in the following chart. Remember to put the pluviometer back in zero after every record so it doesn't affect the next day measure.

RAINFALL IN MY NEIGHBORHOOD									
Name:									
City:									
Is your house located in the countryside or in the city?									
Neighborhood:									
Dates recorded: from to									
Place the clouds in the box that matches the day and the amount of rain registered in your pluviometer. (Click on the cloud and drag it to the box in the chart)									
									
mm	65								
	60								
	55								
	50								
	45								
	40								
	35								
	30								
	25								
	20								
	15								
	10								
	5								
			1	2	3	4	5	6	7
DAYS									

3. Add the numbers you got during the 8 days and then divide that number by 8. The result will be the average rainfall in your pluviometer during the week.

The average rainfall in my pluviometer was _____ mm.

In class, compare your results with your classmates.

Anexo 5. Guía Sobre la Relación Entre el Agua y los Ecosistemas



SCIENCE FOURTH GRADE

WHAT IS RAINFALL?



Water has three states. It may be liquid, solid (called ice), and gas, called water vapor or steam.

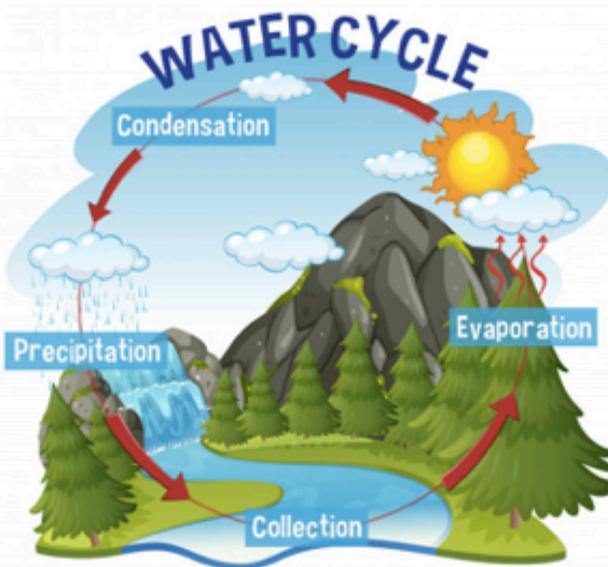
Rainfall or precipitation is any kind of water that falls from clouds in the sky, like rain, hail, or snow.

RAINFALL IS IRREGULAR

Have you noticed that rain does not fall every day, or at the same time of the day? that some months and some places are rainier than others?

That is because rain is formed as part of a planetary water cycle that makes water move through Earth in its different forms or states (liquid, solid and gas).

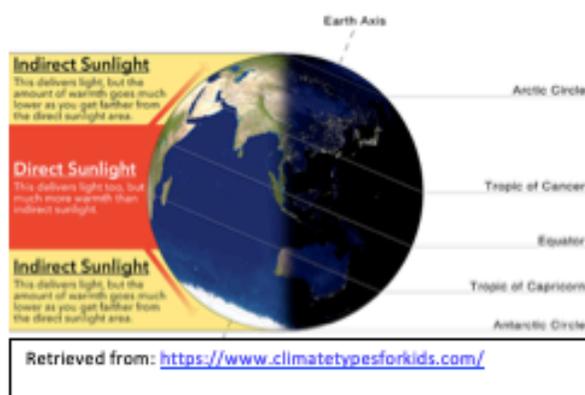
At the beginning of the cycle, sunlight heats up water on Earth's surface. The heat, mainly from sun radiation, causes the water to evaporate, or to turn into water vapor. This water vapor rises into the air and travels across the atmosphere. As the water vapor cools in the upper parts of the atmosphere, it turns back into water, in the form of droplets, and, if it is too cold, in form of hail or snow. This process is known as condensation.



Retrieved from:

<https://primercicloenmariecurie2018-20.blogspot.com/2019/12/the-water-cycle.html>

Clouds form from large numbers of these droplets. In a cloud, droplets come together with other droplets to form larger drops of water. Eventually, the drops become too heavy to stay in the cloud and they fall to Earth as rain.



There are different reasons why rain falls irregularly both in quantity and in time and space. One of them is that sun radiation changes during the day and the year in different places of the planet, which means water accumulated on Earth does not evaporate at the same pace everywhere. Also, because the wind currents of the planet move

water vapor and clouds in different directions. Besides, the presence of mountains or plains may affect the journey of the clouds.



For example, in dry ecosystems such as deserts and tropical dry forests, because of the little rainfall and low humidity, the temperature can change from too high during the day to very low at night. These characteristics along

with wind regimes cause the ground to dry up. Only the vegetation and fauna that can adapt to these conditions may inhabit these ecosystems.

Tropical rain forest is typical in lowlands and is characterized by having long periods with little rainfall and temperatures between 25 and 30°C. Its vegetation is adapted to water scarcity with strategies like loss of leaves during the dry seasons and morphologic modifications such as small leaves, and thorns.

On the other hand, Andean forests, like the one we have in La Colina School, grows on the Andean mountains, usually covered with clouds, between 700 and 4000 m.a.s.l.¹. Wet winds coming from the coast and the Atlantic Ocean move toward the forest maintaining a considerably humid climate. Also, the higher the altitude, the more precipitation.



In la Tatacoa desert located in Huila, Colombia, (named as a desert by the Spaniards during the conquer, but it really falls under the dry tropical forest category) the temperatures vary from 43^oC during the day to 18^oC at night; the wind can be 7km/h and the rainfall can reach 209mm in a wet month. There are 227 different plant species and although they are not so easy to see, you can find animals like snakes, spiders, eagles, weasels and lizards among others.

On the other hand, the Chocó region in Colombia which has been classified as super humid jungle and is considered as one of the rainiest places in the world, shows rainfall levels up to 440mm in a month and temperatures around 28^oC. The wind speed in this region can change depending on the height above the sea level between 64 and 24 Km/h. The amount of rainfall along with other climatic conditions, makes it a very biodiverse region with 5976 vascular plant species and 1698 animal species lots of which cannot be found anywhere else in the world.

¹ m.a.s.l = meters above the sea level.

In la Calera, the territory our school belongs to, has a temperate climate which temperature changes between 6^oC to 19^oC through the year and the wind speed can be around 13Km/h. It shows a significant rainfall of 36mm in a dry month and 124mm in the wet season. The altitude of the town plus other geographical and complex relief characteristics as well as the fauna and flora we can find around, match with those of the Andean forest. That is why La Calera has several rivers, water bodies and climatic conditions to sustain a wide diversity of living things as well as our human water demands not only in the municipality, but also in Bogotá.

The Teusacá River, that surrounds the School and the school forest as well, are in close relation with such water dynamics.

ACTIVITY:

Answer the following questions in your notebook according to the previous information.

1. Fill in the comparative chart about the climatic and biodiversity factors of the Tatacoa Desert, Chocó Region and La Calera.

FACTOR	TATACOA DESERT	CHOCÓ	LA CALERA
Minimum rainfall (mm)			
Maximum rainfall (mm)			
Wind speed (Km/h)			
Temperature (°C)			
Plant diversity (#Spp)			XXXXXXXXXX
Animal diversity (#Spp)			XXXXXXXXXX

2. How do you think is the biodiversity in the school forest in relation to the Tatacoa Desert?

--

3. How do you think is the biodiversity (diversity of living things) in the school forest in comparison to the Chocó region?

--

4. Where do you think rainfall is stored in the school forest? Draw or write an explanation.
5. How do you think rainfall flows through the school forest? Draw or write an explanation.
6. How do you think water in its different states leaves the school forest? Draw or write an explanation.
7. How do you think the rain that falls in the school forest is related to the Teusacá river?
8. How do you think the Teusacá River affects the school forest?
9. Write a conclusion of today's class.

Anexo 6. Tablero Para Ejercicio de Clasificación de Bromelias y No bromelias y Características Generales de la Familia Resumidas por los estudiantes.

GROUP 1

IS THIS A BROMELIAD?

ACCORDING TO THE TEACHER DESCRIPTIONS, PLACE EACH PICTURE UNDER THE CORRESPONDING POST IT.

BROMELIADS

**NOT
BROMELIADS**



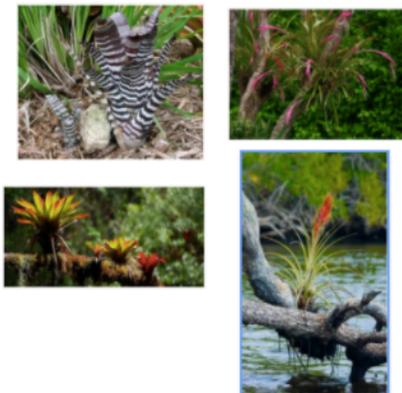









WHAT ARE BROMELIADS?



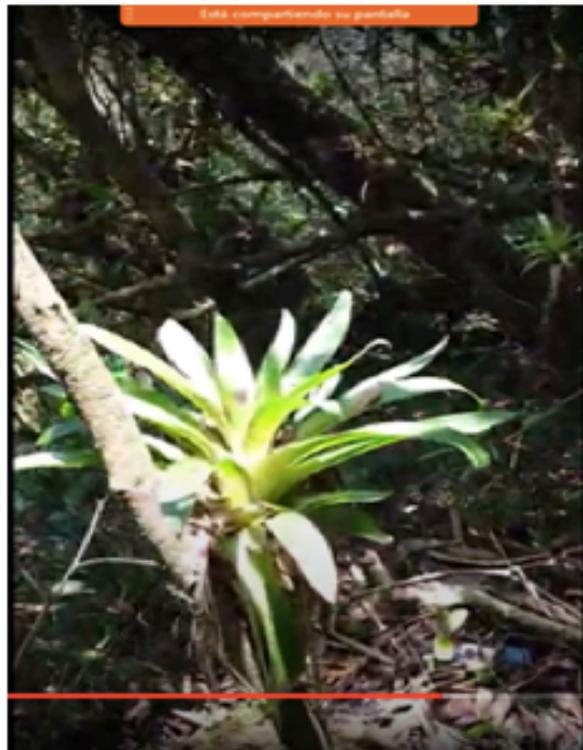
Characteristics:

- Don't have stem or it is too short.
- They can grow on soil or trees.
- Have long leaves.
- Some of them produce nectar.
- Habitat for bacteria, fungi, and animals like insects amphibian.
- Have succulent leaves (They store water inside).
- Some roots only work as support and don't absorb.



2. Take the virtual tour through the forest school and find the bromeliads. Every time there is a bromeliad, let the teacher know so she can take a picture of it.

3. In the box below, paste one of the bromeliad pictures the teacher took during the virtual tour. That will be your area of study.



4. Observe your area of study very carefully; can you see other plants, animals like insects, spiders, mosses? Are they abundant or scarce? Is the bromeliad on a tree, or near the soil? What other aspects can you notice?

5. Draw other elements you find in the area of study (other plants, animals, etc.). Take pictures of the drawings and paste them in the box below.



6. Talk with your group about your observations and together, write a description of your area of study in the box below. Remember to be very detailed.

Anexo 8. Tablero Digital Para Socializar Percepciones sobre Relaciones Agua-Bromelia

USE A POST IT TO ANSWER THE QUESTION. REMEMBER TO WRITE YOUR NAME IN IT.



¿What relation do you find between precipitation in the forest and the bromeliads?

Salma Santos Lagos: The relation I found is that when start to rain or the precipitation happens, the bromeliads absorb the water that falls into them, because they need water to live.

Roger Lopez Aguirre: The Bromeliads contain water, which is related to precipitation because when the water falls, it saves it.

I think that is the water that they conserve the Bromeliads have in side a thing that the bromeliads absorb water and the presipitation too Tomas Agudelo

Camila Cuervo: What I think is that bromeliads and other plants grow by precipitation because the bromeliads are humid and they're humid because they absorb the rain that falls.

Luciano Erazo: Is that the bromeliads conserve the water and the precipitation have water like is similar because the two conserv water.

Leonardo camargo: That the precipitation through water and goes to the plants and the plants grow up.

sofia mercado : I think that the relation whith te presipitation and the bromeliads is that the bromeliads colect the presipitation.

That whith out precipitation they would die and they grow whith precipitationSalomé Junca López

Juan S. Guavita : I think that the relation is in the part that the bromeliads need the water to live, and the plants of the school forest need to, so the precipitation helps the plants of the school forest and the bromeliads, there is the relation.

That if there was no precipitation the bromeliads would die, Juliana Castellanos.

That without precipitation they would die... Luciana Gallego

Majo Suarez: Well, I think that the Bromeliads and the other plants of the school need water, so that's why presipitation is important.

Samuel Martinez. I thing that's because they grow almost with the same nutriens.2.

Leonangel G: I thing the bromeliads absorb the water of the rain and grow in the trees in rocs and dirth

Alejandro: I thing that when rain the bromeliads to absorb the water and have more time to live like the plant of the school , and in the school rain a lot

Isabella Peña : I think without precipitation the bromeliad lost power and will die..

USE A POST IT TO ANSWER THE QUESTION. REMEMBER TO WRITE YOUR NAME IN IT.



Through which parts of the bromeliad do you think the water circulates?

I think that the water circulate in the roods or in te leaves because in a moment when lbroke a plant I see water in the leaves

I thing that the parts that circules water are the leaves and a hole that have water inside the bromeliad and the roots Tomas Agudelo

leonardo camargo: the water circulates in a hollow of the bromeliad and the water goes down and then go to the leaves.

Sofia mercado : In the center of the bromeliad , in the roots and in the leaves.

I think that they transport the wather in the leaves in the roots and in the center tath they have a tipe of tank ... Luciana Gallego

I think that the whater circulates in the leaves santiago

Leonangel: I thing the bromeliads circulate like a the tubes of sangre and trasport the water in the trees.

Salma Santos: I think the water circulates in all the plant but the center of the bromeliad is the one that absorbs all and distributes it.

I think that were the water circulates it firts the leves so the can take the nutriens the second part is the stem its were the water and nutries go up and thown to go all around the bromelia and thats it

Juan S. Guavita : N°1 The water enters by the circle in the middle, N°2 the water goes by the plant.

in the bromeliads the wather circulates in the roots an then in the lifths

N°1 I believe that the water enters through the circle in the center from above and from there the water falls.N°2 And from there, the water circulates throughtout the plant.

In the bromeliad, they absorb the nutriens from the leaves. Juliana Castellanos

1.I think in the leaves 2.In the rooods 3.And in the bottom

Anexo 9. Guía de Artificialización sobre Absorción y Transporte en las Plantas.



**COLEGIO LA COLINA
SCIENCE
FOURTH GRADE
ABSORPTION AND TRANSPORT IN THE CELERY**

HOMEWORK

With the following experiment we will measure how water is absorbed by the roots and transported through the stem. To do so, you need to follow the instructions very carefully and bring the experiments to the science class.

Mounting 1: Absorption by the roots.

1. Take a **volumetric glass** (if you don't have one, you can make your own by filling it each 5 mm with a syringe and writing a mark every time you fill it).
2. Put **50 mm of water** inside the glass.
3. **Place a little piece of the celery** (or long green onion) with roots inside the glass. Hold it with toothpicks as shown in the picture.
4. **Cover the cup with two layers of plastic foil around the stem** (make sure the foil is as sealed as possible to avoid the loss of water through evaporation).
5. **Take pictures** of the experiment every day at the same time and paste them in the corresponding place of the chart (page 2).
6. Every day, at the same time, **measure the amount of water that was absorbed** by the roots and write it on the corresponding place of chart. This is why you need a glass with measures (page 2).
7. **Answer the questions** at the end of the guide.



in a cup with volume marks.



Do this

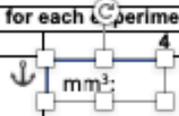
Mounting 2: Transport through the stem

1. Place a celery or long green onion stalk in a glass of water with red food colorant as shown in the image:
2. Take daily pictures of the experiment at the same time and paste them in the corresponding place of the chart below.



3. Every day, at the same time, measure the length the colorant reached in the stem and write it in the chart.

Write the daily measurements and pictures in the corresponding place for each experiment.

DAY	1	2	3	4
Water absorbed by the roots Exp. 1	mm ³ :	mm ³ :	mm ³ :	
Length of colorant in the stem Exp. 2	cm:	cm:	cm:	cm:

4. Answer the following questions:

- Describe the changes in the roots and the water in the glass in at least 5 lines in which you include the following key words: absorb, transport, decrease, increase, size, length, texture.

Write your answer here:

- Describe the changes in the stem in at least 5 lines in which you include the following key words: absorb, transport, decrease, increase, length, texture, color, lines.

Write your answer here:

TO DO IN CLASS



Following the teacher's instructions, use the information in the chart to make the graph of absorption of water by the roots and transport through the stem in the Google Spreadsheet. Then, paste the resulting graph in the following boxes.

Water absorption by the roots Vs time.	Water transport in the stem Vs time.

Anexo 10. Guía Sobre Plantas y Tejidos Vasculares



**COLEGIO LA COLINA
SCIENCE
FOURTH GRADE
CIRCULATION IN PLANTS**

INTRODUCTION:

A tissue is a group of cells of the same type that perform a function in a living thing. Many living things are made of tissues. Plants have lots of different tissues, but right now we are going to focus in those specialized in transporting water and materials throughout the plant. So, let's read the following information to learn more about it.

VASCULAR TISSUES OF PLANTS

When we look at the school forest, we can notice there is a variety of plants. Some of them are tiny (for example the mosses we studied the last year), and some others are bigger. There are some differences between small and big plants. The bigger ones, (for example trees, bromeliads and even ferns) need some specialized structures to transport water and nutrients and that is why we call them **vascular plants**. Vascular plants have **vascular tissues** that act on circulating water and nutrients. The vascular tissues are called **xylem** and **phloem**. That is why they belong to the group of non-vascular plants.

Xylem and **phloem** make up the big transportation tissues of vascular plants.

CHECK your UNDERSTANDING

Highlight the right answer to the question.

1. A vascular tissue is:

- A group of cells of a plant that specialized in transporting materials throughout the plant.
- A group of plants that have systems to transform nutrients into glucose the plant can use.
- A group of cells that form tiny plants such as mosses and which function is to transport nutrients.
- A group of cells humans develop when they grow up and make up the circulatory system.

2. In terms of material transportation, write the difference between the plants represented in the following images: |

Moss



Oak



Write your answer here:

It all starts with a and **top** a **bottom**

Logically, it makes sense. Trees and other **vascular plants** have a top and a bottom.

The top has a trunk, branches, leaves, or needles. The bottom is a system of roots.

Each needs the other to survive. The roots hold the plant steady and grab moisture and nutrients from the soil. The top is in the light, conducting photosynthesis and helping the plant reproduce. You have to connect the two parts. That's where xylem and phloem come in.



Zippy Xylem

The xylem of a plant is the system of tubes and transport cells that circulates water and dissolved minerals. Plants have roots to help them absorb water. If their leaves need water and they are high above the ground, it is time to put the xylem into action! Xylem is made of **vessels** that are connected bottom to top for the maximum speed to move water around. They also have a secondary function of support.



A CLOSE LOOK AT TREE RINGS THAT ARE MADE OF XYLEM.

Xylem tissue dies after one year and then develops a new (rings in the tree trunk).

When someone cuts an old tree down, they reveal a set of rings.

Those rings are the remains of old xylem tissue, one ring for every year the tree was alive.

CHECK *your* UNDERSTANDING

3. According to the description, draw a vascular plant and the xylem in it as you imagine it.
(Draw it in a piece of paper, take a picture and then insert the image here)

4. Write the materials the xylem transports through the plant.

Write the answer here:

5. In which direction does the xylem transport materials?

Write the answer here:

6. Which organs transform the materials transported by the xylem? What do they produce?

Write your answer here:

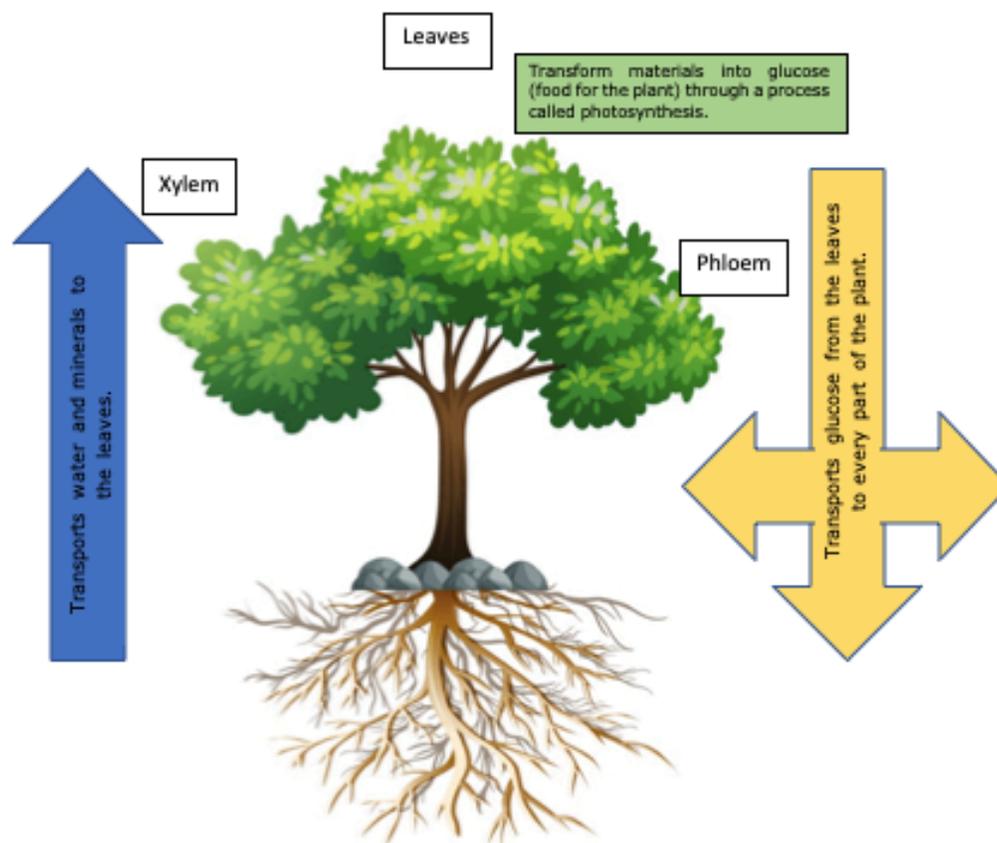
Phloem Fun

The fun never stops in the plant's circulatory system. Most plants have green leaves, where the photosynthesis happens. When those sugars are made, they need to be given to every cell in the plant for energy. Here is when the phloem begins its work. The phloem cells are laid out end-to-end throughout the entire plant, transporting the sugars and other molecules created by the plant.

Phloem is always alive. What is the best way to think about phloem? Think about sap coming out of a tree. That dripping **sap** usually comes from the phloem.

CHECK your UNDERSTANDING

Place the white boxes next to the corresponding description:



THINK ABOUT YOUR EXPERIENCE:

- Do you find any relations between the theory about the vascular tissues of plants and the results you got in the experiments of absorption by the roots and transport through the stem?

Write your explanation here:

Anexo 11. Guía de Laboratorio de Disección del Tallo de Apio/Cebolla Larga y Hoja de Bromelia



COLEGIO LA COLINA
SCIENCE
FOURTH GRADE
LAB: CIRCULATION IN PLANTS – Vascular Tissues.

INTRODUCTION:

In previous classes we have been talking about absorption of water in the roots and transport through the stem in the celery plant or maybe some others like long onions or roses.

In this opportunity, we are also going to talk about the bromeliads and we will try to identify the vascular tissues inside these types of plants but also in the celery.

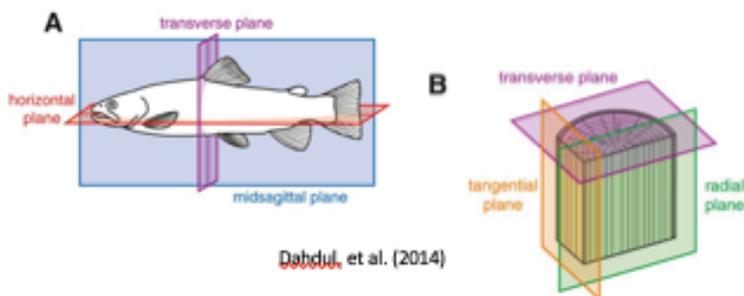
For this lab, you will need:		Besides those instruments and materials, the teacher will be using:	
	A cutter.		A microscope.
	A magnifying glass.		A bromeliad plant from the school forest.
	A tray.		Some drops of methylene blue.
	Color pencils.		
	Camera (preferably of a cell phone or tablet so you can upload the pictures easily)		
	The stained celery stem (or the plant you used in the previous experiment) and its roots.		
	Parent's help		

Let's compare the plants we will study in this lab.

School bromeliad.		Leaves	Elongated and curved outwards.	Celery	
		Stem	Very short or non-existing		Trifoliate, lacerate.
		Roots	Attached to a tree branch. Non-absorptive.		Not woody. Visible.
					Grow below the ground. Absorptive.

How to prepare the samples.

The magnifying glass and the microscope allow us to observe portions of objects, several times bigger than they actually are. In biology, that means we have to cut organisms to get the portions we need, and depending on what we want to study, there are different cuts we can make.



These images are showing the different planes to cut the specimens as well as their corresponding names.

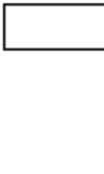
Let's practice

- Follow the teacher's instructions to make a transverse and tangential cut of your celery stem (or the plant you used), making sure they are as slim as possible. Take a picture of your best cuts and insert them in the boxes below. Then, use the box and the arrow to indicate the tissues you identified.



Which plant did you use?	
Transverse Cut	Tangential Cut
<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 20px; margin: 10px auto;"></div> <div style="color: red; font-size: 20px; margin-top: 20px;">↑</div>	<div style="color: red; font-size: 20px; margin: 10px auto;">↑</div> <div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 20px; margin: 10px auto; margin-top: 20px;"></div>

2. Observe each cut with the magnifying glass and draw your observations in a piece of paper, indicating the tissues you could identify. Then take a picture of each drawing and paste it in the boxes below.

This is how the cuts of my plant looked under the magnifying glass.	
Transverse cut	Tangential cut
	

MAGNIFYING GLASS Vs. MICROSCOPE

Both, the magnifying glass and the microscope are optic instruments that help you see images larger than they really are. Although they comply with a similar function, there are some differences to consider according to Baettler, (2018):

 Magnifying glass	 Compound microscope
<ul style="list-style-type: none"> • Uses one lens to magnify an object 	<ul style="list-style-type: none"> • Uses two or more lenses.
<ul style="list-style-type: none"> • It can be used to view opaque and transparent objects 	<ul style="list-style-type: none"> • Requires the specimen be thin enough or transparent enough for light to pass through.
<ul style="list-style-type: none"> • Uses ambient light. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uses a light source (from a mirror or a built-in lamp) to illuminate the object.
<ul style="list-style-type: none"> • Usually offer a magnification power of 2X to 10X (two to ten time bigger than the real size of the object) 	<ul style="list-style-type: none"> • Can enlarge the image from 40X up to 200.000X, depending on the type and model.

Baettler, K. (2018). What is the difference between a Magnifying glass and a Compound [Microscope?](https://sciencing.com/difference-glass-compound-light-microscope-8611655.html) Retrieved on August, 2020 from: <https://sciencing.com/difference-glass-compound-light-microscope-8611655.html>

To learn more about these instruments, you can watch the following videos:

Leeuwenhoek and Microscopic life:

These video talks about the contribution of a fabric merchant to the development of microscopes and the discovery of what he called "animalcules" : https://www.youtube.com/watch?v=c_BiL2v6OE

Lens Making in the 1600's

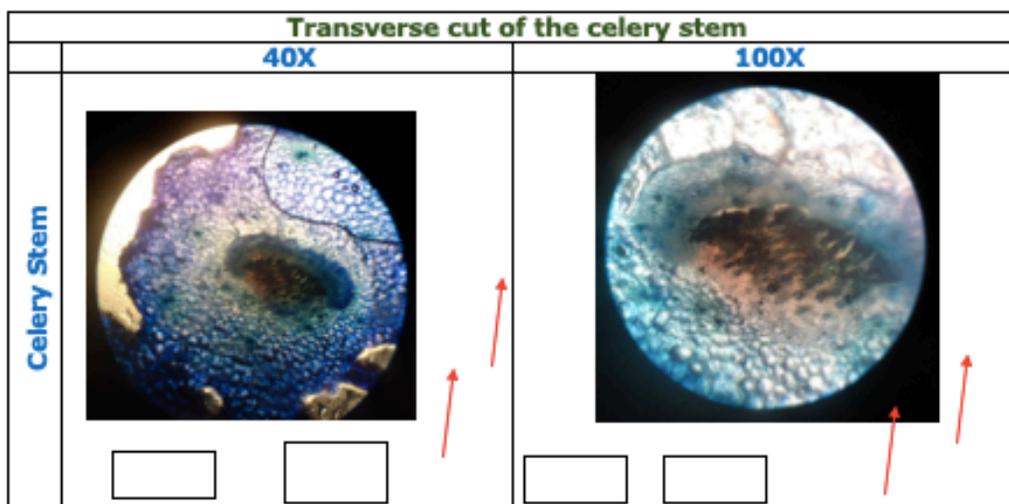
This video recreates the processes by which A.V. Leeuwenhoek made the lenses for his microscopes.

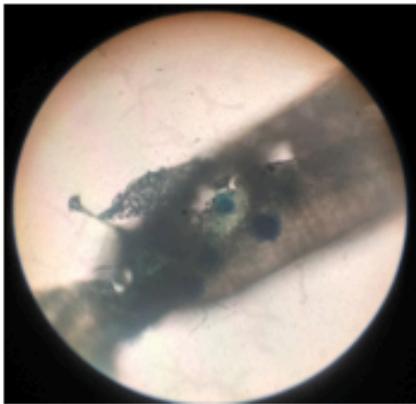
<https://www.youtube.com/watch?v=2SJYDfoypAo>

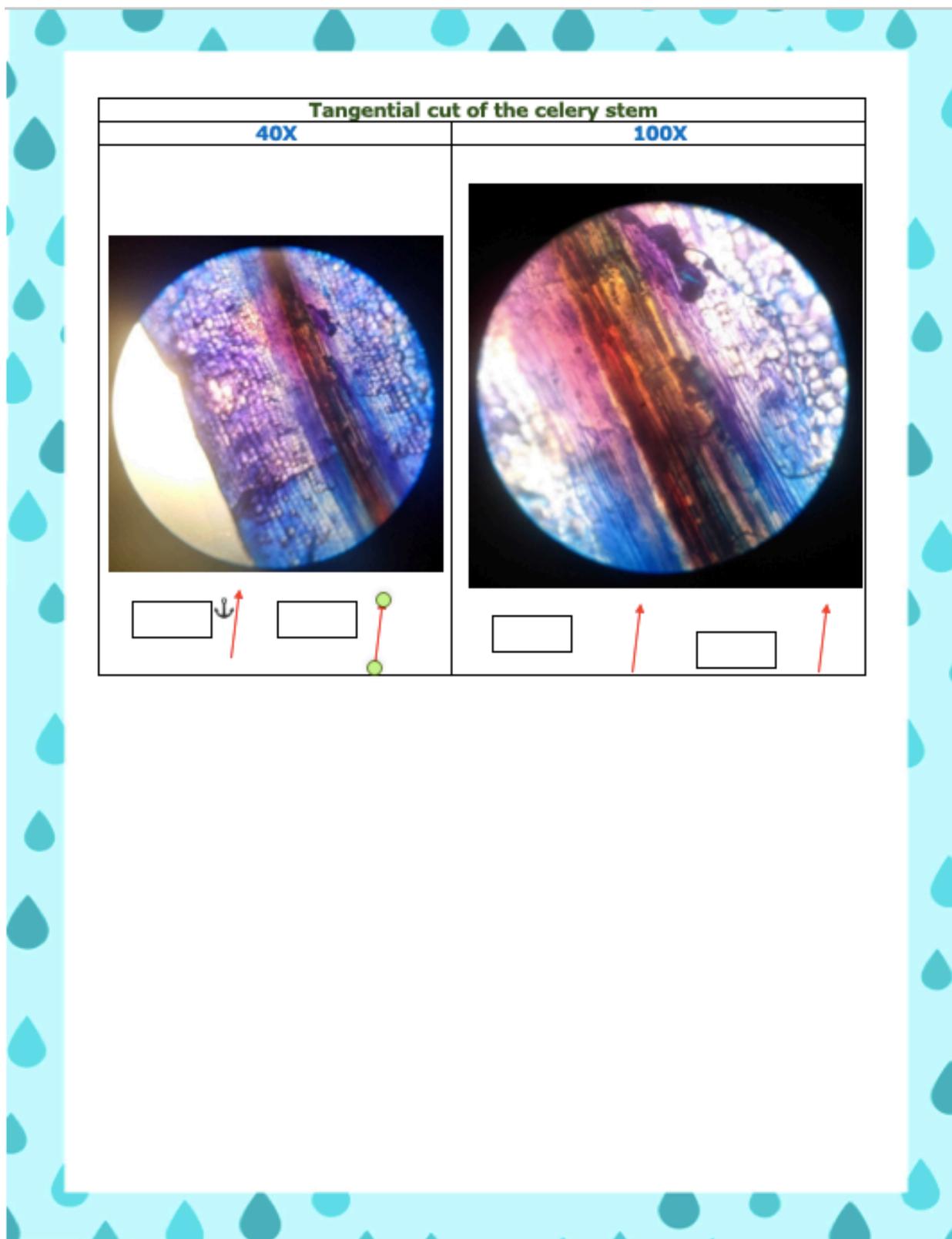
Bromeliad and Stained Celery Under the Microscope.

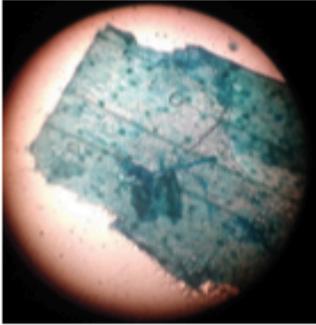
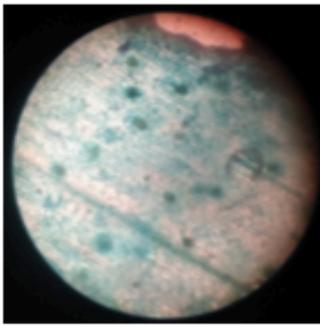
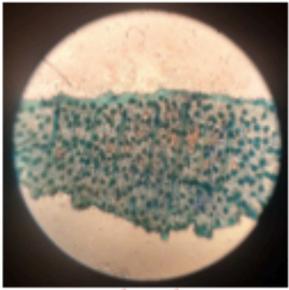
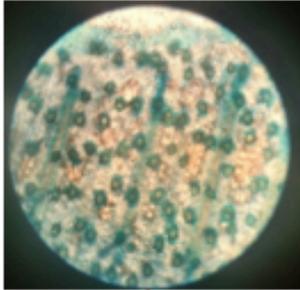
Pay attention to procedures used by the teacher in class to get the different cuts of the bromeliad and the stained celery to be observed under the microscope.

Take notes and then describe the procedure followed under each picture. Then, use the boxes and arrows to indicate the structures (tissues, cells, trichomes, etc.) we were able to identify.



		Transverse cut of the Bromeliad leaf	
		40X	100X
Bromeliad Leaves			
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <input type="text"/> ↑ </div> </div>		
Describe the procedure:			



		Tangential Cut Bromeliad Leaf	
		40X	100X
 <p>Bromeliad Leaves</p>	<p>Tip</p>		
		<input type="text"/>  <input type="text"/> 	<input type="text"/>  <input type="text"/> 
	<p>Base</p>		
		<input type="text"/>  <input type="text"/> 	<input type="text"/>  <input type="text"/> 

Anexo 12. Poster Plantas Epífitas

Epiphytes

plants that do not need soil.

They grow on trunks to avoid the shadow of other plants and to capture more sunlight.

They capture water and nutrients from the air, the rain and small amounts of soil or organic debris that may remain in the tree trunks they inhabit.

They are not parasites, they are commensals. That means they do not hurt the host trees or steal their nutrients; they just use their roots to lay on them.

They can be found in tropical rainforest, although some of them can also live in temperate zones. They can not stand frost.

ORCHIDS
Many of them are epiphytes although some may grow on the soil. They have beautiful flowers with very specific pollination conditions.

CATLEYA TRIANAE
It is one of many orchids found in the country. Because of its beauty, it was named the Colombian National flower. It needs plenty of sunlight good ventilation and stable temperature between 13°C and 23°C.

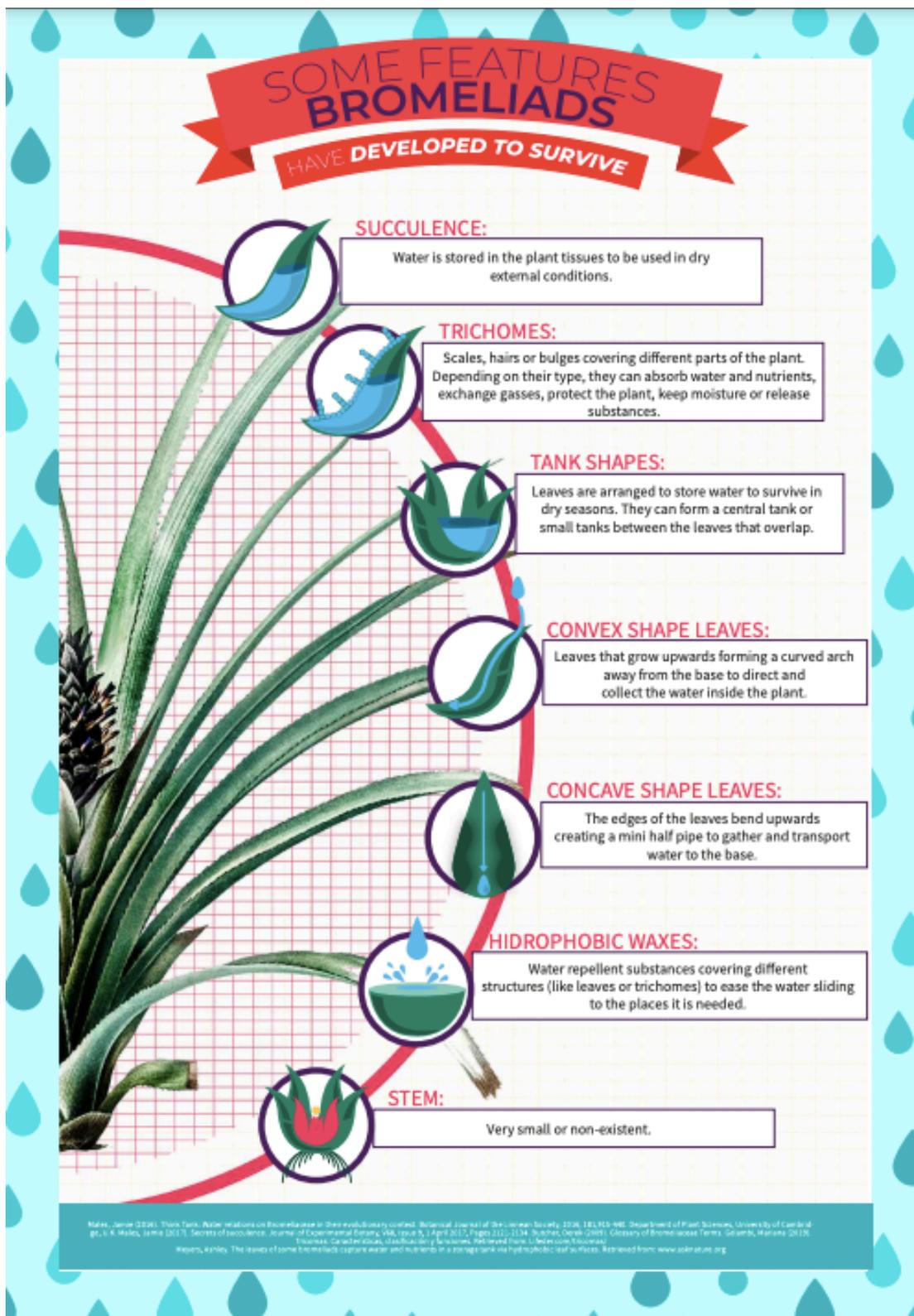
BROMELIADS
They prefer tropical places such as rainforests because they are adapted to wet, shady climates. They enjoy bright environments but under indirect light. They have to produce lots of seeds to have better chances to grow in appropriate places and depend on wind for transporting them.

They are adapted to drier conditions than their relatives that live on soil.

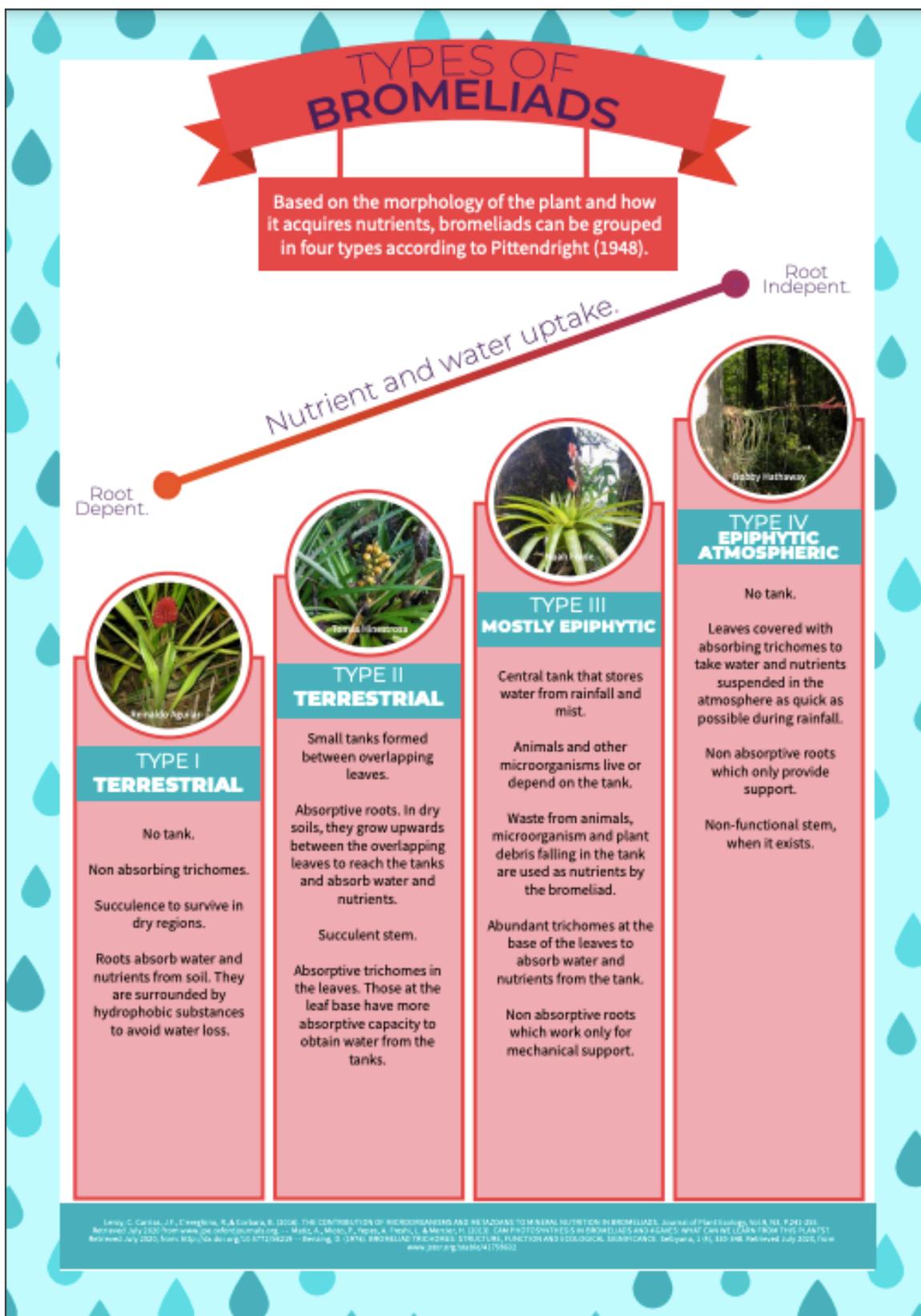
NIPHIDIUM CRASSIFOLIUM
It stands very different levels of humidity, therefore, it can be found in Central and South America at altitudes up to 1,100 meters above sea level.

Division of Agriculture, Pests and Diseases, Plant of the week: Epiphytic Bromeliads, University of Maricao, Cytben, P.O. Santiago, 2017. La flor de reina, Catleya trianae, for national emblem of Colombia. Museo Nacional No. 119. Museo Cultural del Banco de la República en Colombia. Anderson, Edward, Nichols, Charles Lewis, Seligman, Charles. Studies of epiphytic ferns as common indicators of forest disturbance. In: Forest Ecology and Management, Quebec City, Canada. Ruiz, Rosalva, Espinal, César, Salgado, Andrés. 2016. Catálogo de epífitas vasculares del sector C. Quindío. Parque Nacional Natural Tatamá y zona aledaña, Colombia, Colombia, 2016. 140-174.

Anexo 13. Poster Estructuras Adaptativas De Las Bromelias



Anexo 14. Poster Tipos de Bromelias



Anexo 16. Formato Para Escrito ¿Cómo circula el agua en el bosque del Colegio La Colina?



COLEGIO LA COLINA
SCIENCE
FOURTH GRADE

Your name: _____

Dear student, read the following instructions to answer the question:

"How does water circulate in the school forest?"

- You must incorporate each one (or variations) of the words in the chart "mandatory words" at least once to write the explanation. There are boxes in front of each word for you to mark those that you have already used.
- The answer (explanation) must be of minimum 25 lines.
- You can also choose some words from the chart of "useful words" to complement the text, but those are not mandatory.
- Using images to complement your explanation will give you extra points. For this, you can use your own drawings, diagrams or pictures or the teacher has posted in the guides. (The images do not replace the lines).

MANDATORY WORDS							
Water cycle		Precipitation		Mist		Tanks	
Territory		Ecosystem		Bromeliads		River	
Frogs		Insects		Bacteria		Water	
Vascular plants		Vascular tissues		Xylem		Transport	
Roots		Trichomes		Transpiration		Absorption	
Epiphytes		Stem		Habitat		Wax	

USEFUL WORDS				
First	Then	Because	Through	Circulate
Our	Upwards	Downwards	Throughout	Such as

“How does water circulate in the school forest?”

Write your explanation here (At least 25 lines using all the words of the chart)

|