

EL ESTUDIO DE LA FOTOSÍNTESIS COMO PROBLEMA DE CONOCIMIENTO Y
SU APOORTE A LA COMPRENSIÓN DEL CRECIMIENTO EN PLANTAS EN LA
EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA

KAROL VIVIANA MARTÍNEZ RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C
2023

EL ESTUDIO DE LA FOTOSÍNTESIS COMO PROBLEMA DE CONOCIMIENTO Y
SU APOORTE A LA COMPRENSIÓN DEL CRECIMIENTO EN PLANTAS EN LA
EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA

KAROL VIVIANA MARTÍNEZ RODRIGUEZ

Trabajo de Grado como requisito para optar por el título de Magister en Docencia de las
Ciencias Naturales

ASESORAS

INGRID VERA OSPINA

ANDREA TOLEDO ARANDA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

BOGOTÁ D.C

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

BOGOTÁ, D. C., 2023

“No hay nada tan peligroso como la certeza de estar en posesión de la verdad. No hay nada que cause tanta destrucción como la obsesión por una verdad considerada como absoluta. Todos los grandes crímenes de la historia son consecuencia de algún fanatismo”

François Jacob

*“Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría:
en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores e investigadores,
he dado los respectivos créditos”*

AGRADECIMIENTOS...

A mi mamá y a mi tía por su apoyo y amor incondicional, y por ser ejemplo de esfuerzo y compromiso.

A los estudiantes de grado 3° de la IED Tibaitatá, sede Cortijo, por los diseños creativos de los personajes protagonistas de la cartilla.

A mis asesoras Ingrid Vera Ospina y Andrea Toledo Aranda por ser promotores de un cambio de pensamiento frente a la enseñanza de las ciencias naturales en el aula.

A todos los docentes de la MDCN por sus valiosos y significativos aportes desde los diferentes espacios de formación en la consolidación de la propuesta de trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
CONTEXTO PROBLEMÁTICO.....	18
PRÁCTICAS FRECUENTES DE AULA QUE CIRCULAN EN LA ESCUELA ACERCA DE LA FOTOSÍNTESIS Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS	19
Prácticas frecuentes de aula alrededor de la fotosíntesis en la Educación Básica Primaria	24
Prácticas frecuentes de aula acerca del crecimiento en la Educación Básica Primaria.	26
RELACIÓN FOTOSÍNTESIS Y CRECIMIENTO: ¿UN “ASUNTO OBVIO” EN LA EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA?	28
La “obviedad del crecimiento de las plantas” en los materiales educativos para la Enseñanza de las Ciencias en primaria	30
El crecimiento en plantas: ¿una mirada “simplista” en la Educación Básica Primaria?	32
EL PAPEL DE LA EXPERIENCIA Y EL EXPERIMENTO EN LA COMPRENSIÓN DE LAS RELACIONES FOTOSÍNTESIS - CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS EN LA EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA	33
El experimento en la clase de ciencias en Básica Primaria: ¿una posibilidad para cuestionar el saber sancionado?	34
Experimentando con la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas en la <i>Educación Básica Primaria</i>	36
DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	38
OBJETIVOS	41
GENERAL	41
ESPECÍFICOS	41
JUSTIFICACIÓN	42
PROCEDER METODOLÓGICO	44
PROFUNDIZACIÓN TEÓRICA.....	48
CONDICIONES TÉCNICAS Y TEÓRICAS DE LA FOTOSÍNTESIS QUE LA CONFIGURAN COMO OBJETO DE ESTUDIO DE LA BIOLOGÍA	51
La fotosíntesis como un proceso influenciado por el agua	52
La fotosíntesis como un proceso influenciado por el aire	56
La fotosíntesis como un proceso influenciado por la luz	61

RECORRIDOS Y SUSTANCIAS QUE INTERVIENEN EN LA FOTOSÍNTESIS.....	63
Estructuras internas de la hoja: el cloroplasto	64
El cloroplasto y la luz.....	68
Transporte de electrones en la fotosíntesis.....	70
Fotólisis del agua.....	75
Fijación del Carbono	76
EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS	78
Tejidos de crecimiento	79
Diferenciación y elongación celular en el crecimiento de las plantas.....	80
Hormonas en el crecimiento de las plantas	82
CAMBIO Y ORGANIZACIÓN: ELEMENTOS DE COMPLEJIZACIÓN DE LA RELACIÓN EN TORNO A LA FOTOSÍNTESIS Y EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.....	86
LA FOTOSÍNTESIS Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS COMO PROBLEMA DE CONOCIMIENTO.....	89
El papel de la experiencia y la experimentación	94
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN EL AULA. LA FOTOSÍNTESIS: LOS MISTERIOS DE SOFÍA Y ALEX.....	97
CONTEXTO INSTITUCIONAL	98
SENTIDOS ORIENTADORES DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN EL AULA	100
DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	101
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	105
Cartilla de actividades “La fotosíntesis: los misterios de Sofía y Alex”	107
Capítulo 1. Renovando la mirada.....	109
Capítulo 2. Experimentando y descubriendo	115
Capítulo 3. La aventura de la fotosíntesis: tras los rastros del crecimiento	121
DEFINICIÓN DE CRITERIOS PARA EL ESTUDIO DE LA FOTOSÍNTESIS Y SU APORTE A LA COMPREENSIÓN DEL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS	126
Criterio teórico disciplinar	128
Criterio teórico pedagógico	129
Criterio didáctico	131
Criterio contextual.....	132
PROYECCIONES Y RECOMENDACIONES	135

El papel del docente de Ciencias en primaria como un intelectual	137
Aporte de la experiencia y la profundización teórica en la construcción de discurso para la Enseñanza de las Ciencias	138
REFERENCIAS	140
BIBLIOGRAFÍA	142
Anexo 1. Cartilla la fotosíntesis: Los misterios de Sofía y Alex.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura general de los capítulos diseñados para la propuesta de intervención en el aula.....	103
Tabla 2. Proyección y organización de las sesiones para la aplicación de las actividades de la cartilla	104
Tabla 3. Ejecución de las actividades a desarrollar en el Capítulo 1. Renovando la mirada	111
Tabla 4. Ejecución de las actividades a desarrollar en el Capítulo 2. Experimentando y descubriendo.....	116
Tabla 5. Ejecución de las actividades a desarrollar en el Capítulo 3. La aventura de la fotosíntesis: tras los rastros del conocimiento.	123

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1. Estructura general que orienta la propuesta de trabajo de grado.	17
Esquema 2. Estructura general de los elementos que constituyen la documentación histórica, epistemológica y disciplinar en la relación fotosíntesis y crecimiento.....	50
Esquema 3. Estructura general de los elementos que constituyen la problematización de la fotosíntesis y su aporte para la comprensión del crecimiento en plantas.	91
Esquema 4. Elementos que estructuran la construcción de la propuesta "La fotosíntesis: los misterios de Sofía y Alex".....	98
Esquema 5. Definición de criterios para el estudio de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas.....	128

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Experimento de Van Helmont..	54
Ilustración 2. El experimento de Berthollet.	55
Ilustración 3. Experimento de Stephen Hales.	59
Ilustración 4. Experimento de Ingenhousz.....	62
Ilustración 5. Distintos tipos de plastos y los caminos de diferenciación entre ellos.	66
Ilustración 6. Estructura de un cloroplasto.....	67
Ilustración 7. Espectro visible de la luz que puede percibir el ojo humano.....	69
Ilustración 8. Espectros de absorción de algunos pigmentos fotosintéticos.	71
Ilustración 9. Esquema resumido de las moléculas que participan en la fase luminosa de la fotosíntesis. Todas están asociadas a la membrana de los tilacoides..	73
Ilustración 10. Primer experimento de Darwin y su hijo, en la que se muestran los efectos de las respuestas de las plántulas a los efectos de la luz.....	84

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado titulado *“El estudio de la fotosíntesis como Problema de Conocimiento y su aporte a la comprensión del crecimiento en plantas en la Educación Básica Primaria”* está desarrollado con base en los lineamientos del programa de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales (MDCN) de la Universidad Pedagógica Nacional, como una propuesta que surge, por un lado, del interés de la docente con respecto a las brechas que se evidencian en la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas, esto como consecuencia de las orientaciones dadas por los lineamientos establecidos por los Estándares Básicos de Competencias (EBC) y los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) que deben ser implementados como base de las mallas curriculares de las instituciones públicas del país. Y, por otro lado, de las reflexiones surgidas en los diferentes espacios académicos de formación de la Maestría, en los cuales se concibe que la Enseñanza de las Ciencias debe estar orientada hacia la construcción de explicaciones del mundo natural y como una forma de cuestionar la experiencia básica para complejizar las relaciones y de esta manera, aproximarse a la emergencia de un conocimiento más elaborado y cercano al científico.

Por lo anterior, y con base en ese ejercicio reflexivo sobre las prácticas frecuentes de aula en la Enseñanza de las Ciencias Naturales, se logró identificar aquellas problemáticas que se presentan al abordar a la fotosíntesis como un fenómeno aislado en el tiempo y el espacio y al que no se le establece relación alguna con el crecimiento de las plantas, es decir, se suelen abordar de manera separada y con estrategias diferentes para su aprendizaje. De esta manera, se reconoce como la enseñanza de estos eventos naturales de

las plantas, se puede enmarcar desde la categoría de Problemas de Conocimiento (PC) propuesta por Valencia, Orozco, Méndez, Jiménez y Garzón (2003), a partir de la cual se proponen diferentes estrategias para la formulación, diseño e implementación de propuestas de enseñanza que favorezcan o enriquezcan la construcción de explicaciones a situaciones del mundo natural y social desde *el cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones*.

Con base en lo anterior, y con el objetivo de plantear esas estrategias alternativas para la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas, el presente trabajo de grado está constituido por seis capítulos: ***Contexto problemático, Proceder metodológico, Profundización teórica, Propuesta de intervención en el aula, Definición de criterios y Proyecciones y recomendaciones***.

En el capítulo del ***Contexto problemático***, se presentan algunas reflexiones en torno a las dificultades evidenciadas en la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas. Es así como, en primer lugar, se aborda el proceder de las prácticas frecuentes de aula que circulan en la escuela acerca de estos; en segundo lugar, la relación que se establece entre la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas como un “*asunto obvio*” en la *educación básica primaria*; y, en tercer lugar, el papel que juega la experiencia y el experimento en la comprensión de estas relaciones.

El capítulo del ***Proceder metodológico*** recoge tres aspectos principales en cuanto a las formas de trabajo que permiten configurar el presente trabajo de grado: en primer lugar, del ejercicio de reflexión en torno a las prácticas frecuentes de aula que giran en torno a la enseñanza de la fotosíntesis y de las problemáticas que se evidencian, tal y como se señalaron en el capítulo del contexto problemático. En segundo lugar, a una revisión

histórico-epistemológica sobre la construcción de conocimiento alrededor de la fotosíntesis y cómo su estudio a través de los años ha estado orientado desde lo experimental y vivencial de los diferentes autores que aportaron a la consolidación de éste como objeto de la biología. Y, en tercer lugar, desde las proyecciones establecidas en la tesis de especialización de la docente, que dieron paso para la estructuración de un apartado en el cual se plantea la propuesta para la definición de los criterios para la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas.

El capítulo de **Profundización teórica** se estructura desde una fundamentación disciplinar, en la que, a partir de un ejercicio de documentación histórica, se establecen las condiciones técnicas y teóricas que configuran a la fotosíntesis como objeto de estudio de la biología. Es así, como se estudian tres de las condiciones para que el proceso ocurra: la fotosíntesis como un proceso influenciado por el agua, el aire y la luz. Además de estas condiciones, se estudian aquellas estructuras externas (la hoja) e internas (cloroplasto), y el recorrido de las sustancias para la transformación de los nutrientes absorbidos por la planta. Para poder definir las relaciones entre la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, además se hace una profundización en torno a los tejidos de crecimiento; diferenciación y elongación celular y el control hormonal. Por último, se hace referencia al cambio y la organización como elementos de complejización de la relación en torno a la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas.

En cuanto a la **fundamentación pedagógica**, se plantean las estrategias para el estudio de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas desde la categoría de Problemas de Conocimiento, propuesta por Valencia (et al., 2003), en la que se concibe a la ciencia como una construcción de explicaciones y el conocimiento como una actividad de

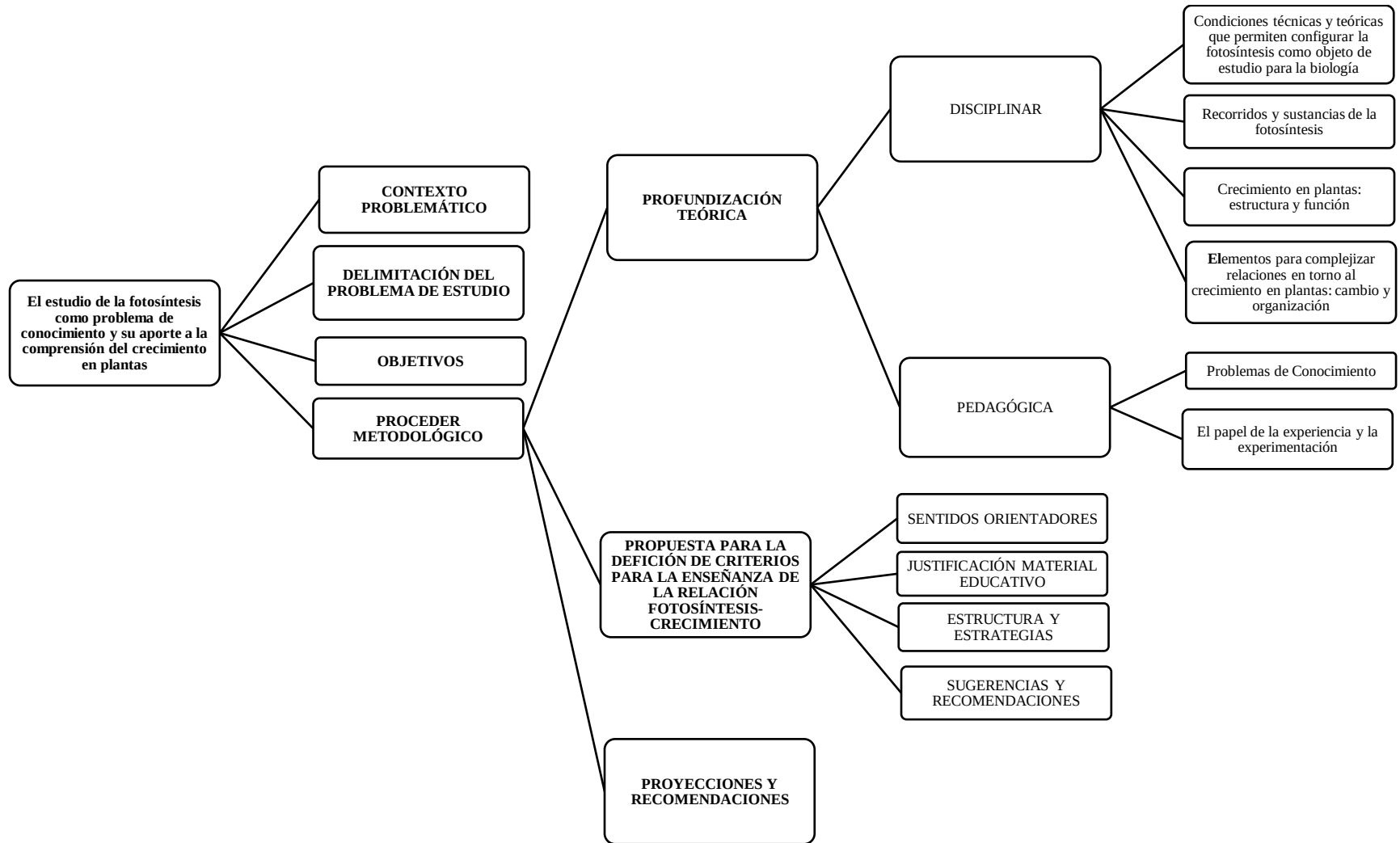
la cultura. A partir de esta profundización se fundamenta la propuesta de intervención en el aula que tiene que ver principalmente con: el cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones, así como el papel que juega la experimentación en la construcción de explicaciones.

En el capítulo de la **Propuesta de intervención en el aula**, confluyen los aspectos del proceder metodológico y la profundización teórica, a partir de los cuales surge la construcción de la cartilla que lleva por nombre: “**La fotosíntesis: los misterios de Sofía y Alex**”. En este capítulo se especifica toda la ruta de diseño y construcción de la cartilla, la cual se justifica principalmente con los sentidos orientadores y los referentes epistemológicos, pedagógicos y didácticos, desde los que se generan espacios para el cuestionamiento de la experiencia básica que conlleve a la construcción de explicaciones a partir de las relaciones que los estudiantes tengan con el mundo, las relaciones con los otros y las relaciones con su entorno inmediato. Además, se presenta el propósito, las descripciones y los recursos para cada uno de los capítulos que componen la cartilla y las actividades a desarrollar por los estudiantes.

En el capítulo de **Definición de criterios** se exponen aquellas orientaciones que una vez estructurada la propuesta y pensada en ser implementada en futuros escenarios de la enseñanza de las ciencias en la *educación básica primaria*, guíen a los docentes para el desarrollo de las actividades de la cartilla producto de este trabajo de grado. Los criterios establecidos surgen de los referentes de profundización en lo teórico disciplinar y pedagógico, así como de los sentidos orientadores que estructuran la propuesta. Es así como se proponen y definen los siguientes criterios para la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas: criterio disciplinar, criterio pedagógico, criterio didáctico y criterio contextual.

Por último, en el capítulo de ***Proyecciones y recomendaciones***, se establecen aquellos aspectos que basados en los criterios definidos para la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas, se consideran como esenciales para definirlos como un Problema de conocimiento. De esta manera, en este capítulo se escriben las proyecciones y recomendaciones que surgen como producto de la propuesta de intervención en el aula, la cual se estructura desde la profundización teórica disciplinar y pedagógica, así como de los sentidos orientadores.

El ***esquema 1*** muestra la estructura general que organiza el desarrollo de este en sus diferentes capítulos.



Esquema 1. Estructura general que orienta la propuesta de trabajo de grado. Fuente. Elaboración propia.

CONTEXTO PROBLEMÁTICO

La fotosíntesis ha sido considerada por muchos años uno de los eventos de la naturaleza más complejos en el estudio no solo de la biología, sino también de la química y por qué no, de la física, ya que las estructuras microscópicas implicadas de la planta y su centro de activación, abstracto por cierto, no son sencillas de abordar en el aula, menos cuando no se cuenta con los instrumentos necesarios¹, haciendo referencia a los materiales físicos, ni con los suficientes conceptos que se aproximen a un saber científico, sino con un saber común² construido por los sujetos, en su mayoría, desde la experiencia. En este sentido, es muy común evidenciar que en el aula se aborda la fotosíntesis más como un concepto que como un fenómeno, en el que se involucra una red compleja de procesos, que se ha optado en las escuelas por reducirlo solo a la manera en que las plantas fabrican su alimento y por lo tanto lleva a cabo la función de nutrición.

Es así como la construcción del contexto problemático está orientado básicamente en los siguientes cuestionamientos, que además surgen de las prácticas frecuentes de aula de la docente y que tienen que ver con ¿cómo abordar la fotosíntesis para aproximarse a la construcción de explicaciones de este fenómeno desde la escuela con estudiantes de *educación básica primaria*?; ¿cómo ampliar la visión de los estudiantes sobre el fenómeno de la fotosíntesis para que logren complejizar las relaciones que se asocian al crecimiento de las plantas?

¹ Muchas de las Instituciones Educativas Departamentales no cuentan con un laboratorio y por ende con los instrumentos necesarios para hacer prácticas que involucren un microscopio, por lo que para el siguiente trabajo se proponen estrategias alternativas que permitan aproximarse a una observación más directa por parte de los estudiantes.

² Para referirse a como lo propone Nagel (1981), un saber común, que le permite al ser humano generación tras generación ingeniárselas para asegurarse habilidades y una información adecuada, sin el beneficio de una educación científica y sin la adopción premeditada de modos científicos de procedimiento.

Con base en la problemática anteriormente mencionada, el siguiente capítulo se estructura en tres aspectos que fundamentan el desarrollo del presente trabajo de grado: en primer lugar, se aborda el proceder de las prácticas frecuentes de aula que circulan en la escuela acerca de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas; en segundo lugar, la relación que se establece entre la fotosíntesis y el crecimiento como un “*asunto obvio*” en la *educación básica primaria*; y en tercer lugar, el papel que juega la experiencia y el experimento en la comprensión de las relaciones fotosíntesis y crecimiento de las plantas.

PRÁCTICAS FRECUENTES DE AULA QUE CIRCULAN EN LA ESCUELA ACERCA DE LA FOTOSÍNTESIS Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

Comprender la fotosíntesis como uno de los fenómenos de mayor productividad sobre la Tierra (Greulach y Adams, 1980) y en ese sentido, como uno de los más importantes en la naturaleza, por ser aquel a través del cual la planta fabrica compuestos ricos en energía química (Baker y Allen, 1970), indica a simple vista que su papel va más allá de ser uno de los eslabones de las cadenas tróficas que se suelen enseñar en Ciencias Naturales para *básica primaria*, relacionándolo con los flujos de energía que se dan en un ambiente natural, sin hacer referencia en la mayoría de los casos a la influencia de las condiciones ecológicas³. Sin embargo, esta forma de abordarla no significa que en la escuela se esté

³ El término “condiciones ecológicas” se adaptó para referirse a los “factores abióticos” de un ambiente natural en el trabajo de grado “*Estudio de la luz como condición ecológica que influye en el crecimiento de una planta de frijol, phaseolus vulgaris con niños de tercer grado*” (Martínez, 2020).

enseñando la fotosíntesis de tal manera que se promuevan representaciones⁴ equivocadas al respecto, puesto que como lo menciona Valencia (et al., 2003):

(...) 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.

A propósito de lo anterior, el ejercicio de revisión de los documentos de carácter público que contienen las orientaciones de las temáticas que deben ser incluidas en las mallas curriculares de las escuelas y por ende, en las planeaciones del área de Ciencias Naturales, tales como los Estándares Básicos de Competencias (EBC) y los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), posibilitó un análisis reflexivo en torno a las propuestas conceptuales y prácticas que en estos se establece para el abordaje, por un lado, de la nutrición en plantas y por otro, del crecimiento de sus estructuras.

Dichos hallazgos muestran escasa relación entre la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, que posibilita entonces proponer una reestructuración del propósito, y como consecuencia, el diseño de propuestas alternativas sobre las prácticas frecuentes de aula en torno a la enseñanza de estos, desde las cuales se logre reconocer que no se limita solo a aquel proceso por el cual las plantas fabrican su propio alimento, y en este sentido concebirla como un Problema de Conocimiento (PC) en la enseñanza de las Ciencias Naturales para la *educación básica primaria*.

⁴ Las representaciones son entendidas como construcciones discursivas con carácter ideológico que expresan relaciones de saber-poder que se dan en los contextos culturales donde circulan (Valencia, Orozco, Méndez, Jiménez y Garzón, 2003).

La enseñanza de las Ciencias Naturales, y demás asignaturas en la escuela, se han regido específicamente desde la segunda mitad del siglo XX, por políticas públicas, que en pocas palabras, establecen los conocimientos básicos o mínimos que un estudiante debe aprender durante el año lectivo académico, y a partir de los cuales los docentes estructuran los logros determinan si aprueba o reprueba, puesto que estos indican si alcanza o no los conocimientos requeridos para un sujeto de su edad y de sus capacidades conceptuales e intelectuales, que además se encuentran muy permeadas por estas teorías psicoeducativas, con respecto a esas etapas de desarrollo cognitivo por las que atraviesa un ser humano en sus primeros años de vida antes de llegar a su etapa adulta.

En todo el territorio colombiano se han escrito diferentes orientaciones para la enseñanza de las Ciencias Naturales, documentos que se estructuran muchas veces sin tener en cuenta el contexto inmediato de los estudiantes, y menos el conocimiento o saber común que ya poseen los sujetos, que se podrían enriquecer con la aplicabilidad a las prácticas frecuentes en el aula. Sin embargo, como lo señalan Torres y Guerrero (2018) en su investigación realizada sobre el currículo de Ciencias Naturales en Colombia durante la segunda mitad del siglo XX, con la implementación de los estándares curriculares en los contenidos, parte de la autonomía del docente disminuyó en lo que respecta al *qué* enseñar, quedando entonces dependiente a las directrices establecidas por otros entes externos, que, para el caso específico, es el Ministerio de Educación Nacional (MEN).

Es así como la libertad de cátedra del docente empezó a estar mediada por políticas públicas y por los libros de texto que se deben adquirir, según sea el colegio, para desarrollar durante todo el año lectivo; pero pareciera que, en cuanto a procedimientos y metodologías se refiere, no existe especificidad alguna dentro del marco legislativo (Torres

y Guerrero, 2018). De los documentos más recientes, se pueden encontrar los Estándares Básicos de Competencias (2006), que se estructuran con base en el objetivo de alcanzar una educación de calidad para todos y todas como condición para el desarrollo de las naciones. Fue así como desde mediados de los años 70's, el concepto de calidad de la educación empezó a nombrarse en la legislación colombiana, y en ese mismo sentido, a ser prioridad en la elaboración de las mallas curriculares, puesto que se constituyeron en uno de los parámetros de lo que todo niño, niña y joven *debe saber y saber hacer* para lograr el nivel de calidad esperado a su paso por el sistema educativo (MEN, 2006).

Bajo los anteriores parámetros, los *Estándares Básicos de Competencias* (EBC) se convirtieron en una guía para el diseño del currículo, el plan de estudios, los proyectos escolares e incluso las prácticas frecuentes en el aula, y de igual manera, para la producción de textos escolares, materiales y demás apoyos educativos, incluyendo las prácticas evaluativas adelantadas en cada institución (MEN, 2006). En este mismo sentido, resulta relevante mencionar que, si bien los estándares orientan el *cómo y para qué* enseñar ciencias, estos no constituyen una camisa de fuerza que obligue al docente a llevar a cabo sus prácticas frecuentes de aula de una u otra manera, sino que como se menciona anteriormente, median las temáticas que se le enseñan a los estudiantes según su nivel escolar, ya que estos fórmulan que:

(...) formar en Ciencias Naturales en la Educación Básica y Media significa contribuir a la consolidación de ciudadanos y ciudadanas capaces de asombrarse, observar, y analizar lo que acontece a su alrededor y en su propio ser; formularse preguntas, buscar explicaciones y recoger información; detenerse en sus hallazgos, analizarlos, establecer relaciones, hacerse nuevas preguntas y aventurar nuevas comprensiones; compartir y debatir con otros sus inquietudes, sus maneras de proceder, sus nuevas visiones del mundo; buscar soluciones a problemas determinados y hacer uso ético de los conocimientos científicos, todo lo cual aplica por igual tanto para fenómenos naturales como sociales. (MEN, 2006)

Por otro lado, un documento que ha cobrado mucha importancia en la educación de los ciudadanos colombianos son los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), orientaciones que han regido a partir del año 2016, pero que están muy vinculados y fundamentados con los Lineamientos Curriculares y los Estándares Básicos de Competencias, y que siguiendo esa misma línea, también buscan una educación de calidad a partir de un conjunto de aprendizajes estructurantes que han de aprender los estudiantes en cada uno de los grados de educación escolar, desde transición hasta once (MEN, 2016).

Al respecto de las representaciones que circulan en la escuela acerca de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas, se encontró que en los documentos con las orientaciones para la enseñanza de las Ciencias Naturales para los ciclos de *educación básica primaria* no es clara la relación entre estos dos eventos naturales, por lo que se ha optado por establecer una caracterización sobre los conceptos por separado, es decir, se encuentra que la enseñanza de la fotosíntesis es sinónimo de la función de nutrición de las plantas que se presenta de manera aislada al crecimiento, por lo que parecieran ser procesos que se dan por separado en el tiempo y en un espacio determinado, y por consiguiente su enseñanza se orienta de manera fragmentada, tanto en las mallas curriculares como en los libros de texto. Por esta razón, a continuación, se presenta, primero un acercamiento a las representaciones que tienen los estudiantes acerca de la enseñanza de la fotosíntesis que se abordan en la escuela en los niveles de *básica primaria*, y segundo, a las que se tienen del concepto crecimiento.

Prácticas frecuentes de aula alrededor de la fotosíntesis en la Educación Básica Primaria

Los EBC en Ciencias Naturales organizan sus temáticas involucrando las funciones de los seres vivos y su relación con el ambiente, que se pueden abordar desde lo biológico, lo químico y lo físico. Sin embargo, la propuesta que diseñan para su enseñanza se estructura en tres componentes: entorno vivo, entorno físico y la relación ciencia, tecnología y sociedad. Esta disposición u organización de los estándares en estos tres componentes están propuestos de tal manera que sus conceptos se aborden en algunos momentos solo de forma teórica, pero como eventos aislados al contexto inmediato de los estudiantes. Este diseño de los estándares ofrece una mirada fragmentada y determina, en algunas ocasiones, abordar por separado los procesos implicados de un evento natural, y por ende una construcción de explicaciones, no errónea, pero que puede llegar en cierto momento a ser simplista y reduccionista del fenómeno en cuestión.

En este sentido y enfocando lo que proponen para el entorno vivo de primero a tercero, no se evidencia ningún estándar específico que establezca los conocimientos que se deben adquirir sobre el fenómeno de la fotosíntesis, sino que este, está inmerso en otros contenidos, como en el de la nutrición de las plantas y su historia de vida, esta última desde una visión fragmentada al presentar el crecimiento en etapas que parecieran estar distanciadas unas de las otras en tiempo y espacio. Por su parte, para los cursos cuarto y quinto, se establece el análisis de los ecosistemas que rodean al sujeto para compararlo con otros, y desde aquí explicar sus dinámicas teniendo en cuenta las necesidades de energía y nutrientes de los seres vivos a partir de las cadenas alimentarias (MEN, 2006).

En referencia a la fotosíntesis, en los DBA no hay una mención específica, sino que existe cierta similitud con respecto a lo propuesto por los EBC, con respecto a que el

conocimiento que debe adquirir el estudiante está encaminado, para grado primero, a que comprenda que los seres vivos (plantas y animales) tienen características comunes en cuanto a alimentación, respiración, tienen un ciclo de vida y responden al entorno (MEN, 2016).

A diferencia de los EBC, los DBA son más descriptivos y detallados en cuanto a lo que el estudiante debe aprender al terminar cada curso, es decir, no lo determina por ciclos. Así, para grado segundo, el estudiante pasa de comprender las características comunes de los seres vivos, a establecer una relación entre dichas características físicas de las plantas y animales, sin profundizar en algunos procesos internos que se dan por las condiciones de los ambientes donde viven, teniendo en cuenta sus necesidades básicas de luz, agua, aire, suelo, nutrientes, desplazamiento y protección. En este punto, es evidente identificar cómo se pretende que los estudiantes identifiquen las condiciones ecológicas, por un lado, y su influencia en los procesos que llevan a cabo los seres vivos para sus funciones básicas como nutrición, desplazamiento y protección, por otro lado.

Poco a poco, en la revisión de los DBA se entrevé como sus objetivos buscan que los estudiantes establezcan relaciones entre los organismos y su ambiente natural, pero sin dejar de presentar los conceptos por separado. Es así, como para el grado tercero, el 5° DBA, propone que el estudiante explique la influencia de los factores abióticos (luz, temperatura, suelo y aire) en el desarrollo de los factores bióticos (fauna y flora) de un ecosistema (MEN, 2016). Aquí, ya se puede notar que se deja de lado el agua, pero se hace más énfasis en la luz y la temperatura, que, para el caso de este grado, se empieza a abordar en relación en como a través de la fotosíntesis la planta absorbe la energía del Sol para fabricar su propio alimento, explicación que se presenta de esta manera en los libros de texto.

Para grado cuarto, ya no se trata de identificar y diferenciar los seres vivos de los objetos inertes, sino que el objetivo es que el estudiante comprenda que los organismos cumplen distintas funciones en cada uno de los niveles tróficos y que las relaciones entre ellos pueden representarse en cadenas y redes alimenticias (MEN, 2016).

Por experiencia, en las prácticas frecuentes en el aula, cuando se aborda este último tema sobre los niveles tróficos y los flujos de energía en las cadenas alimentarias, se retoma de nuevo el tema de la fotosíntesis como aquel fenómeno por el cuál las plantas están en la capacidad de fabricar su alimento, razón por la cual se ubican en la base de esta estructura alimenticia que se desarrolla entre los organismos de un ambiente natural determinado, ya que estas son las productoras primarias para la supervivencia de los demás organismos que interactúan. A partir de ese análisis al respecto de las representaciones que circulan en la escuela con respecto al tema de la fotosíntesis, y que están basados en los documentos públicos y en los libros de texto, se evidencia que su enseñanza no va más allá de explicarla en términos de producción de alimento, y por ende de nutrición, esto posiblemente porque el mismo docente no ha logrado entender el proceso por su complejidad o porque subestima lo que el niño y la niña de estos primeros cursos pueda o sea capaz de comprender; o inclusive de las explicaciones que pueda construir a partir de propuestas alternativas de aula orientadas a su enseñanza.

Prácticas frecuentes de aula acerca del crecimiento en la Educación Básica Primaria

Para el caso de las representaciones que circulan en la escuela acerca del crecimiento, no es raro encontrar que se define, explica, conceptualiza, tanto en las orientaciones públicas como en los libros de texto, como aquel proceso que pareciera ocurriera solamente una vez en la vida de los organismos, al encasillarse en el ciclo de vida, como una de las etapas por

las que atraviesan todos los seres vivos sobre la Tierra, y en el que además, el estudiante lo recita como si se tratara de procesos que se dan de forma mecánica y sin excepción: nacen, crecen, se reproducen y mueren. Esta concepción puede llegar a ser reduccionista y excluyente, puesto que no se toman en cuenta aquellas fluctuaciones que pueden ocurrir en estas “etapas” y que determinaría entonces que esas características definen, sin temor a equivocarse, a un ser vivo.

Los EBC, aunque buscan que el estudiante identifique a partir de la observación y la descripción las necesidades de los seres vivos y los cambios en el desarrollo de su propio cuerpo y en el de otros organismos, no es claro hacia donde está enfocado ni cuales son los cambios que se espera que sucedan, específicamente para los cursos de primero a tercero. Sin embargo, para los grados cuarto y quinto, dichos documentos no hacen referencia al crecimiento de las plantas ni menos a las condiciones que influyen para que el proceso se lleve a cabo.

Por su parte, en los DBA se evidencia más claramente que se hace referencia, en primer lugar, al crecimiento, como esos cambios físicos que experimenta el cuerpo en función del aumento de peso, talla y longitud de algunas partes. Luego, esos cambios físicos los asocia a los ciclos de vida de plantas y animales de su entorno en un periodo de tiempo determinado, y que para el caso de las plantas sugiere que se trabaje desde los cambios en el desarrollo en el que se puedan identificar procesos como la germinación, la floración y la aparición de frutos.

A partir de lo anterior, se obtienen dos conclusiones muy importantes que posibilitan hacer del estudio de la fotosíntesis un Problema de Conocimiento: primero, los conceptos de desarrollo y crecimiento se están tomando como aquellos procesos similares a partir de

los cuales los organismos vivos pasan por sus diferentes etapas a lo largo de la vida y que se suelen mencionar en su enseñanza de la siguiente manera: nacen, crecen, se reproducen y mueren. Y en segundo lugar, el estudio del crecimiento de las plantas en las prácticas frecuentes se está abordando en función al aumento de tamaño y aparición de estructuras en un tiempo específico, pero no existe una relación clara con respecto a la influencia de esas condiciones ecológicas (o factores bióticos), a los cuales se hace referencia desde los primeros años escolares, pero que no se toman en cuenta a la hora de propiciar en los estudiantes la construcción de explicaciones al respecto de las relaciones que existen entre fotosíntesis y crecimiento.

RELACIÓN FOTOSÍNTESIS Y CRECIMIENTO: ¿UN “ASUNTO OBVIO” EN LA EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA?

Una revisión bibliográfica de trabajos publicados desde los años ochenta en relación con las concepciones alternativas del concepto de fotosíntesis realizada por Charrier, Cañal y Rodrigo (2006), arrojó que gran parte de los estudiantes, sobre todo los más pequeños, piensan en general que las plantas obtienen todo su alimento del suelo por medio de las raíces, es decir, es un proceso que está asociado principalmente a la nutrición. Sin embargo, otros estudios revelan que las definiciones que brindan los estudiantes de primaria sobre la fotosíntesis manifiestan que estas guardan escasa relación con el concepto escolar y que, por el contrario, lo mencionan habitualmente como un proceso que realizan las plantas para crecer y vivir (Roth, Smith y Anderson, 1983, como se citó en Charrier, et al., 2006).

De lo anterior se puede deducir que hasta los años ochenta, la enseñanza de la fotosíntesis en la escuela no tenía nada que ver con el crecimiento de la planta, sino que estaba relacionada específicamente con la nutrición, es decir, absorción de alimento

principalmente por las raíces, excluyendo por un lado otras partes de la planta, y por otro, condiciones ecológicas diferentes al agua. No obstante, y aunque los autores consideraban que no hacía parte de un concepto escolar, los estudiantes si relacionaban la fotosíntesis con el crecimiento en función de la luz: “Por lo general desconocen si las plantas necesitan luz y en los casos que la mencionan le atribuyen funciones como vivir, crecer, tener buena salud, dar color a la planta” (Roth, Smith y Anderson, 1983, como se citó en Charrier, et al., 2006). Hasta este punto de la historia, los estudiantes reconocen que las plantas necesitan luz, pero pocos mencionan las transformaciones de la energía solar en energía química (Simpson y Arnold, 1982b; Wandersee, 1983, como se citó en Charrier, et al., 2006), transformación que en la actualidad suele ser la más asertiva al explicar someramente la fotosíntesis y, por ende, la nutrición.

Los estudiantes se aproximan a construir algunas explicaciones al respecto de la fotosíntesis como ese conjunto de procesos por el cual las plantas necesitan de la luz para nutrirse y en consecuencia crecer, lo que resultaría ser un “asunto obvio” en el saber común pero no así en el escolar, el cual es orientado por los saberes del docente, de las mallas curriculares y planeaciones, y los libros de texto. Estas concepciones derivadas de los aprendizajes adquiridos en la escuela se pueden deber a las propuestas didácticas que se han diseñado para enseñar el concepto de fotosíntesis y que tienen que ver, principalmente en la *educación básica primaria*, con:

(...) una perspectiva elemental e integrada de la nutrición de las plantas, y en ella, la caracterización de los procesos de alimentación, como primera fase de la nutrición mediante la cual el ser vivo, animal o vegetal, consigue los nutrientes que necesitan las células para vivir y las pone a disposición de estas. (Cañal, 1992, como se citó en Charrier, et al., 2006).

En esta misma propuesta Cañal (1992, como se citó en Charrier, et al., 2006), resalta además la necesidad de abordar adecuadamente el concepto de fotosíntesis en paralelo a la construcción de otras nociones sencillas sobre conceptos como: suelo, ser vivo, animal, planta, célula, respiración, alimento, nutriente, alimentación, nutrición, crecimiento. Nótese entonces, cómo la “noción sencilla” del concepto de crecimiento queda por un lado relegado o minimizado, y, por otro lado, como un proceso aislado al de la fotosíntesis, además de concebirlos como conceptos y pocas veces como eventos de la naturaleza que emergen de las relaciones entre los procesos.

La “obviedad del crecimiento de las plantas” en los materiales educativos para la Enseñanza de las Ciencias en primaria

En la escuela, de manera frecuente el concepto de *crecimiento* suele enseñarse como aquella etapa por la cual debe atravesar todo organismo en su ciclo de vida, y que dicha característica es una de las que generalmente se mencionan para diferenciarlo de un objeto inerte, como aquel que nace, crece, se reproduce y muere. En este sentido, y después de mencionar estas características comunes de plantas y animales, los DBA para el grado 1° plantean que, para abordar el tema a razón del tiempo, primero se debe explicar desde los cambios que se dan en el cuerpo en función del aumento de peso, talla y longitud de algunas partes del cuerpo, principalmente de brazos y piernas, esto también porque en este curso los estudiantes comienzan a identificar medidas de longitud. Para el grado 2°, se propone para el caso de los cambios en el desarrollo de los animales identificar procesos de crecimiento y reproducción, pero para las plantas, aunque se refiere también al cambio en el desarrollo, estos están enfocados en que el estudiante logre identificar procesos como la

germinación, la floración y la aparición de frutos, es decir, asociados todos a la aparición de estructuras principalmente.

Desde el grado 3°, ya no se menciona este proceso de crecimiento ni en plantas ni en animales, sino que se engloba en la explicación del desarrollo de los organismos por influencia de las condiciones ecológicas determinadas de cada lugar, y en ese sentido, también las relaciones que se dan entre los organismos a partir de la función que cada uno cumple en las cadenas y redes alimenticias. Es así como, aunque el crecimiento pareciera ser un proceso “obvio” en los seres vivos, se asocia más a los animales que a las plantas, pese a que en estas últimas se pueden observar esos cambios que se presentan en el tiempo a través de prácticas experimentales sencillas que le permite al estudiante ser observador y testigo directo del proceso.

Sin embargo, el crecimiento, que pareciera ser un proceso tan “obvio” en la naturaleza y que suele abordarse desde el saber común para explicar las diferentes etapas por las que atraviesa un ser vivo, realmente no suele ser relacionado con otros procesos que influyen en este como es el caso de la fotosíntesis para las plantas, puesto que como ya se había mencionado, es muy común relacionarlo con la función de nutrición. En este contexto, se evidencia cómo dichos procesos, refiriéndose a la fotosíntesis y el crecimiento, siguen siendo abordados como hechos aislados en los que se dejan de lado nociones como las de relación, emergencia y sistema, y tal vez sea la razón por la cual está desfragmentación de los procesos, radique en que se conciba al ser vivo como una estructura aislada en el vacío y no como aquella que se inserta en la naturaleza y establece relaciones variadas con ella (Jacob, 1999).

El crecimiento en plantas: ¿una mirada “simplista” en la Educación Básica Primaria?

Como se mencionó en el apartado anterior, el crecimiento en los seres vivos suele generalmente ser abordado en el aula, como aquel que directamente produce un aumento de volumen y tamaño, desconociendo las relaciones que se establecen con el desarrollo de estructuras por influencia de las condiciones ecológicas (luz, temperatura, agua, suelo y aire) de un ambiente natural determinado. Tanto en las orientaciones dadas por los EBC y los DBA, así como en los libros de texto, el tema del crecimiento no suele ocupar un contenido central y no se le dedica ni siquiera una página para su representación, sino que se aborda desde una mirada “simplista” puesto que cotidianamente se menciona para explicar que un organismo está aumentando de tamaño a razón del tiempo y que esto se debe principalmente a una buena alimentación para el caso del ser humano y los animales.

Para las plantas, sin embargo, el crecimiento no es tan fácil de relacionarlo con la absorción de nutrientes, que se llevan a cabo no sólo a través de las raíces, sino que involucra otras estructuras verdes de las plantas como los tallos y las hojas, a través de un proceso al que se le ha denominado fotosíntesis, por ser aquel que usa la energía del sol para fabricar compuestos ricos en energía, como los carbohidratos. Dichos nutrientes fabricados por las plantas son los que posibilitan que se lleven a cabo otros procesos en las plantas tan importantes como el crecimiento, el cual pocas veces suele estar catalogado como un proceso biológico (Duarte, 2014). Al no concebirse el crecimiento como un proceso biológico, toda intención de relacionarlo con la fotosíntesis queda sin base, puesto que esa mirada que se orienta al aumento de tamaño, con el que generalmente se asocia en la *básica primaria*, no motiva ni al docente ni al estudiante a profundizar en aquellos que

no se ven, es decir, solamente quedarse con la visión reduccionista de concebir el crecimiento con esas características físicas que aparecen a simple vista.

EL PAPEL DE LA EXPERIENCIA Y EL EXPERIMENTO EN LA COMPRENSIÓN DE LAS RELACIONES FOTOSÍNTESIS - CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS EN LA EDUCACIÓN BÁSICA PRIMARIA

En la enseñanza de las Ciencias Naturales en la *educación básica primaria*, no se hace tan relevante, en muchas ocasiones, establecer relaciones entre lo que el estudiante ya sabe con lo que debe *saber y saber hacer* al finalizar un grado específico. En general se otorgan pocos espacios en las clases por conocer ese saber común que el estudiante ha adquirido en sus primeros años de vida, antes de ingresar a la escuela, que se debe en gran medida a la intensidad horaria, que, para el caso de las instituciones de carácter público en Colombia, suele ser de tres horas a la semana y para las que se propone el aprendizaje de muchos conceptos y procesos, entre los que pocas veces se establecen relaciones con el contexto inmediato.

Frente a la importancia de tener en cuenta la experiencia de los estudiantes para la enseñanza de las Ciencias Naturales, Candela (1990) plantea que precisamente en la escuela se debe desarrollar la capacidad del niño para entender el medio natural en que vive, al razonar sobre los fenómenos naturales que lo rodean y tratar de explicar las causas que los provocan, partiendo de las relaciones de sus prácticas cotidianas con las situaciones de su entorno. Es así, como la autora enfatiza en que este conocimiento producto de las prácticas cotidianas del sujeto, no empieza en la escuela, ya que desde pequeño tiene relación con la naturaleza; y además la familia y el medio cultural en el que viven proporciona al estudiante ideas de lo que ocurre a su alrededor (Candela, 1990).

Como se mencionó anteriormente, las concepciones que tienen los estudiantes de *básica primaria* en referencia a la fotosíntesis, poco o nada tienen que ver con el crecimiento a pesar de estar en el proceso de transformar sus saberes comunes a un saber escolar, esto debido a que aunque cotidianamente se hace referencia a la necesidad de luz por parte de las plantas para crecer, esto no se explica desde una compleja red de relaciones entre diferentes órganos de la planta para llevar a cabo el proceso. Es así como la propuesta didáctica para enseñar el concepto de la fotosíntesis hecha por Cañal (1997, como se citó en Charrier, et al., 2006), debe primero abordar otro tipo de conceptos que involucran desde los niveles de organización hasta la complejización de los procesos producto de la absorción de nutrientes, como un proceso continuo de intercambio de energía. En este punto de las propuestas para la enseñanza de la fotosíntesis, cobra importancia el uso del experimento como aquel que le posibilita al estudiante construir explicaciones a partir de las diferentes estrategias que ponen en juego los sujetos y que hace de la relación fotosíntesis-crecimiento un problema de conocimiento.

El experimento en la clase de ciencias en Básica Primaria: ¿una posibilidad para cuestionar el saber sancionado?

De la revisión de las principales herramientas usadas en la escuela para diseñar las rutas de intervención en el aula o propuestas didácticas para la enseñanza de conceptos estructurantes (Cañal, 1992, como se citó en Charrier, et al., 2006), estas incluyen el uso del experimento para artificializar el mundo natural, desde las que el sujeto se distancia de la experiencia básica, para imponer condiciones e interrogarlo para obtener más información de él (Valencia, et al., 2003).

Sin embargo, la actividad experimental debe dejar de concebirse como aquella práctica en la que se usan ciertos instrumentos, se realizan una serie de procesos organizados y sin errores, y se verifica lo que el libro de texto está indicando como una verdad absoluta. Sino que, al experimento en la enseñanza de las ciencias naturales, debe dársele el lugar que se ha ganado, y es que este ha ocupado distintos roles en diferentes momentos de la historia posibilitando la conformación de explicación de los fenómenos naturales (Sandoval, Malagón, Ayala y Tarazona, 2006).

Es decir, abordar el experimento en la enseñanza de las ciencias naturales, implica además acudir a una serie de reflexiones epistemológicas desde las cuales, con el paso de los años, se afianza la noción de perspectiva fenomenológica, en la que se entiende el fenómeno como aquel que aparece frente a una conciencia, es decir, requiere alguien ante quien aparecer sin ocultar un ser verdadero de carácter absoluto (Husserl, 1931 y Heidegger, 1949, como se citó en Malagón, Ayala y Sandoval, 2013).

El experimento en la clase de ciencias naturales en *básica primaria* no es solamente para enseñar la manipulación de los instrumentos en el laboratorio, entiéndase este como el espacio privilegiado para el análisis de la construcción de conocimientos científicos (Romero, Aguilar y Mejía, 2017), sino como aquel que tiene que ver principalmente con las construcción y comprensión de fenomenologías, y con ello además la ampliación y organización de la experiencia de los sujetos, así como la formalización de relaciones y la concreción de supuestos conceptuales (Malagón et al, 2011, como se citó en Malagón et al, 2013).

Sin embargo, en los libros de texto y en las prácticas frecuentes de aula de los docentes, pocas veces se tienen en cuenta los referentes epistemológicos y didácticos, que hacen de

esta experiencia en el aula una actividad que le permita al estudiante entender el mundo natural, partiendo de las estrategias propuestas en la categoría de Problemas de Conocimiento: cuestionamiento de la experiencia básica, artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones.

Experimentando con la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas en la *Educación Básica Primaria*

El crecimiento de una planta es un evento natural que se puede considerar como un evento común que se presenta ante los ojos de los sujetos en su contexto inmediato, puesto que donde hay suficientes recursos o condiciones, la planta llevará a cabo este proceso sin ningún inconveniente. Tener plantas en la casa no es una cuestión extraña, ya que desde muy pequeños somos testigos de todos los cambios que le suceden, pero sin una observación orientada ni intencionada, sino que ocurre ante nuestros ojos tan comúnmente, que ya es como un evento obvio y normal que hace parte de nuestra cotidianidad.

Sin embargo, muchas de las propuestas didácticas para la enseñanza de la fotosíntesis, sin hacer referencia al crecimiento, tienen que ver principalmente con la realización de diseños experimentales para favorecer su comprensión. Aunque en la revisión de documentos no se encuentran para la *educación básica primaria*, las que se proponen para la básica secundaria tienen que ver principalmente con la implementación de prácticas de laboratorio que permitan a partir del seguimiento de pasos llegar a comprender a la fotosíntesis con la producción de oxígeno y con la producción de almidón. Otras prácticas realizadas en torno a la fotosíntesis incluyen en primer lugar conocer las ideas previas de los estudiantes, realizar una actividad y luego aplicar una prueba final, en la que se logre

identificar y analizar las transformaciones en los saberes del estudiante frente al tema, a partir de un antes y un después.

Sin embargo, la fotosíntesis es un fenómeno mucho más complejo que comprende la influencia de condiciones ecológicas como el agua, el aire, el suelo y la luz, esta última condición indispensable para que la planta al absorber la energía que le proporciona el Sol la transforme en energía química, la cual posibilita la fabricación de nutrientes ricos en carbohidratos. Para estudiar estos procesos, se acude al diseño de montajes experimentales, desde los cuales se artificializan los eventos naturales y se controlan las condiciones, que para el estudio de la fotosíntesis siempre se limita a imponer variaciones respecto a la presencia o ausencia de la luz, y como resultado de estas, se espera que la planta presenta cambios en su estructura externa, sin tener en cuenta lo que ocurre en sus estructuras internas. Esta intención, significa entonces destacar el carácter exhibitivo y constructivo del fenómeno⁵, en el que las descripciones e interpretaciones que involucran la comprensión de una fenomenología exigen la organización de una serie de experiencias y observaciones intencionadas (Malagón et al., 2013).

⁵ En palabras de Malagón et al., 2013, el fenómeno es lo que aparece frente a una conciencia. Cómo se plantea en la fenomenología de Husserl y Heidegger, el fenómeno requiere alguien ante quien aparecer, pero no oculta un ser verdadero de carácter absoluto.

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Comprender la fotosíntesis como un objeto de estudio de la biología permite reconocer que es un fenómeno que también influye en el cambio de las estructuras visibles de las plantas que acompañan el crecimiento a través del tiempo. La fotosíntesis no puede ser reducida a la definición que brindan los libros o textos guías como verdad absoluta, en la que se afirma que es a partir de esta que las plantas pueden fabricar su propio alimento y que las ha hecho clasificarse dentro de la función de nutrición de tipo autótrofa. Por el contrario, es importante que logre ser entendido como aquel proceso que implica no sólo la absorción de la energía del Sol para transformarla en compuestos ricos en carbohidratos que sirven de nutrientes a las plantas, sino que pueda ser explicada como una propiedad única de las plantas ⁶que además de nutrirlas, está vinculada a la fijación de carbono y en consecuencia a la formación de estructuras y aumento de masa, que posibilita otro proceso igual de complejo: *el crecimiento*.

Como se mencionó en el contexto problemático, generalmente la fotosíntesis se trabaja en los cursos más pequeños, de la *básica primaria*, como uno de los contenidos de las funciones vitales de los seres vivos; y para los cursos más grandes, como un proceso que les permite a las plantas ubicarse en un eslabón de la cadena alimenticia y el papel que cumplen en los flujos de energía en un ambiente natural; pero pocas veces se hace alusión a la influencia de esta en el crecimiento, entendida esta como el aumento de volumen y tamaño de las estructuras. Por lo anterior, en el siguiente capítulo se presenta una profundización teórica disciplinar que comprende la relación fotosíntesis y crecimiento,

⁶ A las algas y cianobacterias también se les atribuye esta propiedad fotosintética.

incluyendo lo histórico-epistemológico, y, por otro lado, un ejercicio de análisis y reflexión en torno a la formación académica de la docente y su incidencia en las prácticas frecuentes de aula.

La profundización teórica disciplinar se estructura a partir de un ejercicio de documentación histórica y epistemológica, desde el cual se cuestiona la concepción reduccionista que establece que la fotosíntesis es ese conjunto de procesos por el cual las plantas fabrican su propio alimento; y posibilita comprenderla como un fenómeno complejo que ha sido objeto de estudio desde hace muchos años, en el cual esas estructuras microscópicas llamadas cloroplastos, y sus sustancias, en específico la clorofila, son los responsables de transformar esa energía lumínica en energía química que le posibilita a la planta además de nutrirse, crecer. Esa construcción de explicaciones sobre el fenómeno de la fotosíntesis incluyó una transformación de conceptos en la medida que se iba investigando desde diferentes momentos y espacios, así como de las técnicas utilizadas, lo que ha permitido en la actualidad hacerse más preguntas al respecto, aun cuando los libros de texto lo den todo por hecho.

Para la enseñanza de la fotosíntesis en el aula, generalmente se diseñan montajes experimentales con semillas de frijol, lenteja y arveja, las cuales se siembran en algodón y se dejan al Sol por unos cuantos días. Al cabo del tiempo, puede pasar que la planta crezca “fuerte y sana” o que por influencia de otros factores como el agua, el aire y la temperatura, la planta no logre germinar, o si lo hace, sea “frágil y dañada”⁷. Sin embargo, estas sencillas

⁷ Estos comentarios con respecto a la apariencia visible de las plantas son explicaciones dadas por estudiantes de tercer grado de primaria, luego de la artificialización y observación de montajes experimentales de la planta de frijol, como parte del trabajo de grado “Estudio de la luz como condición ecológica que influye en el crecimiento de una planta de frijol *Phaseolus vulgaris*, con niños de tercer grado” (Martínez, 2020).

prácticas experimentales que se realizan desde los primeros años de la *básica primaria*, usualmente se hacen sin ninguna observación guiada, y poco o nada tiene que ver realmente con la fotosíntesis y cómo esta influye en los cambios que presenta la planta a través de un tiempo determinado.

Por lo anterior y teniendo en cuenta las diferentes estrategias que cada sujeto puede usar para construir explicaciones del mundo natural y social que lo rodea, se plantea la siguiente afirmación que orienta el objeto de estudio del presente trabajo de grado:

El estudio de la fotosíntesis como problema de conocimiento aporta a la comprensión del crecimiento en plantas en la Educación Básica Primaria

OBJETIVOS

GENERAL

Profundizar en los procesos y condiciones que constituyen a la fotosíntesis como un Problema de Conocimiento y su aporte en la comprensión del crecimiento en plantas.

ESPECÍFICOS

- Documentar aspectos histórico-epistemológicos, disciplinares y pedagógicos que permiten configurar a la fotosíntesis como Problema de Conocimiento y su relación con el crecimiento en plantas.
- Definir criterios para el estudio de la fotosíntesis en la *educación básica primaria* que aporten a la comprensión del crecimiento en plantas.
- Diseñar y desarrollar un material educativo acerca de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento en plantas para estudiantes de *básica primaria*.

JUSTIFICACIÓN

El estudio de la fotosíntesis como Problema de Conocimiento y su aporte a la explicación del crecimiento en plantas con estudiantes de *educación básica primaria*, surge como una propuesta alternativa que parte, en primer lugar, de las reflexiones que la docente ha vivenciado frente a las diversas problemáticas que aparecen en las prácticas frecuentes de aula respecto a la enseñanza de este fenómeno natural, como consecuencia de un proceder que se limita a relacionarlo por un lado, solo con la función de nutrición, y por otro lado, un proceso en el que pareciera que solamente influye el sol y el agua, mencionando de manera somera las demás condiciones ecológicas presentes en el ambiente, pero que al no ser visibles para los sujetos, no se tienen en cuenta para la construcción de explicaciones.

En segundo lugar, de una revisión histórico-epistemológica a partir de la cual se configuran las condiciones técnicas y teóricas que posibilitan definir los criterios para el estudio de la fotosíntesis en la *educación básica primaria* que aporten a la comprensión del crecimiento en plantas. Esto debido a que estudios referentes en torno a las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis, reflejan sin duda que se suele presentar como un proceso en el que las plantas fabrican su propio alimento a partir de la energía que toma del Sol, pero no se incluyen otras condiciones ecológicas, como ya se había mencionado, ni otros procesos que se van llevando de forma simultánea, como lo es el crecimiento, no solo visto como el aumento de tamaño y volumen, sino también como los cambios en las estructuras en cuanto a forma, color y textura.

Asimismo, se ha evidenciado que los estudiantes desconocen la función de la hoja y por ende no mencionan ni al cloroplasto ni a la clorofila (Charrier et al., 2006), como elementos que intervienen no solo en el color verde de las plantas o en la absorción de nutrientes, sino que su función influye en el crecimiento de las plantas. En los EBC y en los DBA, la fotosíntesis como concepto estructurante de la biología no se presenta para su abordaje en el aula, sino que este se incluye superficialmente en la relación de las plantas con el Sol, en la función de nutrición y en las cadenas alimenticias, pero no hay una profundización en el tema que incluya prácticas experimentales sencillas y una observación detallada y orientada de los ya comunes montajes de la siembra de semillas.

Es por esto, que el presente trabajo de grado está encaminado en hacer del estudio de la fotosíntesis un Problema de Conocimiento, desde el cual los estudiantes de *básica primaria* a partir de la implementación de estrategias que tienen que ver con el cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones (Valencia et al., 2003), permita a los niños y niñas acercarse a construir explicaciones en torno al fenómeno de la fotosíntesis, y cómo desde esta se puede comprender el crecimiento en plantas.

PROCEDER METODOLÓGICO

El proceder metodológico que se estableció para el presente trabajo de grado, enmarcado bajo los parámetros de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, emerge a partir de tres aspectos principales: en primer lugar, del ejercicio de reflexión en torno a las prácticas frecuentes de aula que giran en torno a la enseñanza de la fotosíntesis y de las problemáticas que se evidencian, tal y como se señalaron en el capítulo del contexto problemático.

En segundo lugar, de un ejercicio de profundización teórica que posibilitó la documentación en dos sentidos: el primer de orden disciplinar en aspectos histórico-epistemológicos y disciplinares; y el segundo de orden pedagógico, que permiten configurar a la fotosíntesis como Problema de Conocimiento que aporte a la comprensión del crecimiento en plantas, y en este sentido, en aquellos elementos que solo se mencionan superficialmente en el trabajo de grado de la Especialización⁸.

Y, en tercer lugar, responde a las proyecciones que se determinaron como importantes en el trabajo de especialización *“Estudio de la luz como condición ecológica que influye en el crecimiento de una planta de frijol Phaseolus vulgaris, con niños de tercer grado”*, y que aporta entonces la definición de criterios para el estudio de la fotosíntesis como Problema de Conocimiento y su aporte a la comprensión del crecimiento de las plantas con estudiantes de la *educación básica primaria*.

⁸ Trabajo de grado de la Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico denominado *“Estudio de la luz como condición ecológica que influye en el crecimiento de una planta de frijol Phaseolus vulgaris, con niños de tercer grado”*, desarrollado por Martínez, Karol. 2020.

La reflexión sobre las prácticas frecuentes en la enseñanza de las Ciencias Naturales se convierte en un ejercicio que posibilita entender que el aula es un sistema de relaciones,⁹ en el que se cruzan diversidad de conocimientos que los sujetos han logrado construir desde sus vivencias y experiencias en su cotidianidad y la escuela, y a partir de las cuales se entretejen nuevos saberes tanto personales como colectivos, en un proceso continuo de aprendizaje, basado en los intereses propios de los estudiantes como los propuestos por el docente, orientado este último en gran parte por los lineamientos establecidos en las políticas públicas.

Es así, que se procede a identificar cómo el estudio de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas, se convierte en un “Problema de Conocimiento”¹⁰ y en este sentido, una categoría alternativa desde la que se propone entonces formular, diseñar e implementar propuestas de enseñanza de las ciencias para la *educación básica primaria*, a partir de la cual se concibe a la ciencia como una actividad de construcción de representaciones del mundo natural y social, en dónde desde las prácticas de su enseñanza emergen nuevas subjetividades (Valencia et al., 2003).

Establecer las relaciones entre la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, que posibiliten formular, diseñar e implementar propuestas de enseñanza de las ciencias naturales, significa también estructurar una profundización teórica rigurosa tanto en lo disciplinar como en lo pedagógico, que implica un proceso de documentación basado en unos criterios de selección de la información, en la que se tuvo en cuenta los referentes usados en el marco teórico del trabajo de especialización, pero que para ese caso solamente

⁹ Seminario “El aula como sistema de relaciones” de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales. Departamento de Física. Universidad Pedagógica Nacional. 2021.

¹⁰ Categoría alternativa propuesta para la enseñanza de las ciencias para la Educación Básica por el grupo Eco-Perspectivas del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional.

se nombraron de manera superficial. Es así, como la profundización del presente trabajo cuenta con referentes del trabajo anterior, pero también con algunos que se hicieron necesarios para comprender y detallar los procesos macro y microscópicos que se dan en la fotosíntesis, pero además en el crecimiento de las plantas, y encontrar aquellos puntos de confluencia en los que se pueden relacionar estos dos procesos que se dan de manera simultánea en estos organismos.

Para el presente trabajo, los autores que se consideran como centrales para la construcción de la profundización teórica disciplinar, fueron los estudios histórico-epistemológicos sobre la fotosíntesis y la dinámica de la estructura y función de las plantas de Jeffrey J. W. Baker y Garland E. Allen (1970), fotosíntesis de Isaac Asimov (1968), La organización de François Jacob (1999); y en lo pedagógico, la propuesta de los Problemas de Conocimiento de Valencia, Orozco, Méndez, Jiménez y Garzón (2003), la experimentación en la clase de ciencias de Romero-Chacón (2017) y Construcción de fenomenologías y procesos de formalización de Malagón, Ayala y Sandoval (2013).

Esta documentación se convierte así en un ejercicio de profundización al entablar un diálogo con los autores, por lo que no solo se refiere a la búsqueda bibliográfica ni un estudio historiográfico, sino que en estos referentes se buscaron esos elementos de orden teórico, técnico, disciplinar y didáctico, que se cruzan para constituir la propuesta y que permiten determinar, por un lado, aquellos elementos teóricos que posibilitaron definir los criterios para el estudio de la fotosíntesis en la *educación básica primaria* que aporten a la comprensión del crecimiento en plantas; y por otro lado, para el diseño de la propuesta de aula que se estructura en un material educativo en el que las actividades se orientan a través

de una ruta que implica una documentación teórica y el planteamiento de una serie de prácticas experimentales.

En este proceso de documentación los espacios de las asesorías permitieron establecer en primer lugar esas discusiones en torno a la búsqueda de las referencias bibliográficas, pero también alrededor de la estructura de la ruta de intervención en el aula que se plantea. En este punto, es importante dejar claro que otro aspecto que se discutió en estos espacios fue tomar la decisión, que por la carga académica particular de la docente, solamente se plantea el ejercicio de proposición de una cartilla que recoge lo que se encontró en el trabajo de la especialización y las proyecciones que se determinaron como importantes en este, que permite entonces la definición de criterios de ese objeto de análisis frente a las relaciones entre fotosíntesis y el crecimiento de las plantas en la *educación básica primaria*.

PROFUNDIZACIÓN TEÓRICA

El presente capítulo se estructura con base en un recorrido histórico, epistemológico, disciplinar y pedagógico, en el que se dan a conocer elementos que posibilitan comprender la fotosíntesis y su relación con el crecimiento en plantas como un objeto de estudio de la biología, y en ese sentido su relevancia en las prácticas frecuentes de aula para la enseñanza de las Ciencias Naturales.

Este ejercicio de conceptualización, que se plantea como uno de los objetivos del presente trabajo de grado, permite el diseño de propuestas alternativas y la definición de criterios para el estudio de la fotosíntesis en la *educación básica primaria* que aporten a la comprensión del crecimiento en plantas, a partir del diseño pedagógico y didáctico de una ruta de intervención en el aula para la enseñanza de las Ciencias Naturales. Dicha conceptualización, además posibilita el desarrollo de nuevas rutas para la enseñanza de la fotosíntesis, en la que se incluye la experiencia y el saber común de los estudiantes, la relevancia en su contexto inmediato, la importancia de la artificialización del mundo natural, las intenciones del docente y las orientaciones propias de los documentos educativos de orden público.

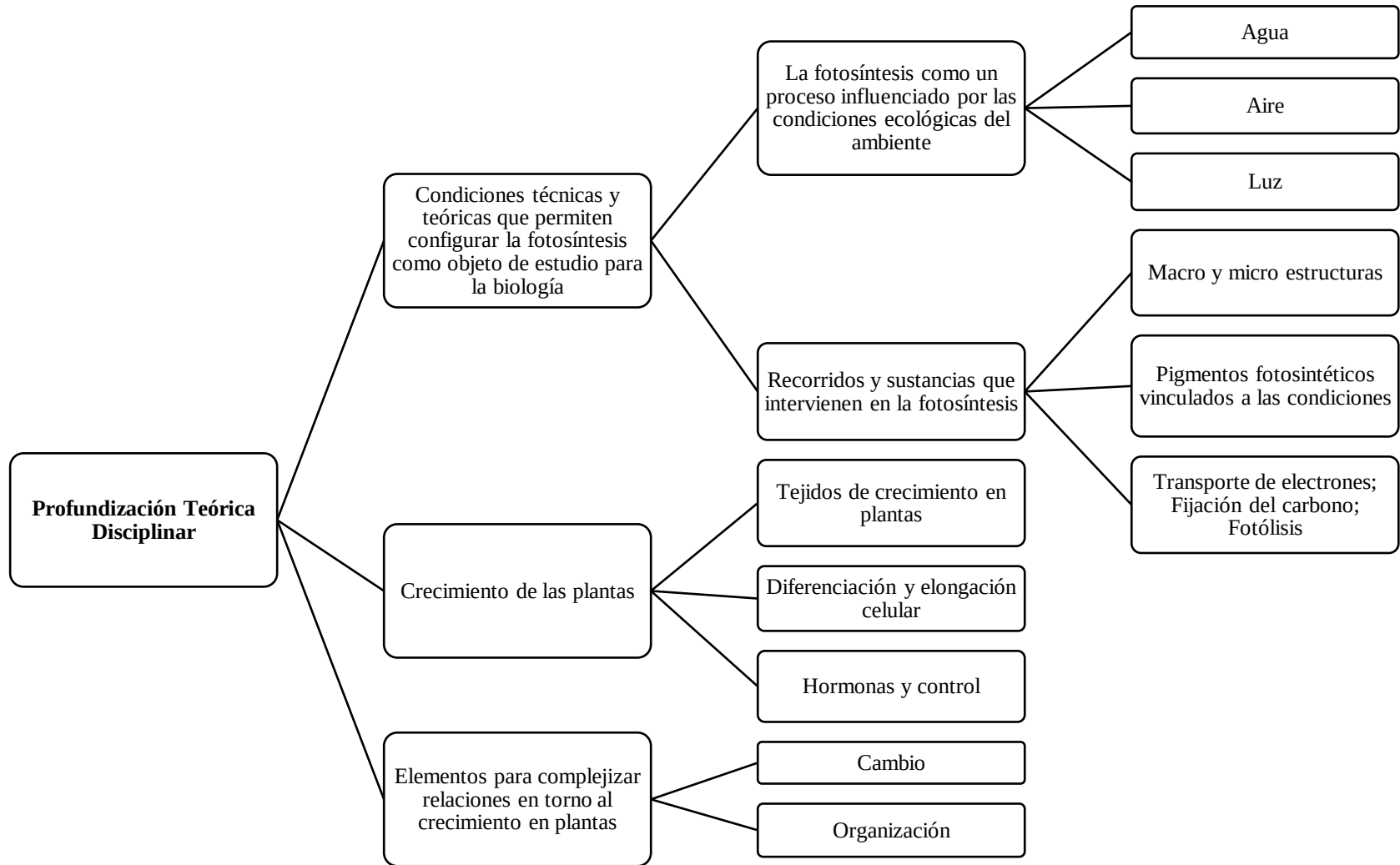
En cuanto a la organización de la profundización teórica disciplinar, este se configura desde dos ejes estructurantes: el primero, tiene que ver con la fotosíntesis, y el segundo, con el crecimiento. En la profundización teórica referente a la fotosíntesis, se presentan tres condiciones técnicas y teóricas que permitieron configurarla como objeto de estudio para la biología, basada en una revisión histórica-epistemológica en el que se traen a escena los aportes de autores tales como Van Helmont, Berthollet, Stephen Hales, Joseph Priestley y Jan Ingenhousz, que aportaron desde diferentes disciplinas en el campo de las ciencias y en

épocas distantes a la construcción de explicaciones con respecto a las inquietudes que giraron en torno a la manera en que las plantas obtenían su alimento y la influencia de las condiciones del ambiente. En este apartado del capítulo, también se estudian los recorridos y las sustancias que intervienen en el proceso, a través de los cuales las plantas transforman la energía que absorben del Sol en energía química, que le aporta los nutrientes para el desarrollo de sus funciones vitales.

En el segundo eje estructurante, el crecimiento, se profundiza en aquellos tejidos que le permiten a la planta además de crecer, que generalmente se asocia al aumento de tamaño y volumen, la aparición de estructuras tales como las hojas, los tallos y las raíces, sin entrar a generalizar que esta organización esté presente en todas las plantas. Para entender el proceso a nivel micro, se ahonda en la diferenciación celular, la mitosis y la elongación. Asimismo, se aborda específicamente los procesos químicos que involucran la función que cumplen las hormonas, las cuales en muy bajas concentraciones tienen un efecto importante en las células de las plantas cambiando patrones de crecimiento y permitiendo un control en los procesos que estas desarrollan a lo largo de su tiempo de vida.

Estos dos apartados, que inicialmente se presentan por separado, se complementan en un tercer apartado en el que se establecen los elementos que complejizan las relaciones en torno al estudio de la fotosíntesis como problema de conocimiento que aporta a la explicación del crecimiento en plantas, a partir de dos acontecimientos que condicionan cualquier proceso biológico en los seres vivos: organización y cambio.

En el *esquema 2* se muestra la organización que estructura la profundización teórica disciplinar:



Esquema 2. Estructura general de los elementos que constituyen la documentación histórica, epistemológica y disciplinar en la relación fotosíntesis y crecimiento. Fuente: elaboración propia.

CONDICIONES TÉCNICAS Y TEÓRICAS DE LA FOTOSÍNTESIS QUE LA CONFIGURAN COMO OBJETO DE ESTUDIO DE LA BIOLOGÍA

La fotosíntesis es considerada como uno de los fenómenos más importantes de la naturaleza, pero a su vez, uno de los más difíciles de entender, esto debido a la complejidad presente en las reacciones químicas que suceden en las plantas para transformar la energía lumínica proveniente del Sol en hidratos de carbono, azúcares y almidón, es decir, en energía química. Cuando se inició el estudio experimental de la fisiología vegetal, había muy poca evidencia para mostrar cómo ocurrían esas reacciones químicas (Baker y Allen, 1970).

¿Cómo crecen las plantas?, ¿cómo se alimentan?, y ¿de dónde obtienen sus nutrientes?, son preguntas que se abordaron en el trabajo de especialización “Estudio de la luz como condición ecológica que influye en el crecimiento de una planta de fríjol *Phaseolus vulgaris*, con niños de tercer grado” y que se pretenden ampliar en el presente capítulo desde la experiencia, la experimentación y la formalización del fenómeno de la fotosíntesis como parte del proceso en el que se incorporan los elementos que posibilitaron la construcción de explicaciones a partir de la complejización del lenguaje y la estructuración de esquemas teóricos (Malagón, et. al, 2013).

La revisión histórica que se realizó al respecto de la fotosíntesis como un evento que se da de manera espontánea en algas, cianobacterias y plantas verdes, permitió establecer que este ha sido objeto de estudio desde principios del siglo XVII, cuando:

(...) los hombres notaban que algunas sustancias entraban en las reacciones químicas y otras sustancias se producían en ellas. De estas observaciones, se originó la teoría de la transmutación. Se creyó que la transmutación era un proceso a través del cual se podía cambiar una sustancia en otra...La creencia en la transmutación, la ausencia de conceptos sobre la naturaleza y significado de los gases, y

la aceptación de la teoría del flogisto, demarcaron la estructura mental a través de la cual los primeros fitofisiólogos enfocaron las investigaciones sobre fotosíntesis. (Baker y Allen, 1970, pp 159-160)

El estudio de la fotosíntesis, sin embargo, se estructuró desde tres premisas básicas y desde las cuales se configuran las condiciones técnicas y teóricas que permitieron configurarla como un objeto de estudio para la biología: la fotosíntesis influenciada por las condiciones ecológicas del agua, el aire y la luz.

La fotosíntesis como un proceso influenciado por el agua

De los procesos más inquietantes que ocurren en la naturaleza, seguramente tiene que ver con la manera en que las plantas se alimentan desde la germinación hasta la aparición de sus diferentes estructuras y el crecimiento de estas, y lo transforman en nutrientes ricos en carbohidratos, azúcares y almidón, permitiéndoles además adaptarse y sobrevivir a las condiciones del ambiente en el que se encuentran. Una de estas condiciones es el agua, que sin lugar a duda estudiarla fue fundamental para comprender cómo se alimentan las plantas, puesto que inicialmente se consideró como la única fuente a partir de la cual estas obtenían el alimento para luego transformarlo en las estructuras visibles de las plantas, tal y como se proponía en la teoría de la transmutación, la cual planteaba que era un proceso a través del cual se podía cambiar una sustancia por otra (Baker y Allen, 1970).

Uno de los precursores de la teoría de la transmutación fue Jan Baptista Van Helmont (1577-1644), alquimista y físico que pensaba que el agua era la sustancia fundamental del Universo, y que todo era realmente agua, y las sustancias que no se parecían a ésta eran, de todos modos, agua que había cambiado de forma de alguna manera (Asimov, 1968). Van Helmont logró llegar a esta conclusión luego de terminar su gran experimento (como se

muestra en la *ilustración 1*), grande no sólo porque obtuvo interesantes y cruciales resultados, sino también porque fue el primer experimento cuantitativo realizado con un organismo vivo, en el que se pesaron exactamente unas sustancias y se observaron cuidadosamente unos cambios en las variables que se controlaron para encontrar la respuesta que buscaba (Asimov, 1968).

A simple vista, se puede deducir que las plantas toman el alimento del suelo a través de las raíces, pero no todo el suelo tiene los mismos nutrientes adecuados, es decir, existen suelos fértiles donde estas pueden crecer perfectamente y le atribuyen ciertas características, y suelos áridos, en los que las plantas si bien pueden crecer, lo hacen con algunas dificultades y esto se ve reflejado en la apariencia de sus estructuras. Estos tipos de suelo pueden o no tener nutrientes para las plantas, pero el factor vital para su alimentación es indudablemente el agua (Asimov, 1968).

De estos dos elementos, suelo y agua, se creía que el suelo era realmente el más importante y el que proporcionaba todas las condiciones para que su material sólido se convirtiera por transmutación en el material sólido de los tejidos de la planta, puesto que las estructuras de las plantas se parecían mucho más al suelo sólido que al agua líquida, esto porque además era difícil pensar que el agua se endurecía y cobraba vida (Asimov, 1968). Con esta deducción, se suponía que la función del agua se reducía al hecho de transportar los materiales del suelo al interior de la planta, por lo que su actuación solo se daba de un modo pasivo. Sin embargo, Van Helmont, llegaría a otra deducción luego de su riguroso experimento en el que trasplantó un joven vástago de sauce a un cubo grande lleno de tierra, no sin antes pesar por separado el sauce y la tierra (Asimov, 1968), datos que serían cruciales para poder llegar a concluir que no era la tierra la causante del crecimiento de la planta sino el agua.

Van Helmont, luego de trasplantar el sauce, cubrió cuidadosamente la tierra para evitar que cayeran en el cubo otros materiales que alteran la pérdida de peso de esta, y durante cinco años regó el árbol con agua lluvia o agua destilada en su defecto, tiempo en el que la planta creció y desarrolló todas sus estructuras. Al cabo de los años, Van Helmont extrajo cuidadosamente el sauce del cubo y procedió a pesar nuevamente por separado tanto la tierra como el árbol. Los datos arrojaron que el sauce había aumentado 7.5 kg de peso, valor que debía ser directamente proporcional a la pérdida de peso de la tierra una vez estuviera seca. No obstante, para sorpresa de Van Helmont, la tierra solo había perdido 2 onzas, hecho que ponía en evidencia que no era la tierra la que se transmutaban para formar las estructuras de la planta y que esta creciera, sino que había otra sustancia que había estado en contacto con el sauce y que sería la única capaz de transmutarse al árbol: el agua (Asimov, 1968).

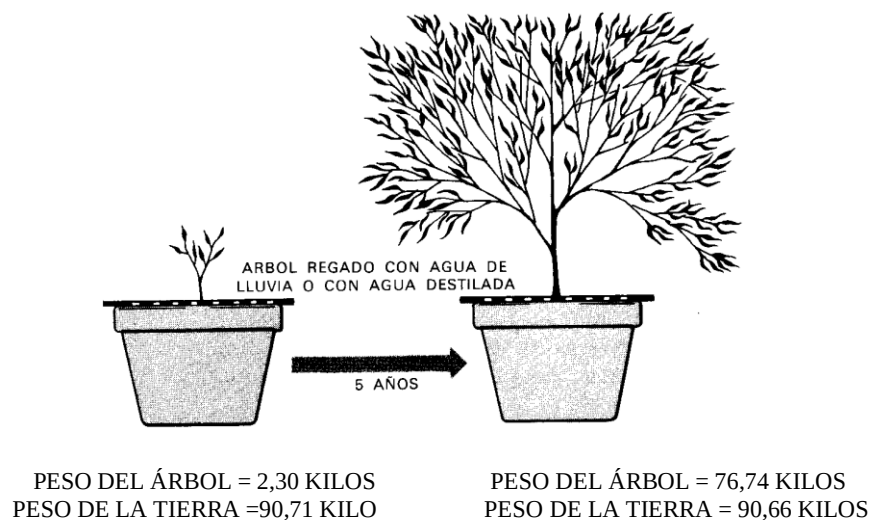


Ilustración 1. Experimento de Van Helmont. Fuente: Baker y Allen, 1970.

En esta misma línea de pensamiento, en la que se le atribuía al agua ser la precursora de la aparición y crecimiento de las estructuras de las plantas, estaba el científico francés

Berthollet (1748-1822), quien planteó que si las plantas crecían en un medio libre de hidrógeno, refiriéndose a aquel que se pudiera encontrar en el suelo, y se regaban solamente con agua, cualquier hidrógeno que se pudiera encontrar al analizar químicamente el material vegetal presente en los tejidos de las hojas, tallos o raíces debería provenir de esta última y en consecuencia, el oxígeno que se liberaba a la atmósfera era el que se encontraba unido al hidrógeno de la molécula del agua. Para comprobar esta hipótesis, Berthollet sembró plantas en diferentes suelos libres de hidrógeno, tales como arena, vidrio y esponja (como se muestra en la *ilustración 2*), y luego del análisis químico ya mencionado comprobó que efectivamente los tejidos de las plantas contenían este elemento, y que debido a las variables que se habían controlado, este podría venir solamente del agua (Baker y Allen, 1970).

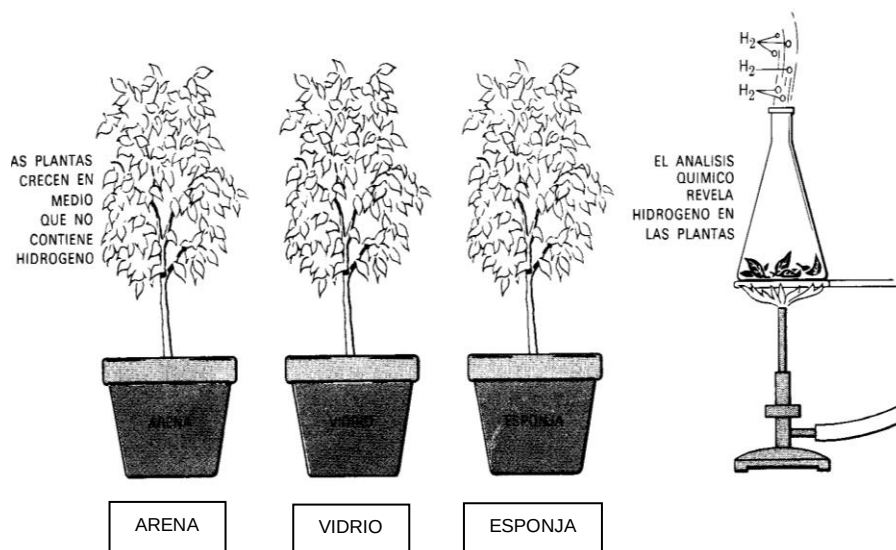


Ilustración 2. El experimento de Berthollet. Fuente: Baker y Allen, 1970.

La incertidumbre por encontrar una explicación a la pregunta que orientó nuevas investigaciones tenía que ver con esa preocupación de conocer de ¿dónde proviene el oxígeno que liberan las plantas?, respuesta que para Berthollet se encontraba en la separación de los elementos de la molécula del agua con la que era regado el suelo en el que estas se encontraban. A igual conclusión llegó el botánico suizo Nicolás de Saussure en el año 1804, al sugerir el papel del agua en la fotosíntesis, donde la planta toma el dióxido de carbono y libera oxígeno, pero añadiendo otro factor del cual este proceso era dependiente: la luz, y al que ya se había referido Ingenhousz (1730-1799) (Baker y Allen, 1970), interacción que posteriormente daría los elementos para entender la fotosíntesis como aquel por el cual la luz del Sol es capaz de disociar las moléculas del agua, en su proceso de base, la fotólisis.

La fotosíntesis como un proceso influenciado por el aire

El experimento de Van Helmont demostró sin lugar a duda que el suelo no era la principal fuente de nutrientes participando en la elaboración del tejido vegetal presente en las estructuras visibles de las plantas, como consecuencia de una transmutación, sino que, después de contrastar datos tomados al inicio del montaje y al finalizar, se demostraba que esas dos onzas que había perdido el suelo al cabo de los cinco años no eran suficientes para formar las hojas, tallos y raíces del árbol, por lo que el agua con el que había sido regado el árbol en este tiempo, era la causante de la aparición y crecimiento de estas estructuras. Sin embargo, esa mínima porción de tierra perdida durante el tiempo del experimento, pudo ser resultado de lo que se ha denominado un “error experimental”, causado posiblemente por la dificultad de pesar toda la tierra del cubo, porque pudo quedar pegada en las raíces o

porque las balanzas de aquella época no eran tan exactas como las que se usan en la actualidad, esto como consecuencia de los instrumentos como en su manipulación (Asimov, 1968).

Sin embargo, evidentemente el suelo y el agua no eran los únicas que estaban en contacto con la planta, sino que había otro factor que no se podía observar, pero del cual ya se había empezado a hablar en el siglo XVII cuando se les denominan “sustancias aeroformes”, de los que se creían que eran espíritus liberados cuando se calentaban ciertos sólidos, pero de los cuales se entendía muy poco de su naturaleza y menos de lo que significaban para los organismos vivos, lo que dificultó comprender las primeras investigaciones sobre la fotosíntesis (Baker y Allen, 1970). El aire era el otro factor que indudablemente entraba en contacto con la planta y que difícilmente pasó por inadvertido a Van Helmont, pero del cual prescindió para analizar los resultados de su experimento (Asimov, 1968).

Aunque el aire no podía verse ni tocarse, se sabía de su existencia por la sensación de sople que producía pero que no influía en los líquidos y sólidos, de los cuales, sí se conocían sus propiedades, razón por la cual, aunque los alquimistas de la antigüedad advertían que formaban vapores en sus mezclas, tendían a desconocerlos en otros procesos. Tal era el caso del propio Van Helmont, quien se percató de los vapores que se formaban en el curso de sus experimentos, pero que no se comportan como el aire, por lo que dichos vapores no eran más que otras formas de agua (Asimov, 1968). Al no concebir Van Helmont el aire como una forma de materia que participaba de la alimentación de las plantas, siempre se dejó de lado en la explicación de la función de la nutrición de las plantas y fue solo hasta después de un siglo, cuando Stephen Hales (1677-1761) dio un paso importante a esta situación, primero al centrar su atención no solo en las raíces, como

lo hizo Van Helmont, sino en todo el flujo de materiales a través de las plantas, confirmando que el agua efectivamente si era absorbida por esta estructura, pero que era expulsada de nuevo en forma de vapor por las hojas (Asimov, 1968).

Por la misma época y con el desarrollo de la microscopia, Nehemiah Grew (1641-1712) descubrió unas pequeñas aberturas en la superficie de la hoja, que le hacía preguntarse si esos diminutos orificios eran quizás los que le permitían a la planta intercambiar sustancias con la atmósfera, orificios que posteriormente recibiría el nombre de estomas. Esta hipótesis junto con la propuesta por Hales, ponían en duda la teoría propuesta por Van Helmont que le daba solamente a las raíces la facultad para absorber nutrientes y que solamente el agua podría proporcionarlos (Baker y Allen, 1970).

Si la planta tenía la capacidad para expulsar un gas a través de esos diminutos orificios en la hoja, ¿no podría ser posible que también los absorbiera? Esta suposición de Hales revelaba que las raíces no eran las únicas relacionadas con la nutrición de las plantas, sino que también los tallos y las hojas tomaban el alimento del ambiente, de un tipo de aire al que denominó “elástico”. Para confirmar que estaba en lo cierto, Hales diseñó un montaje experimental (como se muestra en la *ilustración 3*) en el que su variable a controlar era el aire, para lo cual puso una planta de menta en un recipiente lleno de tierra (suelo) y agua, que luego tapó con un vaso invertido; y un segundo recipiente con el mismo tipo de suelo y cantidad de agua, que también era tapado, pero sin una planta dentro (Baker y Allen, 1970).

Al cabo de unos días, después de una rigurosa observación y análisis de los resultados, Hales pudo llegar a dos conclusiones muy valiosas: la primera fue que efectivamente las plantas, ya sea a través de las hojas o los tallos, interactúa con la atmósfera y que, como resultado, el volumen del gas se redujo en el recipiente luego de la reacción; y segundo,

que, como consecuencia de la interacción de la planta con la atmósfera, se afectaban algunas características de ésta.

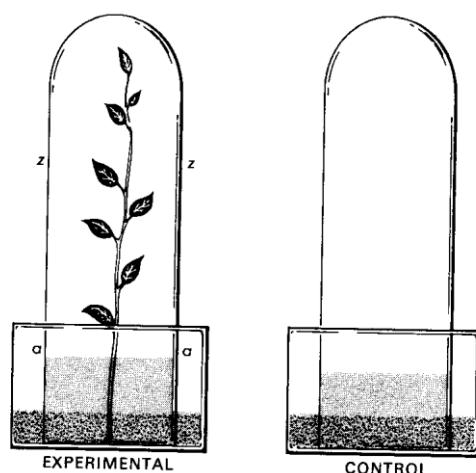


Ilustración 3. Experimento de Stephen Hales. Fuente: Baker y Allen, 1970.

Hales preparó y estudió numerosos gases, incluidos los que en la actualidad conocemos con los nombres de hidrógeno, dióxido de azufre, metano, monóxido de carbono y dióxido de carbono, sin embargo, para él, todos aquellos gases no eran más que formas modificadas del aire, sin darse cuenta de que estaba manipulando sustancias diferentes y distintas. Este método de preparación de los gases estimuló el estudio intensivo del aire, pero también paralelamente, su relación con las plantas (Asimov, 1968). Uno de los principales interesados, por estudiar la influencia del aire en las plantas, fue Joseph Priestley (1733-1804), quien con el diseño de montajes experimentales estudio primero el comportamiento del aire en recipientes cerrados modificando algunas condiciones, lo que le llevó a concluir que:

(...) una vela permanecía encendida en un espacio cerrado solamente por un cierto periodo de tiempo y que un ratón se sofocaba rápidamente cuando se colocaba en una situación similar, lo que le permitió reconocer que de alguna manera los animales y las velas prendidas “dañaban” el aire tornándolo incapaz de mantener la vida(..). (Baker y Allen, 1970, p. 166)

Los resultados observados en estos montajes le permitieron a Priestley concluir que cierta cantidad de aire se convierte en nociva debido a la respiración de los animales y a las llamas de las velas, pero que, si esto lo dañaba, debía haber un método en la naturaleza que podría transformarlo nuevamente en aire respirable. Basándose en los experimentos de Hales, pero con algunas modificaciones, descubrió que donde hay plantas estas llevan a cabo un proceso de restauración del aire después de ser contaminado (Baker y Allen, 1970), llegando así a una conclusión muy importante:

(...) las plantas invierten el efecto de la respiración; puesto que mientras la llama de la vela y los animales afectan la atmósfera añadiendo algo a ella, las plantas sustraen algo de ella cuando purifican la atmósfera (...). (Baker y Allen, 1970 como se citó en Priestley, p. 166)

El análisis de los resultados obtenidos de los experimentos hechos por Priestley, además de sugerir que las plantas tienen un efecto purificador sobre el aire, dieron el primer indicio del hasta entonces desconocidos procesos involucrados en la fotosíntesis, en el que descubrió que ese aire que se purificaba era consecuencia de un gas que producía la planta y al que Antoine Lavoisier (1743-1794) le dio el nombre de oxígeno (Greulach y Adams, 1980). Lavoisier basado en las experiencias de sus precursores, unificó los resultados de estos en una hipótesis aparentemente muy simple, en la que relacionaba que las plantas necesitaban tanto del agua como del aire para nutrirse (Baker y Allen, 1970).

La fotosíntesis como un proceso influenciado por la luz

Hasta este punto, los experimentos y el uso de algunos instrumentos habían permitido identificar que las plantas obtenían su alimento del agua y el aire, y que, además este último llevaba a cabo una importante función en la naturaleza, purificando el aire que respiramos (Baker y Allen, 1970). Sin embargo, estos dos factores no eran los únicos que estaban en contacto con la planta, existía otro que, aunque estaba presente, había pasado desapercibido como fuente de nutrientes de las plantas. Aristóteles (350 a.C), fue uno de los primeros en mencionar que la luz solar actuaba de alguna manera en las plantas, pero que su relación estaba directamente relacionada con el color verde de las hojas, suposición que sólo se tuvo en cuenta muchos años después, cuando se descubrió el cloroplasto y sus pigmentos fotosintéticos.

Sin lugar a duda el descubrimiento del oxígeno por parte de Priestley fue uno de los acontecimientos más importante para la época, sin embargo, todavía no se conocía con exactitud de dónde procedía y de qué forma era restituido al aire. Jan Ingenhousz (1730-1799), tuvo conocimiento del experimento de Priestley y se apresuró a profundizar en el tema, por lo que, en 1779, repitió muchos de los experimentos de este e incluye algunas variaciones a los montajes para estudiar en detalle la forma en que las plantas restauraban el aire e hizo un descubrimiento muy significativo: logro establecer que además del agua y el aire, existe otro factor igual de importante y necesario para que las plantas puedan obtener su alimento: la luz (Baker y Allen, 1970). Descubrió, además, que las plantas solo producían oxígeno en presencia de la luz del sol; nunca de noche (Asimov, 1968), es decir:

(...) no se lleva a cabo constantemente, sino que comienza solamente después de que el sol ha...
hecho su aparición en el horizonte, y por su influencia ha preparado las plantas para propiciar de

nuevo su operación benéfica...sobre la creación animal, que fue suspendida durante la obscuridad de la noche; que esta operación de las plantas disminuye hacia la terminación del día, y cesa completamente al ocultarse el sol (...). (Baker y Allen, 1970).

De sus montajes experimentales, en los que sometió las diferentes estructuras de la planta como tallos, hojas y partes no verdes a recipientes cerrados los cuales contenían agua (como se muestra en la *ilustración 4*), pudo concluir que la producción de oxígeno no se realiza en toda la planta, sino solamente en las hojas y los tallos verdes que las sostienen (Baker y Allen, 1970). Este descubrimiento hecho por Ingenhousz, permitió avanzar en tres significativos pasos el estudio del proceso de absorción de nutrientes a través de diferentes estructuras de las plantas y su posterior producción de oxígeno, los cuales serán cruciales para construir explicaciones al conocido proceso de la fotosíntesis:

Primero, mostró que la luz era necesaria para que ocurriera el proceso. Segundo, demostró que en realidad solamente las partes verdes de las plantas llevan a cabo la fotosíntesis. Tercero, demostró que todas las partes vivientes de las plantas respiran (Baker y Allen, 1970).

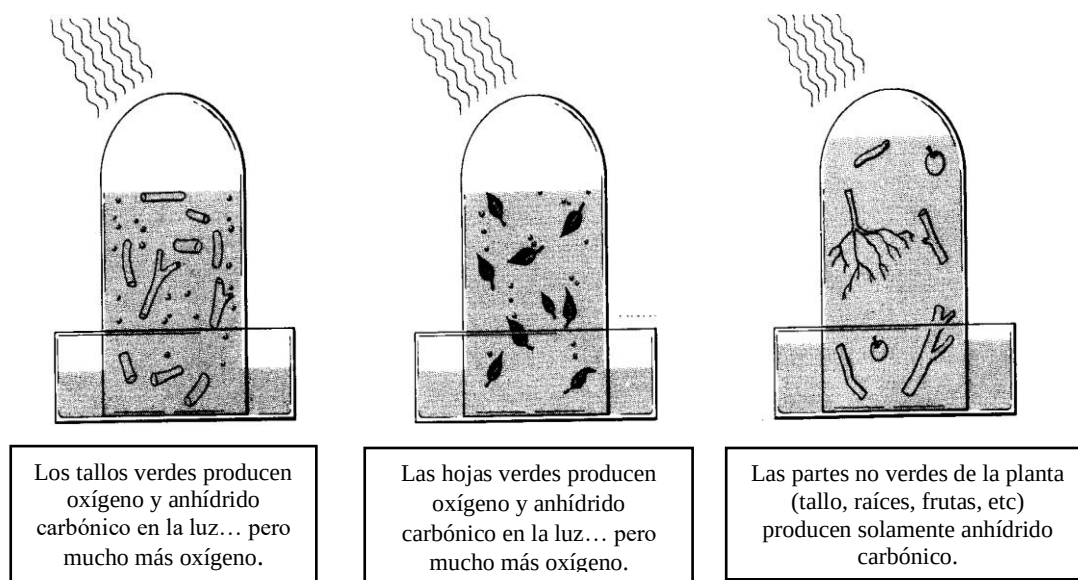


Ilustración 4. Experimento de Ingenhousz. Fuente: Baker y Allen, 1970.

Los estudios no terminaron aquí, sino que, por el contrario, fueron la puerta que se abrió para seguir profundizando en el análisis de los procesos que llevan a cabo las plantas a nivel celular en diferentes momentos del día y de manera constante, y que pocas veces nos preguntamos cómo suceden. El descubrimiento de la producción de oxígeno por parte de las plantas fue el siguiente objeto de estudio, razón por la cual en la última parte del siglo XVIII se logró aislar este elemento y se describieron muchas de sus propiedades físicas y químicas. Al albor de estos avances se creyó que los pasos en el proceso fotosintético tenían que ver con los siguientes elementos: algo que proviene del aire más agua influenciado por la luz y un material de color verde, producía materia vegetal y aire restaurado, sin incluir hasta ese momento entre los productos finales los carbohidratos y las proteínas (Martínez, 2020 cómo se citó en Baker y Allen, 1970).

RECORRIDOS Y SUSTANCIAS QUE INTERVIENEN EN LA FOTOSÍNTESIS

Las condiciones anteriormente descritas, que dieron lugar a considerar la fotosíntesis como objeto de estudio de la biología, fueron solo la antesala para ahondar en cómo la influencia de condiciones ecológicas como el agua, el aire y la luz, no sólo determinaban la aparición de estructuras y el crecimiento de las plantas sino también las sustancias que entran, los recorridos que realizan y los productos que se obtienen como resultado del conjunto de procesos que hacen parte de la fotosíntesis. Aunque los primeros estudios referían a las raíces como aquellas estructuras principales que absorben el agua y los nutrientes con las que se alimentaba la planta, investigaciones posteriores demostraron que otras condiciones que influyen en la nutrición de las plantas, por estar en contacto directo con esta, eran el aire y la luz.

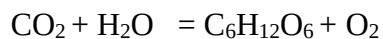
Además, y aunque los nutrientes llegaban a todas las partes de la planta, solo las partes verdes como los tallos y las hojas eran donde se fijaba el dióxido de carbono y se rompía la molécula del agua por efecto de la luz, dando como resultado por un lado un compuesto carbohidrato como la glucosa, y por otro, el oxígeno, este último liberado hacia la atmósfera como producto de la fotosíntesis.

Es imposible hablar de este proceso, sin hacer referencia a la hoja, pero específicamente a sus células, aquellas que contienen en su interior organelos microscópicos denominados cloroplastos. El estudio de los cloroplastos permite identificar tanto el tipo de pigmentos que intervienen, así como el centro de activación de la fotosíntesis, donde se da la fotólisis, el transporte de electrones y la fijación del carbono, claves para entender el proceso.

Estructuras internas de la hoja: el cloroplasto

Los diferentes experimentos que se realizaron durante casi 300 años, en los que se perfeccionó los instrumentos y la técnica, demostraron en primer lugar que las moléculas del agua eran la fuente del oxígeno que se produce durante la fotosíntesis y que posteriormente es liberado a la atmósfera; y, en segundo lugar, que la producción de moléculas ricas en energía, como los carbohidratos, provenían de las moléculas de dióxido de carbono y de los hidrógenos del agua, reacción que se escribe hoy de forma simplificada (Baker y Allen, 1970):

Dióxido de carbono + agua = glucosa + oxígeno



Esta deducción es el resultado de estudios como el de Senebier (1742-1809), quien encontró que los pedazos macerados de las hojas, cuando se colocaban en agua y eran sometidos a la irradiación de la luz, liberan oxígeno en el aire tal y como lo hacía la hoja completa; no obstante, para él, el oxígeno que se liberaba no es el de la molécula del agua sino del dióxido de carbono. Descubrir que la hoja cortada en pedazos no impedía la actividad fotosintética (Baker y Allen, 1970), dio paso a profundizar en la estructura interna de la hoja, pero sobre todo dentro de las células, esto para encontrar el centro de activación de la fotosíntesis.

Las células vegetales son demasiado pequeñas para poder observarlas a simple vista, aunque varían mucho en sus tamaños y en sus formas, su organización interna presenta una especialización que se asocia con el desempeño de funciones especiales. De manera general, la célula vegetal está formada por un protoplasto, el cual encierra a una vacuola central que está encerrada a su vez por una pared celular. Por lo general el protoplasto se puede dividir en dos partes principales: una masa de citoplasma en la cual está embebido y un organelo distinguible llamado núcleo (Greulach y Adams, 1980). Sin embargo, para esta profundización se hará énfasis en unos cuerpos especializados y diferenciados que se encuentran en el citoplasma, denominados plastos (*ver ilustración 5*).

Los plastos tienen muy diversas formas y según el tipo de pigmento que contengan, han recibido diferentes denominaciones: los cloroplastos se encuentran embebidos en el citoplasma de la mayoría de las células de las hojas y de otras partes verdes de la planta, y deben su color verde al contenido de pigmentos llamados *clorofilas* (Greulach y Adams, 1980). Otro tipo de plastos, pero no menos importantes, son los *cromoplastos* que se encuentran en ciertas células como las de los pétalos amarillos del girasol, la raíz de la zanahoria o el fruto maduro del tomate, y que también deben su coloración a otros tipos de

pigmentos. Y, por último, se pueden encontrar los *leucoplastos*, plastos incoloros que se encuentran generalmente en las células de partes de la planta que están subterráneas y en tejidos no expuestos a la luz (Greulach y Adams, 1980)¹¹.

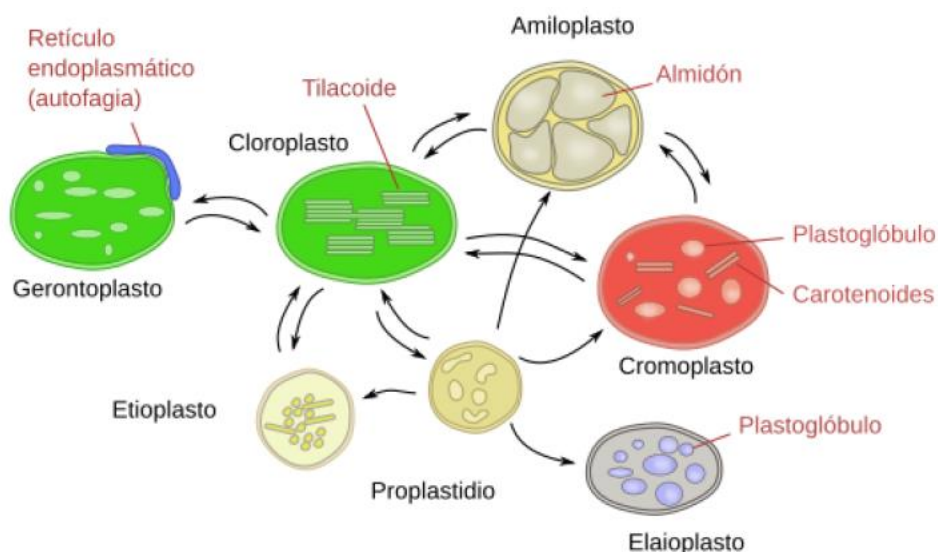


Ilustración 5. Distintos tipos de plastos y los caminos de diferenciación entre ellos (modificado de Jarvis y López-Juez, 2013) Fuente: Megías, Molist y Pombal, 2022.

Los plastos más estudiados, por ser la estructura en la que se lleva a cabo la fotosíntesis, son los cloroplastos (ver *ilustración 6*), que como ya se mencionó se caracterizan por la presencia de un pigmento verde llamado clorofila, responsable del color verde de las hojas de las plantas y algunos tallos (Cronquist, 1986). Visto a través del microscopio, se puede identificar que el cloroplasto consiste en un gran número de columnas llamadas grana, compuestas cada una de estas de una pila de plaquitas delgadas, estrechamente empaquetadas, que se denominan tilacoides, en los que se encuentran organizados los

¹¹ Citados también en Martínez, K. 2021. Estudio de la luz como condición ecológica que influye en el crecimiento de una planta de frijol *Phaseolus vulgaris*, con niños de tercer grado. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional.

pigmentos presentes en fotosistemas o cuantosomas (Baker y Allen, 1970). Los grana a su vez están suspendidos en un líquido llamado estroma o matriz vacuolada y granular, con pocas laminillas o sin ellas (Greulach y Adams, 1980).

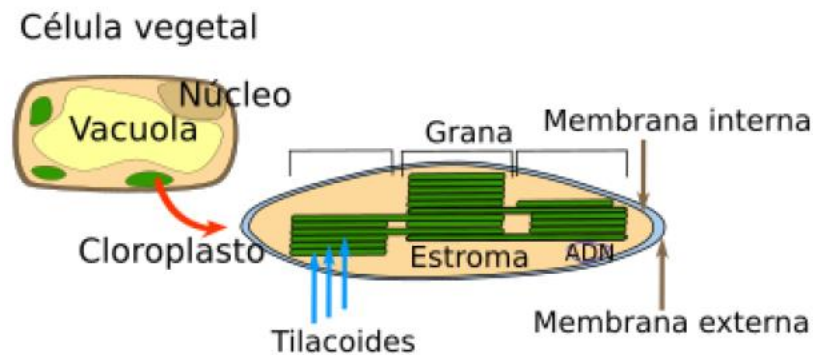


Ilustración 6. Estructura de un cloroplasto. Fuente: Megías, Molist y Pombal, 2022.

Ingenhousz (1730-1799) a partir de sus experimentos, fue el primero en notar que las partes con coloración verde de las plantas presentaban esta característica, solo si esta llevaba a cabo procesos fotosintéticos (Baker y Allen, 1970). Hasta el momento se conocen varias clorofilas químicamente diferentes, pero las principales son la clorofila **a** que se encuentra en todas las plantas verdes y en todas las algas; y la clorofila **b** que también está en las plantas, pero solo en las algas verdes, junto con la clorofila **a** (Baker y Allen, 1970). Acompañando a los dos tipos de clorofila en los cloroplastos, se pueden encontrar los *carotenos* y las *xantofilas*, pigmentos accesorios de color anaranjado, amarillo o rojo (Greulach y Adams, 1980).

Las clorofilas se encuentran concentrados en los grana, específicamente en los tilacoides; cada tilacoide puede contener aproximadamente 230 moléculas de clorofila u otros pigmentos, constituyendo así un sistema básico de pigmentos que conforman una

unidad fotosintética (Greulach y Adams, 1980). Las clorofilas, además, son los encargados de absorber la energía luminosa para utilizarla en la transferencia de electrones de una molécula de pigmentos a otra y finalmente a una molécula de clorofila **a**, la cual está en contacto con enzimas y coenzimas implicadas en las reacciones que se realizan por influencia de la luz (Greulach y Adams, 1980). Estos pigmentos en el complejo antena están ordenados de manera que canalizan la energía absorbida y con ayuda de proteínas integrales de la membrana tilacoidal, forman complejos pigmento-proteína (Pérez, 2009), que permiten que se produzcan reacciones en sistemas diferentes de pigmentos conocidos como fotosistema I y fotosistema II (Greulach y Adams, 1980).¹²

El cloroplasto y la luz

Otro de los hallazgos importantes de Ingenhousz, tuvo que ver con descubrir que la fotosíntesis solo ocurría en presencia de la luz, lo que fue corroborado por F. F. Blackman (1866 – 1947) al demostrar que esta es efectivamente la fuente de energía para el proceso, a partir de medir el desprendimiento de oxígeno de la planta acuática *Anacharis densa* mientras la exponía a intensidades diferentes de luz (Baker y Allen, 1970).

La luz se ha definido como una forma de energía radiante y su comportamiento en diferentes situaciones se puede explicar a partir de dos modelos. Por un lado, se explica desde la **teoría de la onda** de la luz, la cual supone que esta viaja en el espacio de manera similar a las ondas de la superficie del agua (Baker y Allen, 1970). Esto quiere decir, que, así como en el agua, las longitudes de onda de la luz pueden variar de un tipo de onda a

¹² Citados también en Martínez, Karol. 2021. Estudio de la luz como condición ecológica que influye en el crecimiento de una planta de frijol *Phaseolus vulgaris*, con niños de tercer grado. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica Nacional.

otro: cuanto más largas sean las longitudes de onda, menor cantidad de energía llevarán. Cuanto más cortas sean las longitudes de onda, mayor será la cantidad de energía transmitida (Baker y Allen, 1970).

Por ello, el ojo humano puede percibir algunas longitudes de onda de la luz como colores diferentes, pero solo aquellas que se encuentran dentro de los límites del espectro visible (como se muestra en la *ilustración 7*). Así, en un extremo del espectro visible está la luz roja que tiene una longitud de onda larga y en el otro extremo está la luz violeta con una onda de longitud corta, por lo tanto esta lleva más energía que la roja. Por su parte, las longitudes de onda de la luz que se encuentran más allá de los límites del espectro visible, como la ultravioleta (de onda más corta que la violeta) y la infrarroja (de onda más larga que la roja), resultan ser invisibles para el ojo humano (Baker y Allen, 1970).

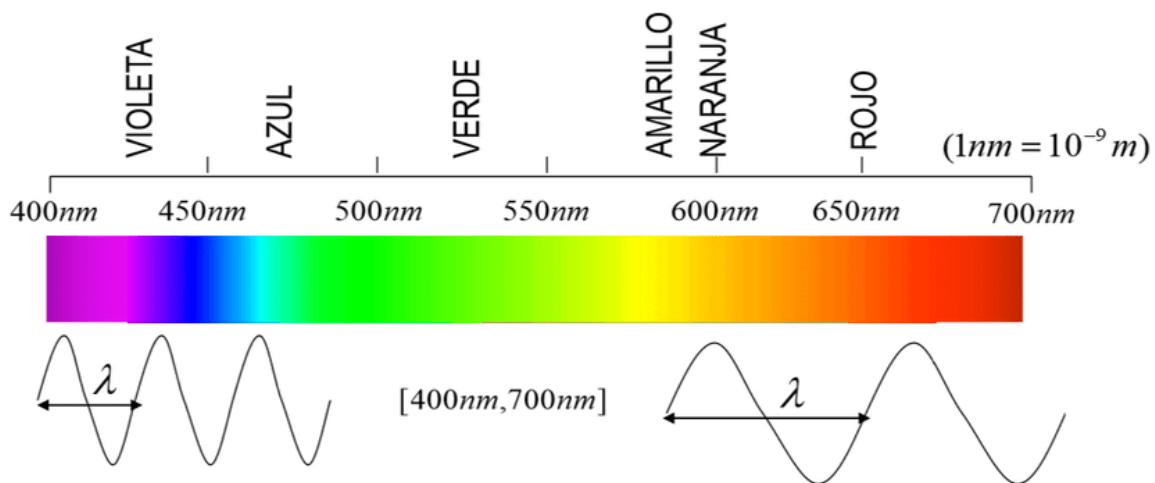


Ilustración 7. Espectro visible de la luz que puede percibir el ojo humano. Fuente: Vanrell, S. F.

El segundo modelo que revela el comportamiento de la luz bajo todas las condiciones es la **teoría del quantum**, la cual explica que la luz está compuesta por partículas diminutas llamadas quantos o fotones, las cuales al ser liberadas por cualquier objeto que emite luz,

viajan por el espacio hasta que encuentran e interaccionan con un objeto material, para este caso, la planta. Las dos teorías planteadas resultan entonces ser esenciales para estudiar la fotosíntesis, ya que mientras que la teoría de la onda explica cómo es absorbida la luz por la clorofila, la teoría del quantum debe emplearse para explicar lo que pasa después de que esta luz es absorbida (Baker y Allen, 1970).

Transporte de electrones en la fotosíntesis

Existe evidencia de que para que ocurra la fotosíntesis, son necesarios dos sistemas diferentes en los que la clorofila *a* es el principal pigmento de absorción, pero con algunas diferencias en la organización de los sistemas que causa una desviación en el pico de absorción de longitudes de onda de luz (Greulach y Adams, 1980). Por ello la actual explicación de la fotosíntesis se centra en un proceso de transporte de electrones, en el que intervienen los denominados fotosistemas I y II, los cuales son capaces de absorber quantos de luz (como se muestra en la *ilustración 8*). El centro reactivo del fotosistema II absorbe luz de 680 nm y el pigmento se denomina P680; mientras que el centro de reacción correspondiente al fotosistema I es P700 y tiene una absorción máxima de 700 nm (Bidwell, 1993).

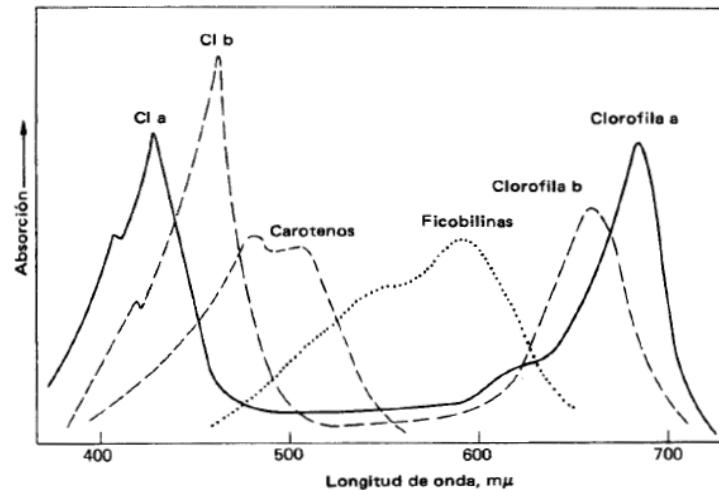


Ilustración 8. Espectros de absorción de algunos pigmentos fotosintéticos. Fuente: Bidwell, 1993.

La fotosíntesis es un conjunto de procesos biológicos en donde se pueden distinguir dos fases que se pueden explicar desde la presencia y la ausencia de la luz, a las que inicialmente se les llamó reacciones luminosas y no luminosas. El resultado neto de las reacciones fotosintéticas que se realizan en presencia de la luz es la separación de la molécula de agua H_2O en O_2 y H , la producción de Nicotiamida-Adenina Dinucleótido Fosfato ($NADPH_2$) a partir del $NADP$ y de ATP (adenosín trifosfato) proveniente del ADP (adenosín difosfato) y fosfato, todo a expensas de la energía luminosa absorbida por los pigmentos presentes en los cloroplastos (Greulach y Adams, 1980). Tanto el ATP como el $NADPH_2$ suministran la energía necesaria para provocar las reacciones que no necesitan estrictamente de la luz:

(...) la única reacción real que sucede en presencia de la luz es la absorción de energía luminosa por la clorofila; pero comúnmente, se usa esta expresión para referirse a todas las reacciones conducentes a la producción de O_2 , ATP y $NADPH_2$ en los cloroplastos (...). (Greulach y Adams, 1980)

Van Niel (1897-1985) en su trabajo con las bacterias sulfurosas purpúreas ya había contribuido en su momento a establecer que, así como estas podían liberar azufre a partir de la molécula de sulfuro de hidrógeno en presencia de la luz, las plantas verdes también llevaban a cabo la ruptura de la molécula de agua por efecto de la luz, en ese proceso que se denomina fotosíntesis:

(...) él pensó que la energía de la luz causaba la ruptura de la molécula de agua en hidrógeno y oxígeno, liberándose este último. Los átomos de hidrógeno podían usarse entonces para reducir el anhídrido carbónico¹³ compuestos ricos en energía durante las reacciones de obscuridad (...). (Baker y Allen, 1970).

Sin embargo, Van Niel se equivocó al sugerir que el agente reductor del dióxido de carbono era el hidrógeno, ya que en 1951 se descubrió que cuando los cloroplastos se exponían a la luz podían reducir NAD a NADPH₂, sin tener claro aún cómo sucedía este proceso entre los átomos de hidrógeno liberados a través de la ruptura de las moléculas de agua (Baker y Allen, 1970). Para explicar este proceso, se han propuesto dos reacciones en la luz bastante diferentes: una tiene que ver con una fotofosforilación o flujo de electrones acíclica o no cíclica en la que se produce O₂, ATP y NADPH₂; y otra, es fotofosforilación o flujo de electrones cíclica en la que solamente se obtiene como resultado ATP (como se muestra en la *ilustración 9*). Ambos tipos de reacciones es posible que se realicen en los cloroplastos y que las dos estén dirigidas por la energía luminosa absorbida por los pigmentos de los cloroplastos, que se puede explicar de la siguiente manera:

Cuando un fotón de energía luminosa es absorbido por una molécula de clorofila, uno de sus electrones es elevado a un nivel superior de energía, y este electrón de alta energía es transferido a una coenzima aceptora de electrones adecuada. El resto de la molécula de clorofila es ahora un ion cargado positivamente que puede aceptar otro electrón (Greulach y Adams, 1980).

¹³ En este texto se ha hecho referencia a dióxido de carbono en lugar de anhídrido carbónico.

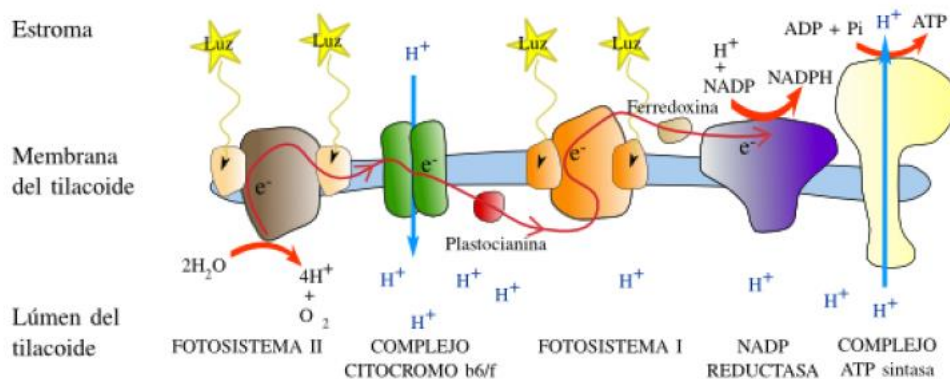


Ilustración 9. Esquema resumido de las moléculas que participan en la fase luminosa de la fotosíntesis. Todas están asociadas a la membrana de los tilacoides. Fuente: Megías, Molist y Pombal, 2022.

Cada fotón absorbido por una molécula de clorofila debe entonces ser recibido y transportado dentro del cloroplasto para completar las demás reacciones, fue así como en 1963 científicos de la Dupont aislaron de un tipo de bacterias anaeróbicas una proteína rica en hierro capaz de captar hidrógeno libre y de pasarlo a las reacciones reductoras en la síntesis de materiales nutritivos, a la cual le dieron el nombre de ferredoxina. La ferredoxina es el transportador de electrones más electronegativo que se conoce en relación con las reacciones de oxidorreducción de las células y se constituye en ese “algo” que recibe la energía de la luz absorbida por el cloroplasto en las plantas verdes (Baker y Allen, 1970).

Para comprobar que la ferredoxina era ese “algo” que faltaba, los Drs. Tagawa y Arnon (1962) tuvieron éxito en aislarla de forma reducida a través de la interacción de la luz y la clorofila en cloroplastos de espinaca y la expusieron posteriormente al NADP. Como lo habían pronosticado, la ferredoxina es el compuesto que acepta los electrones separados de la clorofila por la energía de la luz y es la encargada de reducir el NADP a $NADPH_2$ (Baker y Allen, 1970). En esa formación de $NADPH_2$ a partir del NADP y que hace parte de la

fotofosforilación o flujo de electrones acíclica o no cíclica, también se liberan dos iones de hidroxilo (OH^-) cada uno con un electrón sobrante. El Dr. Arnon y sus asociados han demostrado que la energía necesaria para separar los electrones de estos iones de OH^- también viene de la luz, y que además estos electrones vienen de la clorofila **b** producidos por la descomposición del agua (Baker y Allen, 1970).

Por su parte en la fotofosforilación o flujo de electrones cíclica, los cloroplastos aislados pueden producir grandes cantidades de ATP cuando están en contacto solamente con ADP, fosfatos inorgánicos y luz, así estos pueden convertir energía de la luz directamente en energía química del ATP. En este caso, los electrones retirados de la molécula de la clorofila por efecto de los fotones pasan de ferredoxina a plastoquinona y de allí al sistema de citocromos en el mismo cloroplasto, por lo que se le ha denominado como el corazón del proceso fotosintético, debido a que la producción de ATP compensa sobradamente la baja producción de ATP durante la fotofosforilación no cíclica, y el exceso que no se usa para dar mayor fuerza a las reacciones que no necesitan de la luz, se puede usar en otras actividades tales como la síntesis de disacáridos, almidón y proteínas (Baker y Allen, 1970).

Estos dos procesos del fotosistema II son esenciales para el desarrollo y mantenimiento de la vida sobre el planeta, porque a través de ellos es posible el aprovechamiento de la luz solar como fuente de energía, así como la existencia de una atmósfera rica en oxígeno molecular, necesario para los procesos oxidativos como la respiración en los seres vivos heterótrofos. Por su parte, el fotosistema I por su función enzimática se denomina plastocianina-ferredoxina, ya que interviene en la parte final de la transferencia electrónica

fotosintética tomando los electrones de la plastocianina y cediéndole la proteína presente en el estroma ferredoxina (Bidwell, 1993).

Fotólisis del agua

El proceso en el que la molécula del agua es descompuesta en sus elementos produciendo oxígeno molecular, es un punto especialmente importante y significativo en toda la cadena redox fotosintética que se produce en el interior del cloroplasto, a la que se le ha denominado fotólisis, en la que el oxígeno es liberado a la atmósfera a través de los estomas. Para que se produzca la oxidación del agua, se requiere de la extracción de cuatro electrones para formar una molécula de oxígeno (O_2), pero el fotosistema II proporciona las cargas positivas una por una, en la que separa una carga eléctrica por cada fotón absorbido en el centro de reacción (Azcón y Talón, 2013).

Para poder comprender la fotólisis, se hace necesario entonces comprender que en esta reacción se debe relacionar la producción de oxígeno con el consumo de electrones. Es decir, la oxidación de dos moléculas de agua provoca la liberación de una molécula de oxígeno y de cuatro protones, pero los análisis fisicoquímicos más actuales demuestran que este proceso se lleva a cabo químicamente en una sola etapa. Como es en una sola etapa, para los investigadores ha sido muy difícil de analizar, ya que se lleva a cabo con extraordinaria rapidez: cuando el fotosistema II se encuentra en el estado S3 y recibe un destello, la liberación del oxígeno se efectúa en unos milisegundos, por lo que entonces no ha sido posible descubrir ningún intermediario en dicha reacción (Azcón y Talón, 2013).

Fijación del Carbono

Los principales procesos de las plantas en los que se evidencia una transformación de energía, es en la fotosíntesis y la respiración. En la fotosíntesis el carbono es reducido de un bajo nivel de energía en el dióxido de carbono a un alto nivel de energía en el azúcar, y la energía requerida se obtiene indirectamente de la luminosa absorbida por los pigmentos de los cloroplastos (Greulach y Adams, 1980). Este dióxido de carbono presente en la atmósfera y que es absorbido a través de los estomas y fijado en los cloroplastos de las plantas constituye, junto con el hidrógeno procedente del agua y los elementos minerales absorbidos por las raíces, la base estructural del crecimiento de los vegetales (Azcón y Talón, 2013).

Como ya se había mencionado, la fotosíntesis a nivel bioquímico se puede resumir con la intervención de los siguientes compuestos: dióxido de carbono más agua y más energía luminosa transformada en ATP y NADPH, producen un mol de carbohidratos que le sirve de alimento a la planta y libera oxígeno al ambiente mediante la fotólisis del agua. Esta liberación de oxígeno se descubrió incluso antes de que Lavoisier (1743-1794) le diera este nombre, conclusiones a las que ya había llegado Stephen Hales (1677-1761) cuando intuyó que además del agua, las plantas se alimentaban del aire; Joseph Priestley (1733-1804) cuando demostró que efectivamente Hales estaba en lo cierto y las plantas se alimentaban de aire flogisticado, pero que además lo purificaban al producir oxígeno (Azcón y Talón, 2013).

Estas conclusiones a las que se había logrado llegar desde la experiencia y la experimentación, no fueron corroboradas sino hasta mediados del siglo XX cuando el mejoramiento de los instrumentos y las nuevas técnicas permitieron establecer y dilucidar

la ruta bioquímica de la asimilación del dióxido de carbono (Azcón y Talón, 2013). Estos nuevos experimentos, iniciaron con George Hevesy (1885 -1966) cuando introdujo marcadores como los isótopos radioactivos de plomo, que le permitieron trazar las vías a través de las cuales se movían los materiales de un lado a otro en las plantas (Baker y Allen, 1970). Sin embargo, el ciclo fotosintético en el que se explicó la reducción del dióxido de carbono fue esclarecido en los años 50 gracias al uso del carbono 14, en el que Melvin Calvin, Andrew Benson y James Bassham de la Universidad de California, lograron identificar la ruta del carbono en la fotosíntesis, para lo cual suministraron CO₂ marcado con el isótopo radiactivo a un cultivo de algas del género *Chorella* (Azcón y Talón, 2013).

Calvin y sus colaboradores, lograron descubrir la ruta completa de la asimilación del dióxido de carbono, incluyendo todos sus intermediarios, así como las enzimas que catalizan las distintas reacciones. La ruta, de forma muy reducida distingue tres fases:

1. La fijación del CO₂ tiene lugar gracias a la carboxilación de la ribulosa-1,5-bifosfato (RuBP).
2. La reducción del carbono fijado a hidratos de carbono, que requiere poder reductor y aporte de energía en forma de ATP, generados mediante la cadena de transporte electrónico y la fotofosforilación.
3. La regeneración de la RuBP, que también requiere un aporte energético dado por el ATP (Azcón y Talón, 2013).

Esta ruta, en la que se fija el carbono en la fotosíntesis, además de sintetizar carbohidratos en el cloroplasto, también posibilita la producción de algunos aminoácidos, ácidos grasos e isoprenoides, estos últimos comprenden algunas de interés esencial en el proceso como los carotenos y las xantofilas; y otros de importancia como el ácido

abscísico, las giberelinas o algunos esteroides cumplen funciones hormonales muy importantes en las plantas (Azcón y Talón, 2013).

Los procesos descritos, tales como el transporte de electrones, la fotólisis del agua y la fijación del carbono, y que se llevan de forma simultánea en las partes verdes de las plantas durante la fotosíntesis, influyen directamente en la aparición de las estructuras de las plantas y en el crecimiento de estas, sobre todo en el papel que juegan las células y los tejidos de crecimiento. A continuación, se profundiza en el tipo y estructura de los tejidos, así como en los procesos de diferenciación celular que dan lugar al aumento de tamaño, que en efecto ha sido la forma como se describe el crecimiento de todos los organismos vivos.

EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

Todos los organismos aumentan de tamaño durante sus vidas, es ley general, y a este fenómeno se le llama crecimiento. Las plantas en particular continúan creciendo durante toda su vida, por lo que se puede decir que el crecimiento es el resultado de un aumento en las moléculas estructurales a tal velocidad, que es capaz de sobrepasar la velocidad con la que se destruyen. Es decir, que, durante los periodos de crecimiento, los procesos de síntesis ocurren en mayor proporción que los procesos de degradación. Mientras que los organismos unicelulares crecen cuando aumenta el tamaño de su única célula; en los organismos multicelulares, es el resultado de un aumento en el tamaño individual de las células o de un aumento en el número de células, o de ambos procesos a la vez (Baker y Allen, 1970).

Partiendo de la definición anterior, en el presente apartado del capítulo, se abordarán los tejidos de crecimiento, la diferenciación y elongación celular y el papel de las hormonas.

Tejidos de crecimiento

Uno de los procesos que dio paso a la evolución de las formas de vida superiores fue la unión de células para formar grupos entre ellas, y estos conjuntos de células con características similares permitió la diferenciación y especialización de las células. De esta forma, un grupo de células se especializan para la protección, otro para el transporte de alimentos y materiales de desecho, otro para la percepción del medio que las rodea, otras para el movimiento, otras para la reproducción, y así sucesivamente (Baker y Allen, 1970). La unión de estos grupos de células forma cuatro tipos específicos de tejidos, pero en esta profundización se hará referencia a aquellos que están en función del crecimiento: los tejidos meristemáticos.

Los tejidos meristemáticos, constituyen la región de crecimiento en la planta, las cuales, a diferencia de los animales, crecen longitudinalmente solamente en sus extremidades. Por esta razón, este tipo de tejidos solo se encuentran en los extremos de las ramas, conocido como meristemo apical; y de las raíces, que se considera como la región embrionaria. No obstante, la planta también puede crecer en diámetro y este tipo de crecimiento se lleva a cabo por medio del meristemo lateral, que se caracteriza por ser una capa delgada de células a partir de la cual se forman, tanto hacia la parte interna como hacia la parte externa, las células del tallo y la raíz; y estas células, a su vez pueden entonces diferenciarse en otro tipo de tejido (Baker y Allen, 1970).

Una de las características de este tejido, es que sus células constantemente se están dividiendo, por lo que su velocidad metabólica es mucho más alta que la de las células de otros tejidos vegetales. En consecuencia, a este comportamiento, las células meristemáticas deben permanecer lo suficientemente pequeñas para mantener una alta relación entre el área superficial y el volumen de la unidad celular (Baker y Allen, 1970).

Diferenciación y elongación celular en el crecimiento de las plantas

Partiendo de que el crecimiento se define como un incremento irreversible en tamaño o volumen, para el caso de las plantas este se produce, fundamentalmente, a través del alargamiento o expansión celular. Aunque algunos investigadores sugieren que la división celular es un proceso distinto que acompaña al crecimiento en los tejidos meristemáticos, es más correcto considerar que el crecimiento incluye tanto la división como la expansión de las células, en otras palabras, el crecimiento continuado de las plantas requiere una asociación espaciotemporal de divisiones y expansiones celulares.

Por su lado, la división celular no se puede asociar a un mecanismo de crecimiento, ya que no conduce necesariamente a un incremento en el tamaño global de la estructura implicada, y en cambio, la expansión de las células individuales siempre produce un crecimiento. Durante el crecimiento, las células se expanden siguiendo una dirección predeterminada, es decir, se elongan, lo que implica la existencia de mecanismos capaces de establecer polaridad celular antes de que se inicie su elongación.

Otro factor que condiciona el crecimiento de las células vegetales, y por tanto el de todos los órganos de la planta, es la rigidez de la pared celular, puesto que durante la elongación la pared celular primaria pierde parte de su rigidez y se extiende gracias a la

fuerza generada por la presión de turgencia, es decir, la entrada de agua a través de las raíces también permite que se incremente el volumen celular.

La elongación celular, que permite el crecimiento de los diferentes órganos de las plantas, está regulada por diversos factores, entre los que se encuentran la división celular, la expansión de las células, y, además, la inclusión de algunas hormonas vegetales, como el proceso de activación de las expansivas, proteínas presentes en las paredes de las células de los órganos que se encuentran en crecimiento, promoviendo de esta manera la pérdida de rigidez de las paredes celulares (Azcón y Talón, 2013).

En cuanto a la división celular de las plantas, esta reside en el ciclo celular, que se define como la secuencia de eventos bioquímicos y morfológicos (síntesis de ADN y replicación de los cromosomas, mitosis y citocinesis) que conducen a la generación de dos células hijas. Cuando las células se dividen repetidamente, hay un intervalo de tiempo entre cada evento mitótico, es decir, existen tres interfases que están delimitadas principalmente por la síntesis de ADN: 1. Fase de presíntesis o G1; 2. Fase de síntesis de ADN o fase S; y 3. Fase de postsíntesis o G2; las cuales además están reguladas por controles internos y externos.

En el caso específico de las plantas, existen como mínimo dos puntos de control interno: el primero se sitúa en la transición entre las fases G1 y S, y determina si la célula inicia una nueva replicación de ADN o abandona el ciclo; y el segundo se sitúa en la transición entre las fases G2 y M, y determina si las células entran o no en mitosis. El ciclo celular también está bajo el control de una serie de señales externas, como hormonas, azúcares e inhibidores, que determinan cuándo y dónde deben realizarse las divisiones celulares (Azcón y Talón, 2013).

La división celular y la frecuencia con la que se realiza está controlada por el tamaño de las propias células, puesto que estas solo se dividen cuando alcanzan un volumen

predeterminado. Es decir, las células más voluminosas son las que entran en mitosis antes que la de menor tamaño, de esta forma, si se asume como válido este mecanismo de control, puede sugerirse que la ruta por defecto de las células capaces de elongar es la división celular. El crecimiento, por sí mismo, no produce un cuerpo organizado, entonces, para que este se desarrolle es necesario que, durante la división celular, las células se especializan y lleguen a ser estructural y funcionalmente diferentes.

El conjunto de episodios y cambios que hacen posible la especialización celular se denomina diferenciación, y básicamente, en las células depende de la expresión diferencial del material genético. Las células diferenciadas retienen, por tanto, toda la información necesaria para generar una planta completa, es decir, son totipotentes, una propiedad muy poco frecuente en las células animales. Aunque en ciertos casos puede haber crecimiento sin diferenciación, y viceversa, lo usual es que ambos procesos tengan lugar en íntima asociación. De hecho, se puede decir, que el desarrollo de un cuerpo organizado depende de la integración del crecimiento y la diferenciación (Azcón y Talón, 2013).

Hormonas en el crecimiento de las plantas

En las plantas, la coordinación de actividades como el crecimiento, es producida por agentes químicos que se conocen como hormonas. Las hormonas son las responsables básicamente de afectar ciertas reacciones químicas o de alterar ciertas moléculas que se encuentran en el interior de la célula. En las plantas y algas, se pueden encontrar principalmente dos tipos de hormonas: las auxinas y las giberelinas. La importancia de estos dos grupos de hormonas, aunque fueron descubiertos casi por casualidad, radica en

que influyen activamente en los procesos que regulan el crecimiento de la mayoría de las plantas (Baker y Allen, 1970).

En primer lugar, las auxinas son sustancias poco comunes, que, si se encuentran en concentraciones muy bajas, pueden promover el crecimiento; pero, si se encuentran a concentraciones muy altas, actúan de forma contraria e inhiben el proceso. Esta cualidad de las auxinas se fue interpretando con algunos trabajos experimentales, como el realizado en 1880 por Charles Darwin y su hijo Francis (como se muestra en la *ilustración 9*), el cual se realizó por el interés de descubrir por qué las plantas en crecimiento siempre se dirigen hacia una fuente de luz. Darwin y su hijo, usaron plántulas del pasto canario y organizaron varios grupos experimentales, uno de control y otros con algunas variaciones relacionadas directamente con la condición ecológica de la luz, para lo cual se cubrieron la punta de los tallitos con láminas delgadas de metal (como se muestra en la *ilustración 10*), y las cuales se colocaron cerca de una ventana de tal manera que recibieron la luz desde una sola dirección (Baker y Allen, 1970).

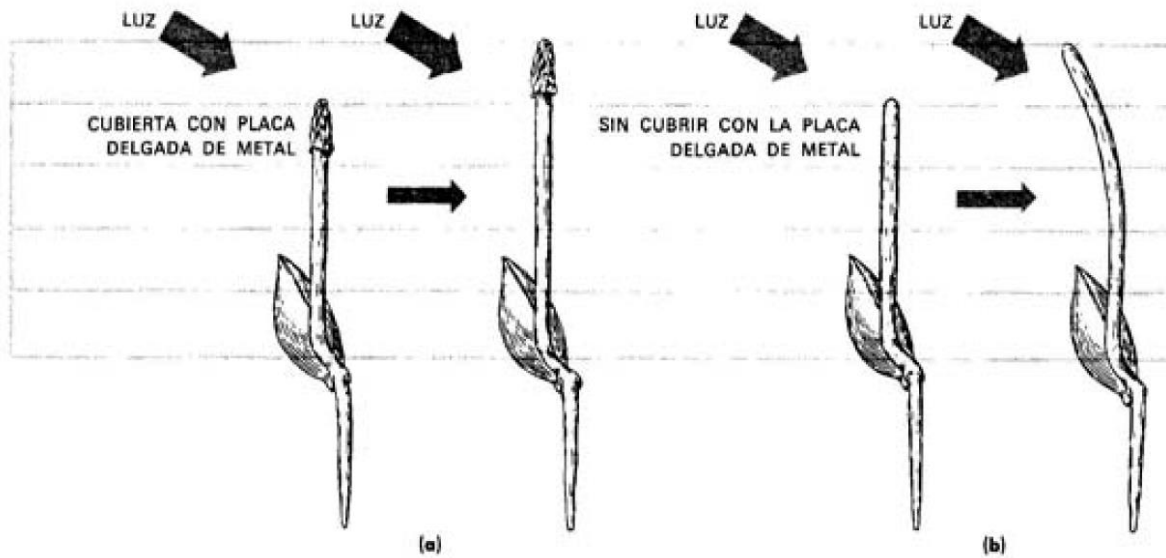


Ilustración 10. Primer experimento de Darwin y su hijo, en la que se muestran los efectos de las respuestas de las plántulas a los efectos de la luz. Fuente: Baker y Allen, 1970.

Los resultados aportaron mucho en cuanto a los efectos que tiene la luz en el crecimiento de las plantas, puesto que al cabo de unos días observaron que las plántulas que no tenían cubierta la punta del tallo habían crecido hacia la luz; pero las plantas que estaba cubiertas con la lámina de metal habían crecido con el tallo recto, sin mostrar respuesta alguna a este estímulo externo. Darwin y su hijo, lograron deducir con claridad que las puntas de la planta tenían algún tipo de influencia en la determinación de la reacción de la luz, pero no comprendía cómo se producía esta influencia (Baker y Allen, 1970).

Sin embargo, estudios posteriores permitieron identificar y esclarecer que el crecimiento de las plantas está fuertemente influenciado por los estímulos externos, los cuales se denominan tropismos. Un determinado tropismo recibe su nombre según el tipo de estímulo que contenga. Así, la respuesta de las plantas a la condición ecológica de la luz se conoce como fototropismo; la respuesta a la gravedad se conoce como geotropismo; y a una sustancia química es quimiotropismo (Baker y Allen, 1970). Para el caso del siguiente

trabajo, se profundizará en las respuestas de la planta a los efectos de la luz, información que se tendrá en cuenta en el capítulo del diseño de la ruta de intervención en el aula, para estructurar la fase de artificialización de la experiencia.

Se han realizado varios estudios a lo largo de los años que tienen que ver con el comportamiento de las plantas por influencia de la luz, es decir, con el tropismo. Uno de los experimentos más interesantes y concluyentes fue el de Fritz Went (1903-1990), quien descubrió que, si se le quita la punta del tallo de las plántulas de avena, este deja de crecer; pero si se coloca de nuevo la punta en el tallo cortado, el crecimiento continuará. Este comportamiento de las plantas le permitió a Went suponer que existe una sustancia reguladora del crecimiento de los tallos que, si bien se produce en las puntas, este también es transmitido desde allí hacia las partes bajas del tallo. Este trabajo, junto con el aislamiento químico y el análisis del ácido 3-indolacético, dio paso al descubrimiento de las auxinas, el cual además abrió un nuevo campo de estudio en la biología: las hormonas de las plantas (Baker y Allen, 1970).

Uno de los investigadores recientes que ha estudiado los efectos de la luz y otros estímulos sobre las respuestas del crecimiento de las plantas, fue K.V. Thimann (1904-1997), quien demostró que una planta cuando crece en la oscuridad o se ilumina igualmente por todos los lados, distribuye auxinas desde la punta del coleóptilo en una manera simétrica, es decir, cuando este se expone a una luz unidireccional, hay una redistribución de auxinas (Baker y Allen, 1970).

Otro grupo de hormonas, no menos importantes, es el de las giberelinas. Igual que Darwin y su hijo descubrieron las auxinas por observación casual, ocurrió lo mismo con estas hormonas, cuando un granjero japonés, cultivador de arroz, noto que algunas plántulas que crecían en los campos eran demasiado largas, y que este tamaño se debía

principalmente debido a que estaban infectadas con un hongo, que recibió el nombre de *Gibberella fujikurii*. Este hongo es posible aislarlo de las plantas infectadas y luego cultivarlo en un medio artificial. Si se colocan algunas gotas del medio de cultivo donde se desarrolla este hongo, a las plantas de arroz sanas, se produce el alargamiento en estas; es así, cómo se produce un agente activo llamado *ácido giberélico*, que se determinó en el año 1955, y que en pequeñas cantidades actúan produciendo efectos de alargamiento en las plantas (Baker y Allen, 1970).

CAMBIO Y ORGANIZACIÓN: ELEMENTOS DE COMPLEJIZACIÓN DE LA RELACIÓN EN TORNO A LA FOTOSÍNTESIS Y EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

Partiendo de la concepción que la fotosíntesis es ese fenómeno por el cual la planta toma los nutrientes del medio y que como resultado conlleva a la producción de carbohidratos y proteína, sería difícil entonces no reconocer su importancia en la naturaleza, puesto que en palabras de Gerrit Jan Mulder (1802-1880), la combinación de estos elementos forja la arquitectura de los seres vivos, está entonces no se podría desligar del proceso de crecimiento de las plantas, ya que además como lo mencionaba Justus von Liebig (1803-1873):

Hay que admitir como ley demostrada por la experiencia que las plantas elaboran combinaciones proteicas que la fuerza vital modela, bajo la influencia del oxígeno atmosférico y de los principios del agua, para crear todos los innumerables tejidos y órganos de la economía animal. (Liebig, citado por Jacob 1999)

Esta creación de tejidos y órganos internos que presentan elongación celular a través del tiempo y que en consecuencia genera cambios en las estructuras externas de la planta, no se

podría llevar a cabo sin una organización y por ende en la complejidad de sus relaciones, tal y como lo menciona François Jacob¹⁴, cuando se refería a que la superficie de un ser está dominada por la profundidad, y los órganos visibles por funciones invisibles. Lo que rige la forma, las propiedades y el comportamiento de un ser vivo es su organización.

En los dos apartados anteriores se hizo referencia a las estructuras y las sustancias que hacen posible la fotosíntesis y el aporte de esta al crecimiento de las plantas, entendiéndose este último como un aumento de masa y tamaño de sus estructuras, que esta mediado por el tiempo y que experimenta cambios en su organización interna, que es lo que el ojo humano ve reflejado en la organización de sus estructuras externas. Buffon (1818), consideraba que esta organización se da por una combinación de unidades elementales que necesitan de la intervención de una “*memoria*” que guíe la orientación de estas partículas y que, así como se necesitan de moldes a partir de los cuales se forman las estructuras visibles, también se necesitan de unas plantillas que den la forma interior, a los cuales denominó *moldes interiores*: la reproducción de los seres vivos exige lo que Buffon llama un molde interior, único medio para imitar el interior de los cuerpos (Buffon, 1818 citado en François 1999).

Buffon con su idea del molde interior, da paso a la explicación de que no solo existe un molde que diseña la superficie externa producto de una huella que se da generación tras generación, sino que también existe una superficie interna que ya obligatoriamente debe relacionarse con la masa de los seres vivos, y que la materia que es usada para el crecimiento de sus partes debe penetrar en el interior de cada una según un cierto orden y una medida muy específica, de tal manera que no llegue más materia o sustancia a un punto del interior que otro (Buffon, 1818 citado en François 1999). En este sentido, el

¹⁴ Jacob, Francois. 1999. La organización en La lógica de lo viviente.

exceso o deficiencia de materia en alguna de las partes, provocaría la desaparición o aparición de nuevas estructuras, haciendo entonces que el molde exterior, heredado de padres a hijos, sufriera cambios en una sola de sus partes, lo que se puede relacionar también con el pensamiento según el cual las partes internas de los seres funcionaban cada una por aparte, y que las consecuencias de esos cambios sólo se verían reflejados en la parte afectada.

La idea de que un ser vivo no representa una simple unión de partes u órganos que funcionan cada una por separado y de manera autónoma, sino que cada una depende de otra para desempeñar una función en particular, empieza a tomar fuerza con los análisis de Lavoisier (1743-1794), quién le da mayor importancia a los órganos y su funcionamiento, más que a la estructura o al molde externo, atribuyéndole grandes funciones a estos para satisfacer las necesidades de los organismos (François, 1999). Se puede decir que lo que nuestros ojos son capaces de observar a simple vista, son la consecuencia de ese plan de organización interno que le permite al organismo mantenerse con vida y, por ende, llevar a cabo todos sus procesos fisiológicos, físicos y químicos, posibilitando su desarrollo y coordinación en el mismo espacio, diferenciando sus estructuras y persistiendo en sus funciones (François, 1999).

Es así como el crecimiento, para el caso específico de las plantas, no se puede concebir de manera aislada y sin hacer referencia a la fotosíntesis, ya que este proceso tan complejo no solo radica en la definición ambigua de fabricación de nutrientes por parte de la planta, si no que abarca un conjunto de procesos que si bien no solo se encierran en la nutrición, de manera paralela contribuye al desarrollo y crecimiento del organismo, a partir de esa organización que da a los seres vivos la ley interna que rige la posibilidad misma de su

existencia (François, 1999). Es así como para su estudio, y como ya lo mencionó Buffon, la planta no es solo lo que nuestros ojos pueden observar a simple vista en cuanto a sus estructuras externas, sino que existe un molde interior y en este se llevan a cabo unos procesos bioquímicos de crecimiento, que son los que posibilitan que la planta tenga la apariencia que aparece ante nuestra vista.

LA FOTOSÍNTESIS Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS COMO PROBLEMA DE CONOCIMIENTO

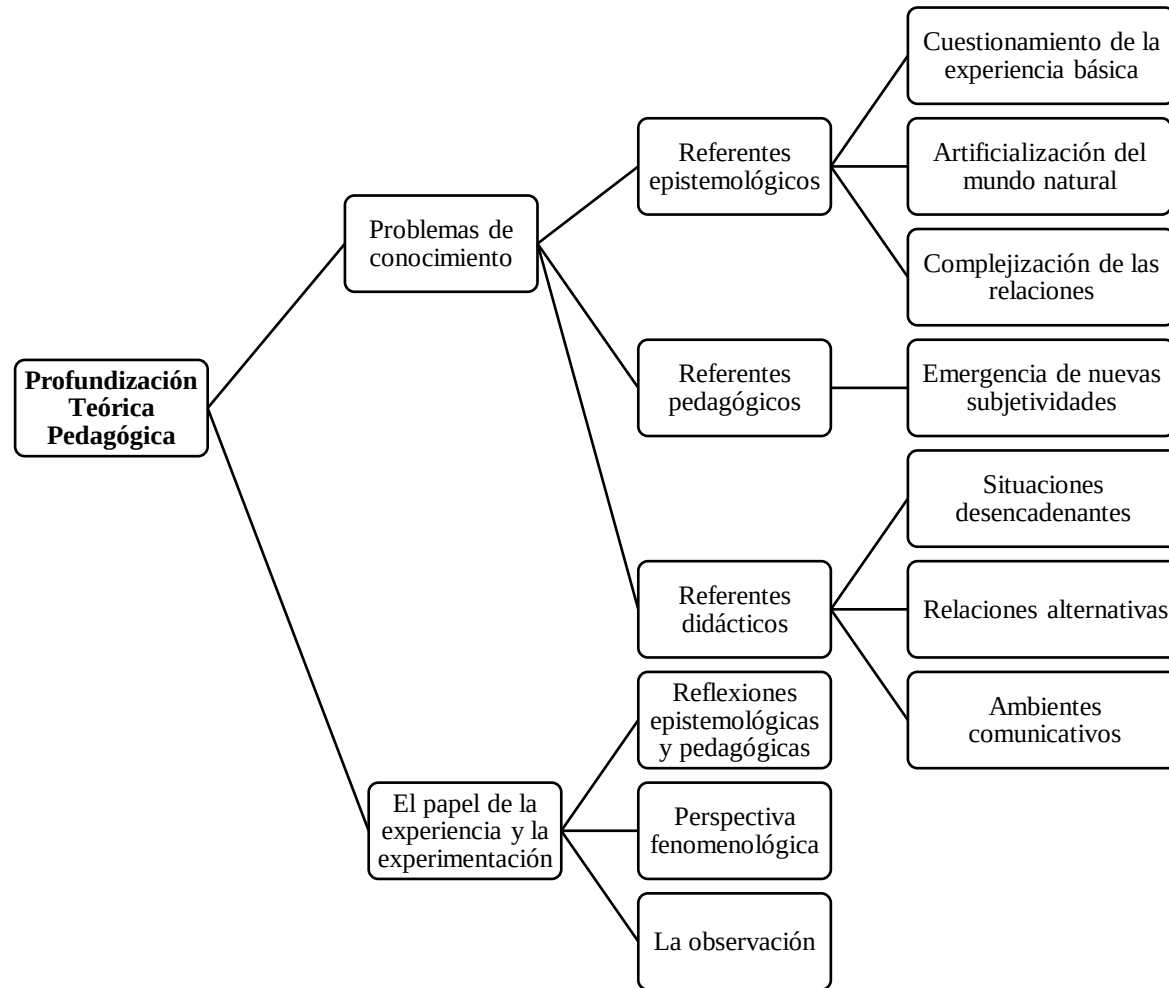
Para la estructuración del capítulo de profundización teórica pedagógica, se recogieron algunos elementos que se tuvieron en cuenta para el trabajo de grado de la especialización ya mencionado, haciendo especial énfasis en la categoría de Problemas de Conocimiento propuesta por Valencia et al., (2003), en la que se retoman aquellos fundamentos cruciales y esenciales para la elaboración de la cartilla como una propuesta alternativa de aula en la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas. Como se mencionó en el contexto problemático, la enseñanza de la fotosíntesis en la *educación básica primaria* pocas veces o nunca está relacionada con el crecimiento de las plantas desde una mirada micro sino solamente desde una mirada macro, en la que se le atribuye al primer proceso, visto este desde la función de nutrición, el aumento de tamaño y volumen de las estructuras externas de las plantas.

En este sentido, es una práctica generalizada en el aula, abordar la fotosíntesis en la *básica primaria* casi siempre a través de la siembra de una semilla y la germinación de la misma en un determinado periodo de tiempo, sin mencionar quizás esos procesos que se llevan a cabo en las estructuras internas de la planta que participan del aumento de tamaño de sus estructuras externas, en ese evento al que se le ha denominado crecimiento, y a partir

del cual se pueden identificar los cambios que presentan las plantas. El estudio de estos procesos de la planta se ha venido transformando durante la segunda mitad del siglo XVIII y principios del siguiente, en el que el análisis y la comparación no se ejercen solamente sobre los elementos que componen los objetos, sino sobre aquellas relaciones internas que se establecen entre dichos elementos (François, 1999).

Bajo esta perspectiva, y partiendo de los retos que conlleva al maestro la enseñanza de aquellos procesos internos que no pueden ser observados a simple vista por los estudiantes, se concibe a la fotosíntesis como un Problema de Conocimiento que aporta a la comprensión del crecimiento en plantas, en el que a partir del cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones, es posible la construcción de explicaciones a eventos naturales presentes en el contexto inmediato y como una categoría alternativa para dar cuenta de su complejo devenir (Valencia, et al., 2003).

Con base en lo anterior, se plantea una profundización teórica pedagógica basada en dos aspectos principales, de los cuales se derivan aquellos que justifican el diseño de la propuesta de intervención en el aula: los Problemas de Conocimiento, y el papel de la experiencia y la experimentación, tal y como se muestran en el *esquema 3*.



Esquema 3. Estructura general de los elementos que constituyen la problematización de la fotosíntesis y su aporte para la comprensión del crecimiento en plantas.
Fuente: elaboración propia.

Lo que sabemos del mundo, no es más que las representaciones que nuestra mente hace de lo que observamos, tal y como lo menciona Morin (1996), haciendo referencia a que lo que vemos del mundo son traducciones que nuestra mente hace del mundo, a partir de un complejo proceso de traducir la realidad en representaciones, conceptos, ideas, y finalmente, en teorías. Es así como el sentido y significado que asignamos al mundo está en relación con la representación que construimos de él a partir de nuestras vivencias (Valencia, et al., 2003). Partiendo de la necesidad de estudiar cómo los estudiantes construyen su realidad a partir de sus representaciones, emerge la categoría de **Problemas de Conocimiento** como una propuesta de enseñanza del grupo de investigación Eco-Perspectivas del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, desde la cual se concibe a la ciencia como una actividad de construcción de representaciones del mundo natural y social (Valencia, et al., 2003).

Las representaciones que construye la mente a lo largo de su historia de vida, están principalmente permeadas por un tipo de actividad que está social e históricamente legitimada, y a partir de la cual además se estructura un conocimiento concebido como una actividad de la cultura, y la ciencia como la construcción de explicaciones (Valencia, et al., 2003), a aquellas situaciones de ese entorno particular en el que el ser humano está inmerso desde el mismo día de su nacimiento y por el cual está permeado en todas las etapas de su vida. Es así, como cada vez se hace más necesario para los docentes partir de las representaciones que los estudiantes tienen sobre un tema en particular, con el objetivo de diseñar propuestas de intervención en el aula que les permitan a estos vivenciar esas experiencias de construcción de conocimiento y al docente comprender los procesos pedagógicos implicados en dicha construcción (Valencia, et al., 2003).

Abordar la fotosíntesis en el aula con estudiantes de *básica primaria*, puede resultar elemental y/o básico, por relacionarla únicamente con aquel proceso que realiza la planta para “*fabricar su propio alimento*”, pero sin llegar a profundizar quizás en aquellos aspectos más complejos que implican una serie de procesos bioquímicos a nivel de estructuras internas como la célula, los tejidos y las hormonas que intervienen. Y no es de esperar que se pueda ahondar en estos procesos internos que realiza la planta, puesto que los estudiantes suelen dar cuenta de lo que logran observar a simple vista como que la planta sea verde o que crezcan sus partes; o lo que puedan interpretar de las representaciones que otras personas han observado y han plasmado en los libros de texto, y en consecuencia su mente ha logrado interpretar y traducir.

Con respecto a lo anterior, es de resaltar un estudio realizado por Charrier, Cañal y Rodrigo (2006), en el que analizaron los resultados de investigaciones con respecto a las concepciones de los estudiantes en relación con la fotosíntesis, el cual mostró que sus definiciones guardan escasa relación con un saber construido desde la escuela, y que más bien es producto de un saber común, puesto que muchos de ellos por lo general mencionan que las plantas realizan la fotosíntesis para crecer y vivir, y la mayoría desconoce la función de la hoja y por ende el de la clorofila contenida en la célula. Otros tantos, desconocen si las plantas necesitan de la luz y aquellos que la mencionan, le atribuyen funciones como: vivir, crecer, tener buena salud, y dar color a la planta.

Ese saber común que adquiere el ser humano desde sus primeros años, en realidad son esas acciones que este repite durante toda su vida y que pasan de generación en generación, asegurándose habilidades y una información adecuada, sin el beneficio de una educación científica y sin la adopción premeditada de modos científicos de procedimiento (Nagel,

1981). Es de esta manera, como la imagen que se tiene de la ciencia con respecto a un conocimiento complejamente elaborado, se presenta ahora como una actividad de construcción de representaciones del mundo natural y social, que se enriquece desde los múltiples espacios de significación que elabora en su proceso histórico individual y colectivo. Este saber común proviene principalmente de la experiencia básica, que es esa primera aproximación que tiene el ser humano a los eventos del mundo natural y social, y que en esencia le permite sorprenderse con aquello que le parece novedoso, inquietarse con lo desconocido y maravillarse de todo lo que le rodea (Valencia, et al., 2003).

El papel de la experiencia y la experimentación

A esta experiencia básica le sigue ese interés del ser humano por imponer condiciones al mundo natural e interrogarlo para obtener más información de él, a partir de su artificialización, es decir, construir el fenómeno en la medida que éste dé cuenta de aquellas condiciones que permiten su existencia, de las variables que determinan sus cambios y de los procesos que lo constituyen (Valencia, et al., 2003). Es así como se puede entender que el fenómeno no existe en sí mismo, sino que es el sujeto el que lo construye a partir del desarrollo de procesos de formalización conceptual a través de la organización de una serie de experiencias y observaciones intencionadas, y de una descripción detallada de este, que a su vez está imbricada en la actividad experimental (Sandoval, et al., 2018). De esta manera se hace necesario como parte de la propuesta de intervención en el aula, proponer actividades, diseñar experimentos, simular situaciones, acuñar conceptos, anticipar eventos, elaborar generalizaciones y definir criterios metodológicos que enriquezcan las explicaciones al fenómeno estudiado (Valencia, et. al, 2003).

Tal y como lo propone Sandoval (et al., 2018), la actividad experimental se ha constituido en parte estructurante de los procesos de conceptualización para la enseñanza de las ciencias y en ese mismo sentido, los procesos de su formalización que permiten abordar las situaciones del entorno natural y social, desde la construcción de un conocimiento más elaborado, que posibilite ampliar la experiencia y, por ende, dinamizar la teorización de esta. Es así como para la propuesta de intervención en el aula del presente trabajo, si bien se parte de la experiencia básica del estudiante, se pretende que esta sea artificializada desde el desarrollo de ciertas actividades experimentales, que les permitan observar e interpretar lo desconocido a partir de las representaciones que sus mentes hacen de la realidad, en un proceso de complejización de relaciones para concebir el fenómeno desde una dimensión compleja, que implique cambios en las formas de mirar, de pensar y de hacer, diferentes a las ya conocidas por el sujeto (Valencia, et al., 2003).

Al artificializar un evento natural, imponer condiciones y estudiarlo con la rigurosidad que este requiere, es decir, al tomar registros y hacer descripciones muy detalladas de los cambios que ocurran en este, el sujeto logra construir el fenómeno desde una dimensión más compleja, desintegrando un pensamiento simplificador e integrando uno nuevo, aspirando a un conocimiento multidimensional, en el que se puedan articular dominios disciplinares que se configure desde la tensión permanente entre la aspiración a un saber no acabado, no parcelado y no reduccionista (Valencia, et. al, 2003).

Es así como el sujeto logra complejizar las relaciones, al integrar los saberes previos con la emergencia de unos nuevos, que le posibiliten construir un conocimiento más elaborado y próximo a la rigurosidad de uno científico, esto a partir de las relaciones que pueda establecer con su contexto, en específico aquellas que tienen que ver con: **las relaciones**

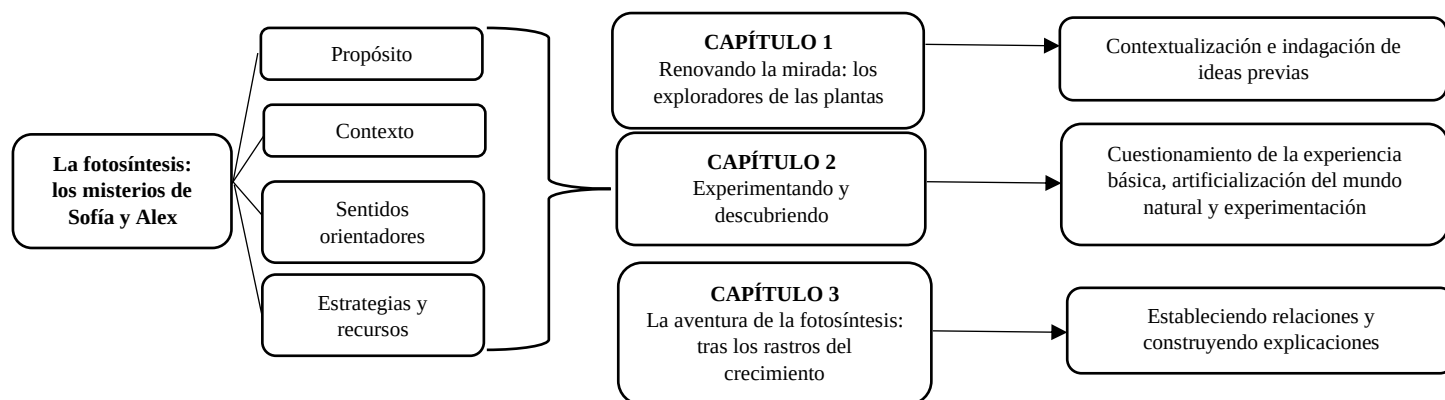
alternativas con la información, como aquella que amplía las experiencias y enriquecer las explicaciones; ***las relaciones alternativas con los otros*** que le permite al estudiante concebir al otro como un compañero de viaje en la actividad de conocer y con el que puede intercambiar pensamientos; ***las relaciones alternativas con el entorno natural***, para dejarlo de ver como un recipiente en el que ocurren eventos y se empieza a ver como un sistema de relaciones del cual somos emergentes; y por ultimo establecer ***relaciones alternativas con la experiencia***, desde la cual se fortalezca la inquietud por conocer e indagar aquellos que parece incomprensible.

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN EL AULA: LA FOTOSÍNTESIS: LOS MISTERIOS DE SOFÍA Y ALEX

La propuesta de intervención en el aula presentada a continuación es el resultado en primer lugar, de la formulación de un contexto problemático, a partir del cual se evidencian las dificultades presentes en las prácticas frecuentes de aula con respecto a la enseñanza de la fotosíntesis y cómo esta se muestra como un proceso de nutrición de las plantas, pero que rara vez se relaciona con la incidencia de este en el crecimiento de las plantas, influenciado además por las condiciones ecológicas en las que se encuentren presentes. Con referencia a este contexto problemático, se realiza, entonces, un ejercicio de profundización teórica en lo disciplinar y en lo pedagógico, que contribuye al diseño de la ruta, que tiene como objetivo relacionar la fotosíntesis como objeto de estudio de la biología y como Problema de Conocimiento que aporta a la comprensión del crecimiento en plantas con estudiantes de *básica primaria*.

Este ejercicio de profundización permitió a la docente establecer una serie de reflexiones en torno a la problemática planteada y en este sentido a la construcción de la propuesta de la definición de criterios contemplados en el diseño de la ruta **“La fotosíntesis: los misterios de Sofía y Alex”**, de la cual además se derivó una cartilla con el mismo nombre (ver anexo 1), a partir de la cual se orienta la implementación de una serie de actividades con los estudiantes de *básica primaria*, con el objetivo de que estos logren establecer relaciones entre la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, a través de la observación de los cambios en sus estructuras macroscópicas en un tiempo determinado, donde se involucren montajes experimentales que permitan comprender esos cambios también desde

sus estructuras microscópicas. En el *esquema 4*, se establecen los principales elementos que posibilitan la construcción de la presente propuesta de intervención en el aula.



Esquema 4. Elementos que estructuran la construcción de la propuesta "La fotosíntesis: los misterios de Sofía y Alex".
Fuente: elaboración propia.

CONTEXTO INSTITUCIONAL

La propuesta de intervención en el aula aquí presentada, además de tener su origen en las problemáticas evidenciadas en las prácticas frecuentes de aula para la enseñanza de las ciencias y de las proyecciones establecidas en el trabajo de especialización (mencionado en capítulos anteriores), también procede de las reflexiones en los diferentes espacios académicos de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales y de las discusiones entabladas en los encuentros con las asesoras, en donde se estructuró toda la ruta, teniendo en cuenta precisamente las particularidades del contexto institucional en el que se desempeña la docente.

Esta propuesta de intervención en el aula está proyectada para estudiantes de *básica primaria* de la Institución Educativa Departamental Tibaitatá, Sede Cortijo, del municipio de Madrid, Cundinamarca. Un municipio que se caracteriza por una actividad económica basada principalmente en el cultivo de flores en invernadero, razón por la cual muchos de

los estudiantes tienen un saber común con respecto al crecimiento de plantas bajo condiciones ecológicas controladas en espacios cerrados. Además, aunque Madrid es un municipio muy cercano a la capital, las condiciones ecológicas son más variables durante el día, en las que se presentan fuertes heladas en las noches y las madrugadas; y altas temperaturas al medio día.

Partiendo de estas particularidades del contexto inmediato y de la infraestructura con la que cuenta el colegio, se diseña un material educativo que responde a las necesidades y los conocimientos previos de los estudiantes, pero también a los requerimientos de las mallas curriculares y planes de estudio dispuestos por el colegio, en los que se establecen los mínimos básicos que debe tener un estudiante en cada uno de los cursos, esto basado en los DBA indicados por el Ministerio de Educación Nacional. Con referencia a esto y luego de la revisión de estos documentos públicos, se recomienda que el material sea principalmente utilizado en los cursos de tercero a quinto, puesto que es en estos donde se abordan los conceptos y procesos llevados a cabo en la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, abordado el primero desde la nutrición y el segundo desde el concepto de germinación de las semillas.

Las actividades propuestas en la cartilla generan espacios de reflexión, en el que, por un lado, le posibilita al docente abordar los procesos que se dan en la fotosíntesis desde los experimentos comunes de la siembra de semillas, con el objetivo de evidenciar los cambios de las plantas en un espacio y tiempo determinados, pero a través de toda una ruta de actividades que implican muchas más experiencias relacionadas entre sí, que relacionen a la fotosíntesis con el crecimiento de las plantas. Y, por otro lado, le permite al estudiante a

partir de prácticas sencillas de laboratorio conocer e identificar algunas de las estructuras internas que participan del proceso.

SENTIDOS ORIENTADORES DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN EL AULA

Los sentidos orientadores bajo los cuales se proyecta la siguiente propuesta de intervención en el aula, tienen que ver principalmente con el diseño de actividades para la enseñanza de las ciencias, en donde se tengan en cuenta los intereses de los estudiantes, las motivaciones que permiten definir las temáticas y las situaciones problema a trabajar (Valencia, et al., 2003). Es así como la estructuración de esta propuesta que surge de las preocupaciones y un ejercicio reflexivo de la docente, se justifica desde unos referentes epistemológicos, pedagógicos y didácticos, los cuales generan espacios donde se posibilite el cuestionamiento de la experiencia básica que conlleve a la construcción de explicaciones a partir de las relaciones que los estudiantes tengan con el mundo, las relaciones con los otros y las relaciones con su entorno inmediato, y que les permita entonces concebir a la ciencia como una actividad de la cultura y no como una actividad aislada de su contexto inmediato.

Es así como esta propuesta de intervención en el aula se estructura principalmente desde dos aspectos: los Problemas de Conocimiento en los que entra en juego el cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural, y la complejización de las relaciones; y el papel de la experiencia y la experimentación que involucra reflexiones epistemológicas y pedagógicas desde una perspectiva fenomenológica. Durante su implementación, es importante que el docente reconozca la complejidad y las particularidades en que se llevan a cabo las actividades del aula, y que de esta manera

pueda delimitar algunos criterios de actuación y unas formas de trabajo que posibiliten la construcción de explicaciones en torno a la fotosíntesis como un Problema de Conocimiento que aporta a la comprensión del crecimiento en plantas. Lo anterior a través de una serie de capítulos y actividades complementarias que orientan toda la ruta para el desarrollo del material por el docente y los estudiantes, esto siempre teniendo en cuenta las vivencias de cada grupo, de tal manera que se pueda dar cuenta que el carácter dinámico y transformador de los procesos de construcción de conocimiento está mediado por el tipo de relaciones que se configuran en el aula (Valencia, et al., 2003).

Esta construcción de conocimiento debe partir de las vivencias que los estudiantes experimentan durante toda la ruta de intervención en el aula, pero mediadas siempre por el docente, quien a partir de las actividades propuestas en la cartilla, pueda generar espacios de discusión y de esta manera, permitir a los estudiantes establecer relaciones alternativas con los otros en el que se permita concebir al otro como un compañero de viaje con el cual puede intercambiar ideas y socializar resultados; y relaciones alternativas con el entorno natural, en el que este deje de ser visto como un recipiente que contiene cosas y que no tiene nada que ver con él, sino que por el contrario lo conciba como un sistema de relaciones del cual es emergente (Valencia, et al., 2003).

DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

El diseño de la propuesta de intervención en el aula que se presenta a continuación pretende orientar las prácticas alternativas para la enseñanza de la fotosíntesis y su aporte a la comprensión del crecimiento en plantas. Para esto, se proponen una serie de capítulos que permiten organizar y estructurar todo el contenido de la cartilla, que contiene mapas misteriosos, aventuras, experiencias y prácticas experimentales que se ejecutarán algunas

en el aula y otras en diversos espacios fuera del colegio, que ayudaran a los estudiantes a concebir que la fotosíntesis es un proceso que la planta realiza de manera ininterrumpida y que esté influencia el cambio en las estructuras de las plantas a través del tiempo.

Para la secuencia de los capítulos, las actividades se han organizado en una cartilla de actividades “La fotosíntesis: los misterios de Sofía y Alex”, la cual está estructurada con base en el establecimiento de estrategias de orden conceptual y didáctico, que le permita a los estudiantes de grado tercero a quinto, desarrollarla de manera contextualizada con su entorno, con los materiales disponibles, con los conocimientos previos de los conceptos propuestos y con la vivencia de las experiencias planteadas, que posibiliten relacionarse de manera activa con cada una de los propósitos establecidos para cada capítulo.

El desarrollo de las actividades planteadas tiene como objetivo que los estudiantes de *básica primaria* logren aproximarse a la construcción de explicaciones a partir de las relaciones que logren establecer entre la fotosíntesis y cómo este influye en el crecimiento de las plantas, esto visto desde los cambios a través del tiempo en sus estructuras externas. Adicional, se proponen unas experiencias de laboratorio sencillas que le permitirán a los estudiantes identificar que además existen unas estructuras internas, que, aunque no se pueden observar a simple vista, son las responsables de los cambios en las estructuras externas. Para la organización y estructuración de este propósito, se establecieron tres capítulos, que le permitirán al estudiante ser un aventurero y explorador en busca de resolver misterios que lo lleven a descubrir los procesos ocultos que las plantas. En la *Tabla 1*, se describe de manera general la estructura del material diseñado.

Tabla 1. Estructura general de los capítulos diseñados para la propuesta de intervención en el aula

CAPÍTULOS	PROPÓSITO	SUBCAPÍTULOS	RECURSOS
CAPÍTULO 1. RENOVANDO LA MIRADA	Estudiar la fotosíntesis y el crecimiento en plantas a partir del asombro, la curiosidad, la objetivación y la delimitación de intereses. En este mismo sentido, aproximar al estudiante a identificar a las plantas como organismos que sobreviven en diferentes hábitats, teniendo en cuenta, además, las condiciones de su entorno.	LOS MISTERIOS DE LAS PLANTAS	Mapa misterioso Muestras de partes de las plantas y tablas de registros.
		LAS PLANTAS: MUNDO BIODIVERSO	Infografía con plantas de diferentes partes del mundo según su hábitat. Paso a paso para la construcción de herbario.
		LAS PLANTAS: CURIOSIDADES RELATADAS POR LOS MÁS PEQUEÑOS	Collage de curiosidades dibujadas por los estudiantes.
CAPÍTULO 2. EXPERIMENTANDO O Y DESCUBRIENDO	Fomentar una mirada renovada acerca de las plantas como organismos a partir del estudio de estructuras, recorridos y sustancias que participan de la fotosíntesis y como este aporta a la comprensión de su crecimiento.	EL TERRARIO VOY CREANDO Y LAS PLANTAS VOY OBSERVANDO	Infografía sobre las características del Terrario. Poster con los pasos para la construcción de un Terrario. Tablas de registro.
		¿Y CÓMO FABRICAN LAS PLANTAS SU ALIMENTO? EXPERIMENTANDO CON LA FOTOSÍNTESIS	Infografía condiciones ecológicas y crecimiento del frijol. Montajes experimentales y comparación de variables. Tabla de registro.
		¿Y SI TE DEJAS SORPRENDER? ESTRUCTURAS INTERNAS DE LAS PLANTAS	Infografía estructuras internas de las plantas. Laboratorio de tejidos vegetales. Coloración de flores. Demostración de la separación de clorofila por cromatografía en papel. Demostración de la extracción de clorofila por método químico.
CAPÍTULO 3 LA AVENTURA DE LA FOTOSÍNTESIS: TRAS LOS RASTROS DEL CRECIMIENTO	Establecer y relatar las relaciones existentes entre fotosíntesis y crecimiento para dar cuenta de las plantas como seres vivos organizados.	¿QUÉ APRENDIMOS? RELATANDO MI EXPERIENCIA	Construcción de textos descriptivos. Construcción de un artículo científico. Lluvia de palabras para la realización de un video clip.

Cada uno de los capítulos está pensado y diseñado para que sea el estudiante el protagonista de sus vivencias y que a partir de estas y del trabajo en conjunto con sus compañeros de aula, construya su propio conocimiento sobre la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, a partir de recorridos, mapas misteriosos, infografías, relatos de otros compañeros, reflexiones, lecturas, prácticas experimentales y construcción de textos.

Para desarrollar las actividades propuestas en la cartilla, se proyecta un tiempo aproximado de seis semanas, lo anterior teniendo en cuenta la malla curricular y las planeaciones trimestrales establecidas en los planes de estudio de la institución. Cada semana consta de tres sesiones, de 55 minutos, en las cuales se ejecutarán las actividades en el aula y en los diferentes espacios propuestos, hasta la consolidación de construcción de explicaciones en torno a las relaciones establecidas entre la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas. En este sentido, en la *Tabla 2* se proyectan los tiempos de las sesiones de manera secuencial.

Tabla 2. Proyección y organización de las sesiones para la aplicación de las actividades de la cartilla.

PROYECCIÓN DE TIEMPO	SESIONES	DESARROLLO DE ACTIVIDADES
SEMANA 1	SESIÓN 1	Presentación de la cartilla y la ruta de las actividades “La fotosíntesis: los misterios de Sofía y Alex” PARTE 1. Identificación de saberes previos
	SESIÓN 2	PARTE 2. Los misterios de las plantas.
	SESIÓN 3	PARTE 3. Los misterios de las plantas.
SEMANA 2	SESIÓN 1	PARTE 1. Las plantas: mundo biodiverso.
	SESIÓN 2	PARTE 2. Las plantas: mundo biodiverso.
	SESIÓN 3	PARTE 3. Las plantas: curiosidades relatadas por los más pequeños.
SEMANA 3	SESIÓN 1	PARTE 1. El terrario voy creando y las plantas voy observando.
	SESIÓN 2	PARTE 2. El terrario voy creando y las plantas voy observando.

	SESIÓN 3	PARTE 3. ¿Y cómo fabrican las plantas su alimento? Experimentando con la fotosíntesis.
SEMANA 4	SESIÓN 1	PARTE 1. ¿Y cómo fabrican las plantas su alimento? Experimentando con la fotosíntesis.
	SESIÓN 2	PARTE 2. ¿Y cómo fabrican las plantas su alimento? Experimentando con la fotosíntesis.
	SESIÓN 3	PARTE 3. ¿Y si te dejas sorprender? Estructuras internas de las plantas.
SEMANA 5	SESIÓN 1	PARTE 1. ¿Y si te dejas sorprender? Estructuras internas de las plantas.
	SESIÓN 2	PARTE 2. ¿Y si te dejas sorprender? Estructuras internas de las plantas.
	SESIÓN 3	PARTE 3. ¿Y si te dejas sorprender? Estructuras internas de las plantas.
SEMANA 6	SESIÓN 1	PARTE 1. ¿Qué aprendimos? Relatando mi experiencia.
	SESIÓN 2	PARTE 2. ¿Qué aprendimos? Relatando mi experiencia.
	SESIÓN 3	PARTE 3. ¿Qué aprendimos? Relatando mi experiencia.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

La ruta diseñada para la intervención en aula está fundamentada en la categoría de Problemas de Conocimiento “PC”, propuesta por el grupo Eco-perspectivas del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, desde el cual se plantean una serie de acciones en las que se hace relevante asumir:

El conocimiento como una actividad de la cultura y la ciencia como una actividad de construcción de explicaciones, en donde se ponen en juego alternativas didácticas y metodológicas, que permitan a los estudiantes vivenciar las experiencias que se le proponen y a los docentes comprender los procesos pedagógicos implicados en el proceso (Valencia, et. al, 2003).

De esta manera, y retomando lo planteado en la profundización pedagógica, la ruta está justificada y diseñada en las relaciones que se describen en términos de referentes epistemológicos, pedagógicos y didácticos, que guían u orientan tanto a los estudiantes

como a los docentes a desarrollar estrategias que se implementan en el aula para la construcción de explicaciones del mundo natural y social (Valencia, et. al, 2003).

Con referencia a lo anterior, construir y diseñar propuestas de aula que respondan a los intereses e inquietudes de los estudiantes, permite abordar las temáticas desde perspectivas diferentes que aporten al desarrollo de una serie de actividades con una ruta que inicia desde el cuestionamiento de la experiencia básica, es decir de los saberes previos, pasando por la artificialización del mundo natural a través de la experimentación y llegando a la construcción de explicaciones de los fenómenos de su entorno inmediato, a partir de la complejización de las relaciones que se establezcan consigo mismo y con los otros.

Siguiendo así las estrategias planteadas desde la categoría de Problemas de Conocimiento, la presente ruta se estructura en tres capítulos: el primero, ***Renovando la mirada*** en el que se propone partir de las experiencias previas de los estudiantes, para luego complementar con una actividad de exploración, reconocer y renovar la mirada sobre esas características de las plantas que les posibilita sobrevivir en los diferentes ambientes naturales. El segundo, ***Experimentando y descubriendo*** busca poner en juego las habilidades de experimentador de los estudiantes, para que, a partir de una información teórica que se complementa con prácticas sencillas de laboratorio, descubran aquellas estructuras macro y microscópicas que les permiten a las plantas llevar a cabo la fotosíntesis y como esté influencia en su crecimiento, que se ven reflejados en los cambios evidentes de sus estructuras visibles. El tercero, ***La aventura de la fotosíntesis, tras los rastros del crecimiento*** busca que los estudiantes reflexionen sobre la fotosíntesis y cómo aporta este a la comprensión del crecimiento de las plantas, a través de la construcción de

un relato producto de las descripciones hechas en las dos primeras aventuras y de la socialización de las conclusiones a las que se lleguen de manera individual y colectiva.

Cartilla de actividades “La fotosíntesis: los misterios de Sofía y Alex”

La cartilla de actividades (ver anexo 1) que se construye en el marco de los objetivos del presente trabajo de grado, se estructura desde la necesidad por parte de la docente de generar prácticas que posibiliten a los estudiantes vivenciar experiencias sobre la fotosíntesis, el cual va más allá de la nutrición de las plantas y lleguen a construir explicaciones sobre cómo este posibilita, además, el crecimiento de sus estructuras tanto externas como internas.

Para hacer más cercano el material a los estudiantes, esta propuesta se socializa con el grado tercero de la IED Tibaitatá, Sede Cortijo, y se les invitó a crear unos personajes que serían los encargados de contar toda la ruta con una intención de aventureros y exploradores de misterios. Fue así como después de realizar un filtro de los dibujos presentados por los estudiantes, se escogieron tres: Una aventurera exploradora de nombre Sofía; un aventurero llamado Alex; y una curiosa llamada Lucy. Estos tres personajes apoyan toda la ruta a través de preguntas y actividades exploratorias, en donde se invita al estudiante a ponerse su traje de explorador aventurero, usar todos sus instrumentos y ponerse en modo ¡Manos a la obra!

La cartilla está conformada por 51 páginas, en las que se desarrollan los tres capítulos, cada uno con sus actividades complementarias, que tienen como objetivo potenciar

habilidades escritas y creativas en los estudiantes. En el anexo 1 se puede consultar la cartilla “La fotosíntesis: los misterios de Sofía y Alex, así como de manera digital¹⁵.

En la página 1, se presenta la imagen de la portada de la cartilla titulada “La fotosíntesis: los misterios de Sofía y Alex”, la cual también surge de la socialización presentada a los estudiantes de grado tercero, en el que nuevamente se les compartió una pregunta que debían responder a través de un dibujo, que representará la forma en que pensaban que se llevaba a cabo el crecimiento de las plantas. En la página 2, se presenta toda la información sobre el programa de la Maestría, los autores y las asesoras que en los diferentes espacios apoyaron a la consolidación del material educativo. En la página 3, se exponen a los personajes y se invita a los estudiantes a ponerse su traje de aventurero explorador, para internarse por el maravilloso mundo de las plantas y desarrollar cada una de las actividades con audacia y curiosidad, que los lleven a la construcción de conocimiento. En la página 4, el estudiante puede personalizar su cartilla, colocando su nombre y otro tipo de información; además de manera general Sofía cuenta el tipo de actividades que se desarrollarán en todo el recorrido.

De la página 5 a la página 41, se encuentran las actividades que se proponen para el desarrollo de cada capítulo, que consta de material informativo como infografías, posters e imágenes y que son complemento de las actividades prácticas experimentales que debe realizar el estudiante para aproximarse a la construcción de explicaciones en torno al fenómeno de la fotosíntesis y su influencia en el crecimiento de las plantas.

¹⁵ <https://www.calameo.com/read/005100054973e86d4b6a9>

De la página 42 a 48, se pueden encontrar unas hojas de notas, que en la introducción del capítulo 1 se le dio el nombre de *“libreta del explorador”*, y en las que los estudiantes pueden construir sus relatos de las construcciones que realizan producto de las conclusiones a las que llegan luego del desarrollo de cada una de las aventuras. Algunos de esos relatos, están guiados por una pregunta orientadora que se dispone como un apartado que lleva el mismo nombre: para tu libreta del explorador.

En las páginas 49 y 50, se puede encontrar un cuadro de recomendaciones para el docente que consta del nombre de la aventura, la página en la que se encuentra y las sugerencias para el desarrollo de la clase. Dicho cuadro cobra importancia, en la medida que se informa al docente del objetivo de cada aventura, de las actividades que se desarrollan en clase, de los materiales que se deben pedir antes de cada sesión, y de sugerencias alternas en caso de no contar con los espacios para la actividad experimental o de los materiales solicitados.

Capítulo 1. Renovando la mirada

Este capítulo está constituido por tres aventuras denominadas **“Los misterios de las plantas”**, **“Las plantas: mundo biodiverso”**, y **“Las plantas: curiosidades relatadas por los más pequeños”**, en los que se pretende que el estudiante a partir del asombro, la curiosidad, la objetivación y la delimitación de intereses, renueven la mirada sobre las plantas como organismos vivos y organizados. Es así como el desarrollo de las actividades de este capítulo busca aproximarlos para que identifiquen a las plantas como organismos que sobreviven en diferentes hábitats y que, dependiendo de esto, presentan características específicas en sus estructuras, principalmente en sus hojas, que determina además la forma como toma los nutrientes del medio. Para estas actividades es importante tener en cuenta

los conocimientos previos de los estudiantes para complementar con las actividades que propicien la vivencia de diferentes experiencias. Este capítulo se justifica desde la estrategia del cuestionamiento de la experiencia básica propuesto en la categoría de Problemas de Conocimiento.

En la *Tabla 3*, se describen las actividades en cuanto a sus propósitos, ruta a desarrollar y recursos a utilizar.

Tabla 3. Ejecución de las actividades a desarrollar en el Capítulo 1. Renovando la mirada.

CAPÍTULO 1. RENOVANDO LA MIRADA			
SUBCAPÍTULOS	PROPÓSITO	DESCRIPCIÓN	RECURSOS
 La Pasañera: Los misterios de Sofia y Alex Capítulo 1: Los misterios de las plantas Hola exploradores! En esta sección podrás encontrar diferentes aventuras que te ayudarán a descubrir el mundo misterioso de las plantas y a responder algunas preguntas: ¿son seres vivos? ¿cómo se alimentan? ¿cómo crecen y cómo puedo saber qué lo hacen? Ponte tu trape de explorador, alista tus sentidos y tu libreta y empiecen esta aventura. Antes de iniciar nuestra aventura: ¿Por qué son las plantas seres vivos? En cada sección podrás encontrar: ■ El misterio del día ■ Para tu libreta del explorador ■ Curiosando	Identificar y reconocer las estructuras de las plantas que participan en la absorción de los nutrientes, desde la toma de muestras, la observación y las descripciones a partir del registro de datos.	• Explicación de las actividades de la primera aventura. • Adivinanzas referentes a las partes de la planta, para descubrir las pistas en un mapa misterioso. • Tabla de registro para describir las partes de la planta descubiertas en el mapa misterioso, a partir de la toma de muestras.	• Cartilla de actividades con la aventura n°1. • Pergamino con adivinanzas. • Mapa misterioso con las pistas. • Tabla de registro con descripciones y dibujos. • Libreta del explorador.

La Fitoaventura: Las misterios de Sello y Alex Aventura Número 2 Las plantas: mundo biodiverso En esta aventura, podrás descubrir a través de un recorrido por algunas de las diferentes clases de plantas, en qué hábitat las podemos encontrar y cuáles son esas características que les permiten sobrevivir en su entorno. Presta mucha atención a las descripciones, para que puedas hacer la actividad sugerida en este capítulo. ¿Cuántas conoces? Plantas terrestres Son todas aquellas que necesitan de un suelo estable para crecer. Poseen raíces, tallos y hojas que brotan en tamaño, forma y estructura según el hábitat donde se encuentren. Entre ellas podemos encontrar: Xerófitas Viven en ambientes muy secos donde el agua es escasa, sus flores y sus tallos tienen muchas espinas para poder almacenar la humedad presente en el aire, sus raíces son muy largas pero poco profundas.  Xerófitas Viven en ambientes muy fríos, cubiertos o secos, sus hojas tienen forma de espina o escamas, el tamaño de sus raíces y tallos puede ser muy variado, por lo que algunos son grandes árboles y otros son pequeños arbustos.  Suculentas Viven en ambientes muy áridos y cálidos, lo que atraen al agua en sus hojas, tallos y raíces. Sus hojas son gruesas y carnosas, y sus tallos también. 	Reconocer las características de las estructuras externas de las plantas y su relación con el hábitat en el que se encuentren.	• Lectura de algunas características presentes en las plantas terrestres y acuáticas. • Proyección de galería de imágenes de plantas con las mismas características que puedan estar presentes en su contexto inmediato. • Explicación del paso a paso para la construcción de un herbario y recolección de muestras.	• Cartilla de actividades con la aventura n°2. • Infografía. • Galería de fotos. • Poster con el paso a paso para la construcción del herbario. • Sobres de papel periódico para guardar las muestras de las plantas. • Libreta del explorador.
La Fitoaventura: Las misterios de Sello y Alex Aventura número 3 Las plantas: curiosidades relatadas por los pequeños En esta sección, podrás leer algunas curiosidades relatadas por aventureros como tú, de lo que saben o les han contado sus amigos y familiares, sobre algunas de las plantas que están a su alrededor o que quizás nunca han observado con sus propios ojos. Presta mucha atención y ve pensando en algunas curiosidades que conozcas. ¿Qué sabes de las plantas? Thiago La planta Venus es una especie de planta carnívora que atrapa moscas y recibe su nombre por su apariencia.  Sabirka Hellen La sábila es muy buena porque puedes hacer remedios o para el dolor. Cuando tienes picadura, la sábila de ayuda a quitarla.  Saray El girasol es muy bonito, con sus tres colores: amarillo es con el sol, el dorado con la naturaleza y el verde con el pasto. 	Conocer algunas curiosidades de las plantas, relatadas por sus compañeros y establecer algunas relaciones con las características mencionadas en la aventura 2.	• Proyección de la infografía en la que se muestran algunas curiosidades de las plantas. • Proyección de una galería de plantas poco comunes, indicando lugar en donde se encuentra y características principales. • Redacción y socialización de algunos relatos construidos en clase sobre las curiosidades de las plantas que los estudiantes conozcan.	• Cartilla de actividades con la aventura n°3. • Infografía. • Galería de imágenes. • Libreta del explorador.

Aventura 1: Los misterios de las plantas

Esta aventura tiene como objetivo identificar los conocimientos previos de los estudiantes sobre las estructuras de las plantas, a partir de una serie de actividades desencadenantes, las cuales se constituyen en espacios para la problematización de situaciones o eventos del mundo cotidiano (Valencia, et. al, 2003), que motiven la realización de toda la propuesta, participando en juegos y mapas misteriosos. La aventura n°1 se proyecta para ser desarrollada en una semana, es decir, en tres sesiones de clase.

En la primera sesión se presenta a la clase la propuesta a desarrollar a través de la cartilla de actividades y se da el espacio para personalizarla y socializar la pregunta que se encuentra al inicio del material. Posteriormente, se explica la actividad del mapa misterioso, en el que se les invita a imaginarse como aventureros y exploradores con la misión de resolver el misterio que envuelve la función de cada una de las partes de las plantas y así encontrar las pistas ocultas.

Para la segunda y tercera sesión (que se sugiere sea en bloque), se propone una actividad práctica complementaria a la anterior. En un recorrido por las zonas verdes del colegio, y luego de haber conformado grupos de 4 o 5 estudiantes, se les solicita escoger una planta y en la tabla ir registrando las características de sus estructuras (raíz, tallo, flores y hojas), en cuanto a tamaño, color y forma.

Aventura 2: Las plantas: mundo biodiverso

Para el desarrollo de esta aventura, se sugiere que sea en bloque con la siguiente ejecución: para la primera sesión, retomar la tabla de registro diligenciada durante el recorrido de la sesión anterior y hacer una socialización de los hallazgos encontrados en las estructuras visibles de las plantas. Anotar algunas en el tablero y establecer algunas

relaciones y diferencias en cuanto a sus características. Luego, proyectar la infografía de la cartilla, en el que se exponen las características más visibles de las estructuras externas de las plantas, según si su hábitat sea terrestre o acuático. Además, proyectar imágenes de las plantas escogidas por los estudiantes en su recorrido y establecer algunas semejanzas entre estas y las expuestas en la infografía.

Para la segunda sesión, proyectar el poster con la información del paso a paso para la construcción de un herbario. Solicite en la clase anterior los sobres de papel periódico para recoger algunas muestras o indique con un ejemplo como hacer los cortes, para que los estudiantes puedan realizar el procedimiento en otros espacios fuera del colegio y en compañía de un familiar. Esta actividad extracurricular, permitirá que los herbarios tengan mayor diversidad de muestras de plantas recogidas y así sea más enriquecedor a la hora de socializarlos.

Aventura 3: Las plantas: curiosidades relatadas por los más pequeños

Esta aventura se proyecta para una sesión de clase, ya que tiene como propósito conocer algunas curiosidades de las plantas contadas por los más pequeños. Luego de proyectar la infografía con los relatos y los dibujos de otros estudiantes, se solicita al curso dirigirse a la libreta del explorador, escribir algunas curiosidades que conozcan, hacer los dibujos respectivos y socializar con sus compañeros. Como actividad extracurricular, se puede pedir a los estudiantes indagar con sus familiares otras curiosidades, escribir en la libreta del explorador el que más les haya llamado la atención, hacer el dibujo correspondiente y socializar en la siguiente clase.

Capítulo 2. Experimentando y descubriendo

Este capítulo está conformado por tres aventuras denominadas **“El terrario voy creando y las plantas voy observando”**, **“¿Y cómo fabrican las plantas su alimento? Experimentando con la fotosíntesis”**, y **“¿Y si te dejas sorprender? Estructuras internas de las plantas”**, los cuales tienen como propósito fomentar en el estudiante una mirada renovada acerca de las plantas como organismos a partir del estudio de estructuras, recorridos y sustancias que participan de la fotosíntesis y cómo este incide en el crecimiento de estas, a través de infografías, metodologías para el paso a paso de las actividades experimentales, y pautas para la reflexión de situaciones del contexto inmediato. Es así y como basados en la segunda estrategia propuesta por la categoría de Problemas de Conocimiento, se pretende que el estudiante se distancie de la experiencia básica y centre su interés por artificializar el mundo natural al imponer condiciones e interrogarlo para obtener más información sobre él (Valencia, et. al, 2003). Es así como las aventuras están dirigidas desde una pregunta que conlleva a construir respuestas basados en la experimentación y vivencias propias, al ser protagonistas de todo el proceso.

En la *Tabla 4*, se describen las actividades en cuanto a sus propósitos, ruta a desarrollar y recursos a utilizar.

Tabla 4. Ejecución de las actividades a desarrollar en el Capítulo 2. Experimentando y descubriendo.

CAPÍTULO 2. EXPERIMENTANDO Y DESCUBRIENDO			
SUBCAPÍTULOS	PROPÓSITO	DESCRIPCIÓN	RECURSOS
16 La fotoanimada: Los misterios de Sofía y Alex Aventura Número 4 El terrario voy creando y las plantas voy observando Antes de empezar ten en cuenta: 1. Tener todos tus materiales listos. 2. Trabajar en un espacio limpio y amplio 3. Estar acompañado de un adulto responsable y seguir todas sus orientaciones. Los terrarios son espacios cerrados en los que puedes observar y estudiar en sí que intervienen las condiciones ecológicas (agua, luz, suelo, aire y temperatura) con los organismos vivos del presente. En esta experiencia, podrás conocer las variadas, que en este caso son las condiciones ecológicas, y observar que ocurre con las plantas a lo largo de esta semana o a futuro. Aunque también hay animales, recuerda que estamos observando y descubriendo los misterios ocultos de las plantas, por lo que es importante que sea un terrario cerrado, desde donde se puede observar, pero que pueda recibir la luz y el agua, para que puedas observar el cómo y cuándo se movimenta en la tierra cualquier planta que nos, descubriendo con mucho detalle, como todo un investigador. Materiales: • Envase de vidrio mediano con un diámetro de unos 15 cm como mínimo (más pequeño no nos sirve y más grande requiere más materiales). • Una bolsa de tierra negra. • Una planta de crecimiento herbáceo como, por ejemplo: centaucho, datur, dedalos, leguminas de hoja, muérdago u otros. • Botella de arena de colores, una por cada color (preferimos más colores mejor). • Papel vinil (del que se usa para empacar alimentos). • Juguetes u objetos pequeños con los que quieras ambientar tu terrario (como un mundo de fantasía en el que puedas encontrar alguno de tus personajes favoritos). • Papel periódico.	Reconocer las condiciones ecológicas que influncian en el crecimiento de las plantas y en las características de sus estructuras visibles.	• Explicación sobre las características de un terrario, como construirlo y las condiciones ecológicas que se encuentran presentes. • Explicación de los materiales y el paso a paso para la construcción del terrario. • Explicación de la tabla para registrar las observaciones una vez por semana y realizar las descripciones de los cambios que se evidencian a través del tiempo.	• Cartilla de actividades con la aventura n°4. • Poster “El terrario”. • Lista de materiales y poster con el paso a paso para su construcción. • Tabla de registro con descripciones y dibujos. • Libreta del explorador.

La fotosíntesis: Los misterios de la vida y la muerte Aventura Número 5 ¿y cómo fabrican las plantas su alimento? experimentando con la fotosíntesis En esta aventura podrás evidenciar con algunos experimentos sencillos, cómo de una semilla puede germinar una planta y qué ocurre si en este proceso variamos una de las condiciones ecológicas que ya trabajaste en tu terreno. Prepara todos tus sentidos, porque debes estar muy atento a todos los cambios que puedas evidenciar en cada una de tus observaciones. Antes de empezar, ten en cuenta la siguiente información: Condiciones ecológicas: Las plantas necesitan tener una cantidad adecuada de luz, agua y nutrientes para crecer. Si alguna de estas condiciones falta, la planta no podrá crecer correctamente.  Estas condiciones ecológicas debes tenerlas en cuenta al momento de realizar tu montaje experimental, puesto que determinarán todo el proceso de la semilla, germinación y crecimiento de la planta. La semilla que vamos a trabajar en esta aventura es la del frijol, así que presta mucha atención a la información que te compartimos a continuación:	Reconocer cómo las variaciones de las condiciones ecológicas de un determinado ambiente natural influyen en el crecimiento de las plantas y en las características de sus estructuras visibles.	• Explicación de las condiciones ecológicas que se encuentran presentes en todos los ambientes naturales (pluviosidad, temperatura, luminosidad, altitud y suelos). • Proyección de las partes de la planta de frijol y las particularidades de su proceso de crecimiento a través de imágenes. • Explicación del procedimiento para los montajes experimentales con semillas de frijol sembradas en tierra negra, haciendo variaciones a la condición de la luz. • Explicación de la tabla para hacer registros específicos con respecto a la aparición de las estructuras visibles de la planta de frijol. • Actividad paralela para evidenciar cómo el crecimiento de la planta está direccionado específicamente por la luz.	• Cartilla de actividades con la aventura n°5. • Infografía condiciones ecológicas. • Representación de la planta de frijol y fotos con las etapas de su crecimiento. • Poster con el paso a paso para los montajes experimentales. • Tabla de registro y descripciones. • Poster con la metodología para la actividad experimental paralela. • Libreta para el explorador.
--	--	--	---

28 La fotosíntesis: Los misterios de Sofía y Alex Aventura Número 6 ¿Y si te dejas sorprender? estructuras internas de las plantas En la aventura N°1 descubriste la parte de la planta que trabajamos en las siguientes secciones. ¿Lo recuerdas? Si estás pensando en la hoja, ¡perfecto! Hemos venido muy lejos de la raíz. Ahora, con las plantas de frijol que has sembrado y observado en su proceso de crecimiento, de las cuales has registrado los cambios en sus estructuras visibles a través del tiempo, vas a tomar una de sus hojas (una por cada montaje, es decir, una de la planta que creció en tu tar y una de la sembrada) y la observaremos más en detalle. ¡Prepárate, porque si en las secciones anteriores debiste estar muy atento, en esta debes agudizar más tu sentido de la vista para no perderte de ningún detalle. Antes de seguir con tu rol de curioso experimentador, lee la siguiente información y luego ponte en modo "¡Hola a la planta!"  Curiosamente, curiosamente, el microscopio fue inventado hacia los años de 1600 por Galileo Galilei y básicamente es un instrumento que permite colocar un objeto, iluminarlo y obtener una imagen más grande de este. Con el microscopio puedes observar aquello que el ojo humano no puede ver a simple vista. En 1665, el científico inglés Robert Hooke fue el primero en observar láminas de corcho en un microscopio óptico y descubrió que estas estaban conformadas por celdas o las que llamamos células.	Conocer a partir de prácticas sencillas de laboratorio, las estructuras internas y las sustancias que participan de la fotosíntesis.	• Introducción a la aventura a partir del reconocimiento de las anteriormente trabajadas. • Proyección de una infografía con las características internas principales de la hoja (epidermis, estomas y tejidos). • Explicación de la metodología a desarrollar para el laboratorio de tejidos vegetales. • Explicación del procedimiento para el desarrollo de dos experiencias para descubrir sustancias que recorren las estructuras de las plantas: Coloración de flores y extracción de clorofila por método químico y demostración de separación de esta por cromatografía en papel.	• Cartilla de actividades con la aventura n°6. • Infografías. • Galería de imágenes. • Orientaciones para el laboratorio de tejidos vegetales. • Procedimiento experiencias #1 y #2. • Libreta del explorador.
--	---	--	---

Aventura 4: El terrario voy creando y las plantas voy observando

El objetivo de esta aventura es que el estudiante a partir de la construcción de un terrario, como un ambiente cerrado en el que se imponen variaciones en las condiciones ecológicas, logren evidenciar las relaciones que se establecen entre estas y las plantas. Para esto, se sugiere hacer la actividad en bloque, es decir, en la primera sesión se explica qué instrumentos debe tener a la mano un aventurero explorador y se invita a los estudiantes a colorear las imágenes y a colocar sus respectivos nombres desde lo que conocen. Luego, proyectar el poster sobre el terrario, nombrar las condiciones ecológicas y los organismos que allí se pueden encontrar y explicar las relaciones que se pueden observar.

En la segunda sesión, se listan los materiales que se necesitan y con ayuda del poster, mostrar el paso a paso para su construcción. Es importante en esta actividad motivar a los estudiantes, indicándoles que están a punto de construir un mundo fantástico y misterioso, en el que podrán colocar además algunos de sus personajes favoritos. Por último, se debe proyectar la tabla de registro y ejemplificar la manera en que se debe diligenciar.

Aventura 5. ¿Y cómo fabrican las plantas su alimento? Experimentando con la fotosíntesis

Esta aventura tiene como objetivo que el estudiante pase de trabajar con todas las condiciones en el terrario, a explorar los cambios que ocurren al variar solamente una de ellas, que para el caso en concreto es la condición ecológica de la luz, esto por ser la causante principal de que se lleve a cabo la fotosíntesis y la cual se dejó proyectada para seguir siendo artificializada desde el trabajo de especialización mencionado anteriormente. Esta aventura se proyecta para ser trabajada en la sesión 3 de la semana 3 y en la sesión 1 y 2 de la semana 4.

La sesión 3, se caracteriza por ser una clase teórica en el que se afianzan conceptos relacionados con las condiciones ecológicas y con las características de la planta a trabajar. Se inicia proyectando una infografía sobre las condiciones ecológicas presentes en un ambiente natural y como sus particularidades afectan y permiten una flora y fauna característica de cada región. Luego, se indica que la planta con la que se va a ser la parte experimental es con la de fríjol, esto porque tiene un crecimiento rápido y los cambios son fácilmente evidenciados en sus estructuras externas. Es así como se muestran las partes de la planta, con el objetivo que puedan ser utilizadas en las descripciones a realizar en la tabla de registro y posteriormente las etapas por las que atraviesa la germinación de la semilla y el crecimiento de la planta.

Para la sesión 1 y 2, se explica el tipo de montajes que se van a realizar y se muestra la infografía en la que se listan los materiales y el procedimiento para hacer la siembra de las semillas de fríjol en tierra negra. Luego, se explica cómo se debe diligenciar la tabla de registro, esto teniendo en cuenta principalmente el momento de la siembra y los momentos en los que se empiezan a evidenciar la aparición de las estructuras y su descripción en términos de tamaño, forma y color. Como una actividad paralela y con el objetivo de generar más curiosidad y asombro en los estudiantes, se sugiere una actividad experimental denominada ¿hacia dónde se mueve mi planta?, que recrea en parte los experimentos realizados por Darwin y su hijo, con el que se demostró que las plantas siempre crecen hacia la luz en un fenómeno al que se nombró fototropismo¹⁶.

¹⁶ Esta actividad se sugiere en el capítulo de profundización teórica disciplinar.

Aventura 6. ¿Y si te dejas sorprender? Estructuras internas de las plantas

Esta aventura tiene como objetivo ir a más allá de lo visible y de lo abstracto de los procesos internos de las plantas, que permiten descubrir las estructuras y sustancias de las plantas involucradas en la fotosíntesis y cómo estos influyen en los cambios que se pueden evidenciar en las estructuras externas de las plantas. Para esta aventura se dispone de 4 sesiones: la sesión 3 de la semana 4, y las sesiones 1, 2 y 3 de la semana 5.

En la sesión 3, se hace la introducción a la aventura, retomando las anteriores e indicando que se tomarán elementos de estas. En segundo lugar, se muestra una sección de curioseando, curioseando, en la que se dan algunos datos del microscopio, fecha y autor de su invención, y quién fue el primer científico en observar células a través de este. En tercer lugar y con ayuda de una infografía, se explica cómo está compuesta la hoja en su estructura interna y como entre la epidermis se pueden encontrar los tejidos que contienen las células vegetales y los cloroplastos, responsables de la fotosíntesis.

Teniendo estos datos teóricos, para la sesión 1, 2 y 3 de la semana 5, se realizan las actividades experimentales como el laboratorio de tejidos vegetales, desde el cual se pueda evidenciar los tejidos y si se cuenta con un microscopio, las células vegetales. Además, llevar a cabo experiencias sencillas para descubrir aquellas sustancias de las plantas, como los pigmentos fotosintéticos, a partir de la extracción de clorofila por método químico y la separación de esta por cromatografía en papel.

Capítulo 3. La aventura de la fotosíntesis: tras los rastros del crecimiento

Este capítulo está conformado por una aventura denominada “¿Qué aprendimos?

Relatando mi experiencia”, que tiene como objetivo establecer y relatar las relaciones

existentes entre fotosíntesis y crecimiento, para dar cuenta de las plantas como seres vivos organizados, esto como resultado de las conclusiones a las que los estudiantes logran llegar al vivenciar las experiencias y artificializar el mundo natural. Es así como se pretende que el estudiante esté en la capacidad de escribir relatos que den cuenta de la construcción de explicaciones con respecto a la fotosíntesis y su influencia en el crecimiento de las plantas, a través de vivencias, descripciones y socializaciones con sus compañeros de clase.

De esta manera, la actividad aquí planteada se justifica desde la tercera estrategia de la categoría Problemas de Conocimiento, que tiene que ver con la complejización de las relaciones, es decir, desde la cual el sujeto vincula los fenómenos al tiempo, se dé la emergencia de nuevas relaciones, el reconocimiento de conexiones multicausales, el carácter complementario de las explicaciones, las codeterminaciones sujeto-objeto, las interrelaciones sistema-contexto y la recursividad de las concepciones (Valencia, et al., 2003).

En la *Tabla 5*, se describen las actividades en cuanto a sus propósitos, ruta a desarrollar y recursos a utilizar.

Tabla 5. Ejecución de las actividades a desarrollar en el Capítulo 3. La aventura de la fotosíntesis: tras los rastros del conocimiento.

CAPÍTULO 3. LA AVENTURA DE LA FOTOSÍNTESIS: TRAS LOS RASTROS DEL CRECIMIENTO			
SUBCAPÍTULOS	PROPÓSITO	DESCRIPCIÓN	RECURSOS
40 La fotosíntesis: Los misterios de Sofía y Alex Aventura Número 7 ¿Qué aprendimos? relatando mi experiencia Para completar esta aventura, es importante que tengas en cuenta todo lo trabajado en las aventuras anteriores, los resultados que obtuviste en las diferentes experiencias y las conclusiones a las que llegaste en cada una de estas. 11. El relato que vas a construir debe tener unas especificaciones que te daremos a continuación y debe dar cuenta de la siguiente pregunta: ¿de qué manera el crecimiento de las plantas está relacionado con el proceso de la fotosíntesis? 1. Crea un título que sea muy llamativo y que de cuenta de lo que va a contener tu escrito. 2. Realiza un párrafo de resumen, en el que contarás rápidamente que vas a informar en tu escrito. 3. Divide tu escrito en dos o tres subtítulos, dependiendo de las partes que consideres necesario explicar. 4. Utiliza algunas fotos o dibujos que complementen lo que estás informando. 5. Escribe algunas conclusiones a las que hayas llegado luego de realizar todas las experiencias propuestas en este recorrido. 6. Procura que tu escrito tenga tres o cuatro párrafos, y no omitas ninguna información. Escribe aquí tres frases resumen que contesten la pregunta que te hicimos. Luego úsalas para desarrollar el contenido de tu artículo: 1 _____ 2 _____ 3 _____	Socialización de las explicaciones en torno a las relaciones establecidas entre la fotosíntesis y su influencia en el crecimiento de las plantas, a través de la construcción de relatos.	• Explicación del capítulo 3, teniendo en cuenta algunas consideraciones trabajadas en las aventuras anteriores. • Lectura de la pregunta inicial de capítulo, para ser respondida en clase y socializada con los compañeros. • Infografía sobre algunos de los beneficios de la fotosíntesis para la nutrición de los seres vivos, específicamente del ser humano. • Formulación de la pregunta orientadora, a partir de la cual se construirá el relato en formato de artículo científico, para lo cual se dan las pautas a seguir. • Exposición de una nube de palabras, a partir de las cuales se les solicita a los estudiantes realizar un relato más informal para representarlo en un video que pueda ser subido a YouTube y socializado con sus compañeros de clase.	• Cartilla de actividades con la aventura n°6. • Pregunta orientadora para socialización. • Infografía la fotosíntesis y sus beneficios para el ser humano. • Pautas para la construcción de relato en forma de artículo científico. • Nube de palabras para el video clip.

Aventura 7. ¿Qué aprendimos? Relatando mi experiencia

El objetivo de esta aventura es que el estudiante pueda dar cuenta de las construcciones que ha hecho de manera colectiva e individual en torno a las relaciones que ha logrado establecer entre la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, como producto de las actividades de los capítulos anteriores. Es así, como se sugiere que revisen los relatos descriptivos hechos en la libreta del explorador y así de esa manera tener los insumos para responder las preguntas orientadoras formuladas en este capítulo y que guiarán los relatos de sus experiencias.

Teniendo en cuenta que es el capítulo en el que se llevarán más momentos de reflexión, se debe ejecutar en las tres sesiones de la semana seis. En la primera sesión, se expone la pregunta orientadora para trabajar en clase, que tiene que ver con la identificación y descripción que realizaron los estudiantes con respecto a los cambios que observaron entre el crecimiento de las plantas de frijol expuestas a las variaciones de la condición ecológica de la luz. Luego, a modo de cierre, se proyecta una infografía con algunos datos relevantes de los beneficios de la fotosíntesis para el ambiente y para los seres vivos. Por último, en esa sesión se dan las pautas para la construcción del artículo científico el cual estará guiado también por una pregunta orientadora. Para esto se les pide a los estudiantes retomar las anotaciones hechas en la libreta del explorador.

En las sesiones 2 y 3, se socializan los relatos de los estudiantes y se hacen anotaciones en el tablero, a fin de establecer algunas semejanzas entre las construcciones hechas por cada uno de manera individual, lo cual sirve de insumo para construcciones colectivas en torno al fenómeno que motivó todas las experiencias y es la manera en que la fotosíntesis

incide en el crecimiento de las plantas. Luego en clase, y como actividad de cierre se les entrega una nube de palabras, a partir de las cuales construirán entre todos un relato informal y será representado en un videoclip.

De esta manera, se deja en evidencia que toda la ruta diseñada para la propuesta de intervención en el aula, presenta unas actividades intencionadas con el objetivo que el estudiante pueda apropiarse de conceptos y procedimientos, no de manera memorística sino vivencial, a partir del cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones, en un trabajo individual y colectivo que posibilitan dar cuenta del propósito de la cartilla y de la construcción de explicaciones del fenómeno de la fotosíntesis y su aporte a la comprensión del crecimiento en plantas.

DEFINICIÓN DE CRITERIOS PARA EL ESTUDIO DE LA FOTOSÍNTESIS Y SU APOORTE A LA COMPRENSIÓN DEL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

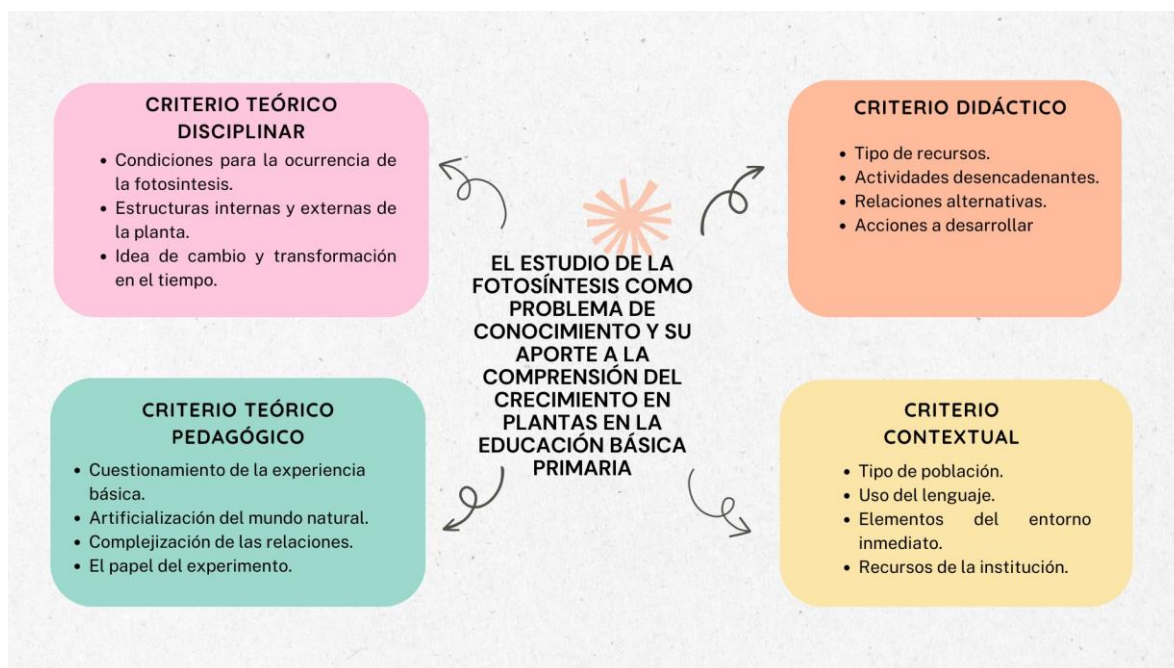
En el presente capítulo se contempla y estructura la propuesta, que como resultado de la profundización teórica tanto en lo disciplinar como en lo pedagógico, que fundamentaron la construcción de la cartilla, tiene como objetivo presenta la definición de los criterios que se sugieren sean incorporados para la enseñanza de la fotosíntesis y su aporte a la comprensión del crecimiento de las plantas con estudiantes de *básica primaria*. Es importante mencionar que, si bien uno de los objetivos del presente trabajo de grado no apunta a la implementación del material educativo que se diseñó, el ejercicio que aquí se muestra, si es una sistematización que corresponde a la organización de los aspectos mencionados en cada uno de los capítulos con respecto a la documentación basada en lo histórico-epistemológico, disciplinar y pedagógico, los cuales sustentan la definición de los criterios para orientar al maestro, en sus prácticas frecuentes de aula, la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas.

Teniendo en cuenta que, y como ya se había mencionado, la propuesta de este trabajo de grado no contempla la implementación de las actividades de la cartilla con los estudiantes, y que como consecuencia no se hace el ejercicio de sistematización que responde a la interpretación de los resultados obtenidos producto de cada una de estas, si es importante mencionar que la estructuración para la definición de los criterios para la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas, en alguna medida, surge del trabajo de especialización de la docente, en el cual si se hizo el ejercicio de diseño, implementación y sistematización, esta última en torno a la complejización de las relaciones a las que pudieron llegar los estudiantes con respecto al crecimiento de las

plantas por efecto de la influencia de la variación en la condición ecológica de la luz, y que como proyección del establecimiento de unas agrupaciones, las cuales sirvieron de insumo para la configuración de los criterios que aquí se presentan y que orientan la implementación de la propuesta realizada en el material educativo.

Para el establecimiento y definición de estos criterios, se hace relevante tener en cuenta que estos se consideran, por un lado, como elementos fundamentales para la construcción de referentes de profundización en lo teórico y lo disciplinar, que posibiliten concebir la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas como un objeto de estudio para la biología. Y, por otro lado, como aquellos que se sitúan en el centro del proceso de definición para la enseñanza de las relaciones fotosíntesis y crecimiento de las plantas con estudiantes de *básica primaria*, a partir de una propuesta de intervención en el aula. Dichos criterios que han sido establecidos por la docente en los términos antes mencionados pueden relacionarse en futuros ejercicios de investigación y sistematización, teniendo en cuenta que estos presentan distintas funciones como: condiciones causales, acciones e interacciones, consecuencias, estrategias, condiciones contextuales y condiciones intervinientes (Hernández-Sampieri, 2014).

Partiendo del objeto de estudio del presente trabajo de grado, que propone que el estudio de la fotosíntesis como Problema de Conocimiento aporta a la comprensión del crecimiento en plantas en la *educación básica primaria*, y después de la estructuración de la profundización teórica y de la construcción de la propuesta de intervención en el aula, se propone la definición de los siguientes criterios para orientar las prácticas frecuentes en el aula: **teórico disciplinar, teórico pedagógico, didáctico y contextual.**



Esquema 5. Definición de criterios para el estudio de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas. Fuente: elaboración propia.

Criterio teórico disciplinar

El **criterio teórico disciplinar**, se fundamenta desde aquellos elementos que se consideran como necesarios abordar en el aula, para trabajar con los estudiantes de *básica primaria* el estudio de la relación fotosíntesis y crecimiento. En primer lugar, se hace necesario partir de la premisa de que existen unas condiciones necesarias para la ocurrencia de la fotosíntesis, es decir, unas condiciones ecológicas que posibilitan que este fenómeno tan importante en la naturaleza ocurra, independientemente del hábitat en el que se encuentren las plantas, en donde las condiciones son escasas o están en exceso. Es así, como el crecimiento de las plantas como un proceso influenciado por la fotosíntesis está mediado por las condiciones ecológicas del agua, el aire y la luz, las cuales determinan las características de las estructuras externas que el sujeto puede observar a simple vista, pero

también de sus estructuras internas y de las que pocas veces se habla en las clases de ciencias, tal y como se planteó en el contexto problemático.

Estas particularidades que se pueden presentar tanto en las estructuras externas como en las internas de las plantas permiten entonces incorporar la idea de cambio, que para el presente trabajo de grado se toma como aquel sistema de relaciones entre los constituyentes de un ser vivo que no es necesariamente inmutable, pues este puede transformarse en otro sistema de complejidad inmediatamente superior a través de un proceso de sentido único (Jacob, 1999, p. 96). En este sentido, se toma la idea de cambio como aquel que es consecuencia de las variaciones de las condiciones a las cuales son expuestas las plantas desde su germinación hasta la aparición de sus estructuras en un tiempo determinado y que les posibilita sobrevivir en ambientes extremos en los que no cuentan con la disponibilidad de alguna de las condiciones mencionadas anteriormente y que en consecuencia se pueden observar transformaciones no solo en las estructuras externas de las plantas, sino también en las estructuras internas, las cuales se tuvieron en cuenta para la construcción de la cartilla con el objetivo de orientar la clase al estudio de las sustancias y los recorridos.

Criterio teórico pedagógico

El ***criterio teórico pedagógico***, se constituye y fundamenta a partir de lo propuesto en la categoría de Problemas de Conocimiento, desde la cual se concibe la Enseñanza de las Ciencias como una dinámica que cobra sentido a partir de las complejas relaciones que se dan entre las imágenes de ciencia y conocimiento, la forma como se piensa en la escuela y su papel en la sociedad (Valencia, et. al, 2003). A partir de esta concepción, se toman en cuenta las acciones e interacciones en torno al cuestionamiento y problematización de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las

relaciones, como estrategias desde las cuales se construye la presente propuesta para la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas con estudiantes de *básica primaria*.

Orientar la presente propuesta de intervención en el aula, significa partir desde la experiencia básica como una de las primeras aproximaciones a los eventos del mundo natural, desde la cual se le posibilita al estudiante sorprenderse con aquello que reconoce como novedoso, inquietarse con lo desconocido y maravillarse del mundo que habita (Valencia, et. al, 2003). Sin embargo, renunciar a estas primeras aproximaciones para comprender el mundo natural, significa problematizar esta experiencia básica para aproximarse a los fenómenos desde una mirada que deje atrás un saber común, construido desde las vivencias cotidianas, para transformarlo desde la artificialización del mundo natural en un saber escolar más próximo al científico.

Por lo anterior, concebir la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas como un fenómeno que se presenta ante la percepción del sujeto, significa entonces tratarlo como una experiencia ordenada o una experiencia pensada (Sandoval, et. al, 2018). Esto también significa que esta experiencia básica o primera experiencia, como base para la implementación de la propuesta de aula, solo se considera funcional en la medida en que es cuestionada y convertida en un ámbito de reflexión, en la que se artificializa el mundo natural al imponer condiciones e interrogarlo para obtener más información sobre él, a partir de los diferentes montajes experimentales que se proponen en las actividades de la cartilla. Una vez se interpreta el fenómeno, se procede a concebirlo desde su dimensión compleja que implica un cambio en las formas de mirar, de pensar y de hacer del sujeto (Valencia, et. al, 2003). Esto requiere, que como actividades de complejización de las

relaciones se propone motivar al estudiante a desintegrar sus concepciones primeras y simplificadas, para transformarlas en un pensamiento que integra y conjuga sus nuevas maneras de pensar, desde el que aspira a un conocimiento multidimensional en la emergencia de nuevas relaciones en una manera más compleja de ver el mundo.

Criterio didáctico

El ***criterio didáctico***, se contempla desde los referentes didácticos y los criterios de actuación propuestos desde los Problemas de Conocimiento y que suponen poner en juego alternativas didácticas y metodológicas, que permitan a los estudiantes vivenciar experiencias de construcción de conocimiento y a los maestros comprender los procesos pedagógicos implicados en el proceso (Valencia, et. al 2003). La definición de este criterio tiene que ver principalmente con la pertinencia de las actividades que se proponen en la propuesta de intervención en el aula planteada para la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas, encaminadas a complementar las vivencias de los estudiantes en el aula con sus actividades del diario vivir. Es así como este criterio tiene que ver con las estrategias y los tipos de recursos que se tuvieron en cuenta para el diseño y la construcción del material educativo de la presente propuesta, y que como se mencionó antes, está pensada en orientar la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas desde el cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones.

Para esto se proponen una serie de actividades que respondan en primer lugar a renovar la mirada del conocimiento primario que se tenga sobre las plantas, la función de sus estructuras externas y sus características dependiendo del lugar que habitan; para posteriormente imponer condiciones a su crecimiento con la elaboración de montajes

experimentales, desde los cuales los estudiantes puedan vivenciar y registrar los cambios (ya mencionados en el criterio teórico disciplinar) en términos no solamente de lo que se puede observar a simple vista en la planta, sino también desde la organización de las estructuras internas, relevantes para entender el proceso de crecimiento. Y, por último, que el estudiante luego de realizar todas sus actividades y de un cuestionamiento y socialización constante en las relaciones alternativas con el otro, a través de la construcción de relatos descriptivos de todas las experiencias, logren exteriorizar la complejización de las relaciones que se establecieron en el desarrollo de toda la ruta.

Criterio contextual

El ***criterio contextual***, tiene que ver principalmente con los aspectos que se encuentran como relevantes, en un primer momento con el diseño y construcción de la cartilla, y en un segundo momento con la manera en la que se va a implementar, teniendo en cuenta las condiciones y el contexto de los estudiantes para la cual fue pensada. Con respecto al momento de diseño y construcción de la cartilla, se tuvo en cuenta la edad de los estudiantes que están en *básica primaria*, específicamente en los grados de tercero, cuarto y quinto, y los objetivos que se presentan para la enseñanza de las ciencias desde los lineamientos estructurados en los documentos públicos propuestos por el Ministerio de Educación Nacional y que están contemplados en los Estándares Básicos de Competencias y en los Derechos Básicos de Aprendizaje.

Una vez identificados estos aspectos, y sustentados desde la necesidad de la docente por articular el fenómeno de la fotosíntesis al proceso del crecimiento de las plantas desde la idea de organización interna que incide en la aparición y cambios de las estructuras externas, se diseñó una cartilla que contemple por un lado, unas particularidades en el uso

del lenguaje y que sus actividades se ajusten al contexto inmediato de los estudiantes, de tal manera que se puedan aprovechar los diferentes entornos del ambiente y de los recursos ofrecidos por el colegio, a fin de poder llevar a cabo las actividades propuestas en cada una de las aventuras. Y, en segundo lugar, busca romper esquemas que predisponen la idea de que no es posible la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas con estudiantes de *básica primaria*, esto porque se tiene la equivocada concepción que estos no tienen las bases de los conocimientos en conceptos tales como células, tejidos y órganos.

Es así como este apartado del trabajo de grado que se ha denominado definición de criterios para la enseñanza de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento de las plantas, pretende brindar a los docentes las estrategias que le posibiliten su abordaje en el aula, dejando por un lado, la visión reduccionista de la fotosíntesis en la que solo se le atribuye el papel del proceso por el cual las plantas fabrican su propio alimento, relacionándolo únicamente con la función de nutrición, y por otro lado la visión fragmentada desde la cual se muestra el crecimiento de las plantas como etapas aisladas en el tiempo que se dan desde la germinación de una semilla hasta el desarrollo de todas sus estructuras que influyen con el aumento de masa y tamaño, sin tener en cuenta los acontecimientos intermedios que se dan en el proceso y las condiciones ecológicas que posibilitan que las plantas tengan características diferentes y que por ende se trabaje desde las plantas: mundo biodiverso.

Los criterios aquí presentados, pretenden entonces que los estudiantes al finalizar todas las actividades de la cartilla, en donde cuestionen su experiencia básica, impongan condiciones al mundo natural, haciendo las variaciones que se requieran, y construyendo explicaciones a través de descripciones y relatos de todas las actividades experimentales,

lleguen a complejizar las relaciones existentes entre la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, no solo desde las estructuras externas y visibles al ojo humano, sino que se estudien y evidencien sus estructuras internas, las sustancias y los recorridos, que posibilitan que la planta presenta cambios en su apariencia externa (color, forma y tamaño) influenciada por la organización de su molde interno, como lo denominaba Buffon (1818).

PROYECCIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio de la fotosíntesis no es reciente, y sus inicios datan de hace casi 300 años con las investigaciones de Van Helmont (1577-1644), quien inicio sus trabajos experimentales al intentar descubrir cuál era la fuente de los materiales nutritivos para las plantas y llegando a la conclusión que el agua había sido transmutada en madera, hipótesis ampliamente aceptada por esos días (Baker y Allen, 1970). Para ese entonces se realizaron una serie de montajes experimentales con el objetivo de interpretar aquellas transformaciones o cambios que sufría la planta al entrar en contacto con las condiciones presentes en el ambiente. El conocimiento que se tenía hasta entonces se basaba en la vivencia de experiencias básicas, a partir de las cuales se construía un saber común que distaba bastante de la formalización de los procesos con los que actualmente se cuenta para la adquisición de un conocimiento confiable acerca de muchos aspectos del mundo, que ciertamente vienen sustentados por la ciencia moderna y el uso consciente de sus métodos (Nagel, 1981).

Con el inicio de la actividad experimental como método para formalizar e imponer condiciones a los eventos naturales y obtener respuestas a los interrogantes de ese entonces, que se orientaban principalmente a indagar la forma como las plantas tomaban los nutrientes del medio y los transformaban para producir material vegetal, y en esa medida crecer, posibilitó estudiar no solamente lo que el sujeto observa a simple vista, es decir las estructuras externas, sino también aquellas internas que intervienen en los procesos que le permiten a la planta la fabricación de compuestos ricos en energía y que hasta la fecha ha sido considerado como unos de los procesos químicos más importantes de mundo, no solo

por la complejidad que este implica, sino por las inquietudes que aún no están resueltas del todo.

Profundizar en las posturas de los diferentes autores que desde sus estudios permitieron consolidar la fotosíntesis desde una perspectiva fenomenológica, posibilitó la estructuración de una ruta teórica disciplinar justificada y documentada desde aspectos histórico - epistemológicos, que se tuvieron en cuenta para la construcción de la cartilla en cuanto a las actividades que tienen que ver con los montajes experimentales, que de una u otra manera recrean las experiencias vividas y descripciones relatadas en su momento, y que sirvieron como insumo para la construcción de conocimiento y de explicaciones a los resultados producto de la artificialización del mundo natural. Como docentes investigadores y cuestionadores de las realidades del mundo natural, se hace relevante efectuar estos ejercicios de documentación, con el objetivo de permitirle al estudiante conocer la historia y permitirse renovar la mirada frente aquello que se considera como verdad absoluta, única e indiscutible.

Por su lado, la fundamentación teórica pedagógica, más allá de conocer los aspectos epistemológicos e históricos que posibilitaron dar cuenta de las explicaciones a los fenómenos naturales, permite dar cuenta de la manera a través de la cual el hombre da sentido y se relaciona consigo mismo y con su mundo natural y social, y en ese mismo sentido se enriquece de los múltiples espacios de significación que elabora en su devenir histórico individual y colectivo (Valencia, et. al, 2003). De esta manera, la profundización en lo pedagógico facilitó los elementos para la estructura de la cartilla, en la cual las actividades se construyeron en torno a las estrategias planteadas por la categoría Problemas de Conocimiento y que tienen que ver específicamente con tres aspectos: el

cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones, y donde además juega un papel importante la experimentación y la experiencia.

Esta documentación en los aspectos histórico-epistemológicos, disciplinares y pedagógicos, fue el insumo para el diseño y la construcción de una propuesta de intervención en el aula que está contenida en una cartilla y que orienta las prácticas frecuentes de aula, desde la cual se pretende la definición de criterios para el estudio de la fotosíntesis y su aporte a la comprensión del crecimiento de las plantas con estudiantes de *básica primaria*. Estos criterios están estructurados entonces desde lo teórico disciplinar y pedagógico, pero también desde lo didáctico y lo contextual, que brindan los elementos que apoyan al docente para la orientación de las diferentes actividades contenidas en este material y que se pretende, posibilite al estudiante la emergencia y construcción de conocimiento de la fotosíntesis como un fenómeno que tiene relación con el crecimiento de las plantas.

El papel del docente de Ciencias en primaria como un intelectual

El rol de un docente intelectual de ciencias es esencial en el proceso de construcción de conocimiento de los estudiantes, puesto que es un docente que reflexiona constantemente sobre su práctica en el aula, que se destaca por la profundización que posee en sus conocimientos tanto de lo disciplinar como de lo pedagógico, pero también en lo didáctico, al diseñar propuestas de aula como un ejercicio académico que le permita abordar preguntas que tienen que ver con la naturaleza del conocimiento, con sus procesos de producción y con estrategias de legitimación social, aspectos que le aportan los elementos para orientar las prácticas frecuentes de aula en la enseñanza de las ciencias naturales. Es

así como un docente intelectual no sólo debe poseer un sólido dominio de los conceptos, teorías y principios relevantes, sino que debe estar en la capacidad de relacionarlos con el mundo natural y social en el que se encuentra inmerso, y que además le posibilite poner en contexto las actividades propuestas en los diferentes materiales educativos destinados para la enseñanza de las ciencias.

El docente como intelectual, también se caracteriza por ser conocedor de las realidades del espacio en el que lleva a cabo sus prácticas de aula y en esa medida es propositivo e innovador en el diseño de actividades y rutas de aprendizaje que le permitan al estudiante poner en contexto lo construido de manera colectiva e individual en el aula, a partir del cuestionamiento de su experiencia básica, del reconocimiento de un fenómeno y en esa medida artificializarlo para imponer condiciones que le permitan responder a interrogantes del mundo natural, para luego proceder a complejizar las relaciones entre lo aprendido y lo conocido para aproximarse a un conocimiento científico escolar.

Aporte de la experiencia y la profundización teórica en la construcción de discurso para la Enseñanza de las Ciencias

La definición de criterios para la enseñanza de las ciencias, implica tener en cuenta que aunque el docente es un sujeto en constante cuestionamiento y reflexión de sus prácticas de aula, también es un sujeto que construye su discurso tanto desde la experiencia como desde la profundización teórica, que se pueden concebir una como complemento de la otra, y en otras ocasiones como acciones que le permiten de manera independiente: desde la experiencia, la cual proporciona ejemplos concretos y contextuales sobre un fenómeno natural; y desde la profundización teórica, que brinde los fundamentos sólidos que

enriquezcan la experiencia, permitiendo al docente presentar una visión más completa y precisa de las realidades de su entorno.

La experiencia del docente es un eje movilizador de prácticas de enseñanza en el aula, desde donde se promueve la construcción de conocimiento de los estudiantes que parte también de sus vivencias y que, en la escuela, logran ser vinculadas a los contenidos proyectados para un año escolar. Esta experiencia que se complementa con la formación del docente, permite entonces construir un discurso propio desde lo que se vivencia y de lo que se adquiere a partir del estudio teórico disciplinar y pedagógico, aspectos que contribuyen al fortalecimiento de los conocimientos que se construyen desde la escuela y que están en constante cambio o reestructuración, esto debido a que la ciencia no está definida por verdades absolutas sino por el cuestionamiento de sus teorías y postulaciones desde sus diferentes ramas del saber.

REFERENCIAS

- Candela, A. (1999). Evidencias y hechos. En: Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso. México: Paidòs Educador. 45-98.
- Fernández de C., Gepts, P. y López, M. (1986). Etapas de desarrollo de la planta de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Fernández, M. y Caballero, P. (2017). El libro de texto como objeto de estudio y recurso didáctico para el aprendizaje: fortalezas y debilidades. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 20(1), 201-217. doi: <http://dx.doi.org/10.6018/reifop.20.1.229641>
- Fernández, J., Guerrero, M., y Fernández, R. (2017). Las ideas previas y su utilización en la enseñanza de las ciencias morfológicas en carreras afines al campo biológico. Tarbiya, Revista De Investigación E Innovación Educativa, (37). doi: <https://revistas.uam.es/tarbiya/article/view/7220>
- Giordan, A. y De Vecchi, G. (1995). Los orígenes del saber de las concepciones personales a los conceptos científicos. Sevilla: Díada.
- Hanson, N. (1977). Observación. En Olivé, L. y Pérez, A. (Eds.), Filosofía de la ciencia: teoría y observación. México: Siglo XXI.
- Jara, O. (2018). La sistematización de experiencias: práctica y teoría para otros mundos posibles. Bogotá: Centro Internacional de Educación y Desarrollo Humano, CINDE.
- Linares, A.R. (2018). Desarrollo cognitivo: Las teorías de Piaget y de Vygotsky. Barcelona: Universidad Autònoma de Barcelona. doi: http://www.paidopsiquiatria.cat/files/teorias_desarrollo_cognitivo_0.pdf

- Mora Z., A. y Guido C., F. (2002). La enseñanza de las ciencias naturales en la escuela: problemas y perspectivas. *Revista Pensamiento Actual*. 3 (4). 17-26. doi: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/8236>
- Moreira, M. (1997). Aprendizaje significativo: Un concepto subyacente. En Moreira, M., Caballero, M. y Rodríguez, M. (Eds.), *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*. 19-44. Burgos, España.
- Pozo, G. y Gómez, M. (1998). Como aprenden los alumnos la ciencia. En J. Morata. (Eds.), *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. (17-32). Madrid: Ediciones Morata, S. L. doi: http://www.terras.edu.ar/biblioteca/6/TA_Pozo_Unidad_3.pdf
- Quintero, M. y García, E. (2013). Pensar y actuar en el aula. La construcción de conocimiento a través de la experimentación: el caso de la combustión. En Malagón, J., Ayala, M. y Sandoval, S. (Eds.), *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Un sentido para la enseñanza de las ciencias*. 55-84. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, CIUP.

BIBLIOGRAFÍA

Asimov, I. (1968). Fotosíntesis. Madrid: Ediciones Orbis.

Azcón, J. y Talón, M. (2013). Fundamentos de Fisiología Vegetal. Madrid: McGraw-Hill.

Baker, J. W. y Allen, G.E. (1970). Biología e investigación científica. Fotosíntesis. México: Fondo Educativo Interamericano

Bidwell, R.G. (1990). Fisiología Vegetal. México: AGT Editor, S.A.

Candela M., Ma. A. (1990). Como se aprende y se puede enseñar Ciencias Naturales. Revista Cero en Conducta, 20, 13-17. doi: <https://www.ceroenconducta.org/numero-20/>

Charrier Melillán, María, Cañal, Pedro y Rodrigo Vega, Maximiliano. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. Madrid: Revista Enseñanza de las Ciencias 24 (3), 401 – 410. doi: <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v24-n3-charrier-canal-rodrigo>

Cronquist, A. (1986). Botánica básica. México: Ed. Cecsá.

Derechos Básicos de Aprendizaje. (2017). Ciencias Naturales. Vol.1. Ministerio de Educación Nacional.

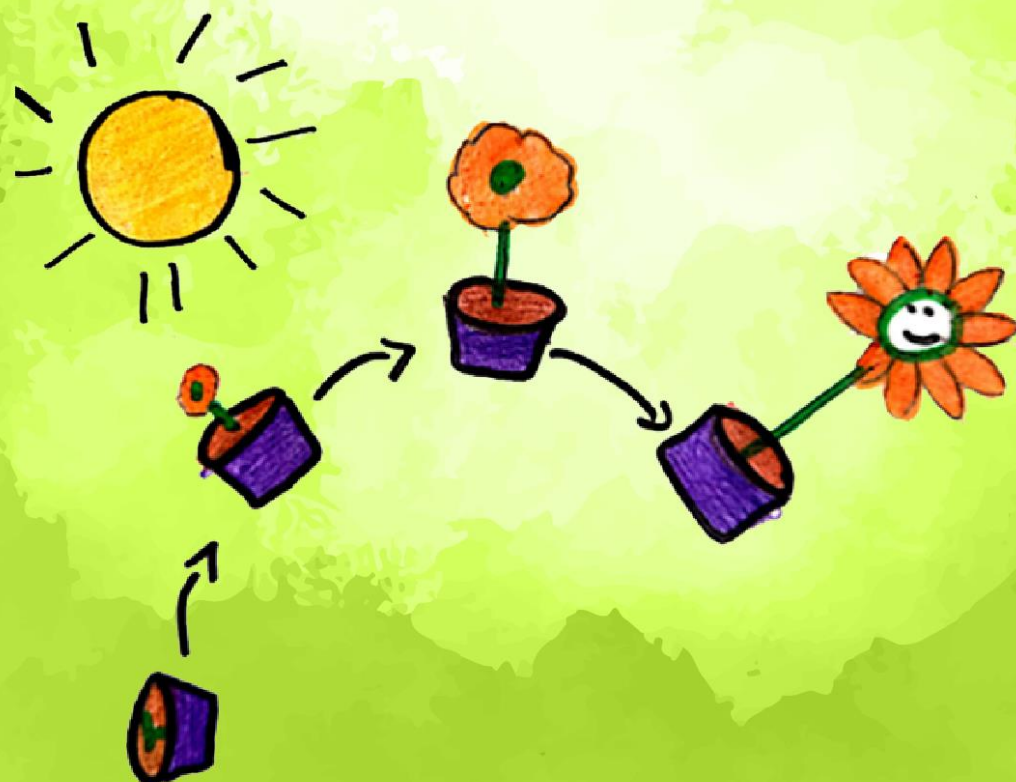
Duarte Castillo, Diana Marcela. (2014). El crecimiento como proceso biológico: condiciones que orientan su enseñanza en Educación Básica Primaria. [Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica Nacional]. doi: <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/9780/TO-16956.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

- Greulach, V. y Adams, J. (1980). Las plantas. Introducción a la Botánica Moderna. México: Editorial Limusa.
- Hernández-Sampieri, Roberto. (2014). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill. doi: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- François, Jacob. (1999). La organización. En: La Lógica de lo viviente. Una historia de la herencia. Barcelona: Tusquets Editores.
- Malagón, J., Ayala, M. y Sandoval, S. (2013). Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Un sentido para la enseñanza de las ciencias. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, CIUP.
- Megías, Manuel, Molist, Pilar y Pombal, Manuel A. (2022). Atlas de Histología Vegetal y Animal. Faculta de Biología, Universidad de Vigo. España: Textstudio. doi: <http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>.
- Morin, E. (1996). El problema del Conocimiento del Conocimiento. En Fischer, H. R., Retzer, A., Schweizer, J. (Eds.), El final de los grandes proyectos. Barcelona: Gedisa Editorial S.A.
- Nagel, E. (1981). La ciencia y el sentido común. En Nagel, E. (Eds.), La estructura de la ciencia: problemas de la lógica de la investigación científica. Barcelona: Paidós.
- Romero, A. (2013). La experimentación como potenciadora de reflexiones sobre la naturaleza de las ciencias. En Malagón, J., Ayala, M. y Sandoval, S. (Eds.), Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Un sentido para la enseñanza de las ciencias. 37-54. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, CIUP.

- Romero, A., Aguilar, Y. y Mejía, L. (2017). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores. El caso de la Experimentación. En A. Romero. (Eds.), La experimentación en la clase de ciencias: Aportes para una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas. (1-13). Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Sandoval, S., Malagón, J., Garzón, M., Ayala, M. y Tarazona, L. (2018). Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, CIUP.
- Solarte, M., Moreno, L. y Melgarejo, L. (2010). Experimentos en Fisiología Vegetal. Fotosíntesis y pigmentos vegetales. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Torres, A. (1999). La sistematización de experiencias educativas: Reflexiones sobre una práctica reciente. *Revista Pedagogía y saberes* (13). 5-15.
- Torres Martínez, G. I., y Guerrero Romero, J.E. (2018). El currículo de ciencias naturales en Colombia durante la segunda mitad del siglo XX: permanencias, transformaciones y rupturas. *Actualidades Pedagógicas*, (71), 63-87. doi: <https://doi.org/10.19052/ap.3885>
- Valencia Vargas, S., Orozco Cruz, J., Méndez Núñez, O., Jiménez Gómez, G. y Garzón Ortiz, J. (2003). Los Problemas de Conocimiento una Perspectiva Compleja para la Enseñanza de las Ciencias. *Revista Tecne, Episteme y Didaxis UPN*, (14). doi: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/issue/view/412>

Anexo 1. Cartilla la fotosíntesis: Los misterios de Sofía y Alex

LA FOTOSÍNTESIS: LOS MISTERIOS DE SOFÍA Y ALEX



POR: KAROL MARTÍNEZ

**Cuadernillo de actividades:**

La fotosíntesis: los misterios de Sofía y Alex

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

2023

Elaborada, diseñada e ilustrada por

Karol Viviana Martínez Rodríguez

Estudiantes grado tercero IED Tibaitatá

Asesoras

Ingrid Vera Ospina

Andrea Toledo Aranda

Docentes programa Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Material anexo al trabajo de grado titulado:

El estudio de la fotosíntesis como problema de conocimiento aporta a la comprensión del crecimiento en plantas en la Educación Básica Primaria



Hola **exploradores**,
soy **Sofía**, una curiosa
por los misterios
ocultos de las
plantas y juntos
vamos a descubrirlos
¡acompañame!



Hola, yo soy **Alex**,
un curioso como
Sofía y como ustedes
mis exploradores,
y juntos hallaremos
a través de pistas
y **muchas experiencias**
lo que las plantas
nos ocultan.
¡Manos a la obra!



Esta Cartilla pertenece a:

Nombre:

Curso:

Lo que más me gusta de las plantas es:



En este recorrido por el maravilloso mundo de las plantas, vas a encontrar mapas misteriosos, pistas escondidas, juegos y divertidas secciones, que te permitirán conocer y aprender a partir de tu propia experiencia cómo crecen las plantas.



No olvides traer todos tus instrumentos que te ayuden a ser un curioso explorador

Capítulo 1: los misterios de las plantas

¡Hola exploradores! En esta sección podrás encontrar diferentes aventuras que te ayudarán a descubrir el mundo misterioso de las plantas y a responder algunas preguntas: ¿son seres vivos? ¿cómo se alimentan? ¿cómo crecen y cómo puedo saber qué lo hacen? Ponte tu traje de explorador, alista tus lentes y tu libreta y empecemos juntos esta aventura.



Antes de iniciar nuestra aventura:

¿Por qué son las plantas seres vivos?



En cada sección podrás encontrar:



El misterio del día



Para tu libreta del explorador



Curioseando

Aventura Número 1

Los misterios de las plantas

Exploradores del misterio, ¡Bienvenidos al mundo de las plantas! Para conocerlas e ir más allá de lo visible, te proponemos la siguiente aventura solo para exploradores audaces y creativos.

En el siguiente mapa misterioso dejado por Alex y Sofía, están las pistas que debes seguir para descubrir la parte misteriosa de la planta que vas a explorar en esta cartilla. Esta actividad también lo puedes realizar en el colegio con tu profe y compañeros; o en casa con algún integrante de tu familia.

1. Lee muy bien las pistas que están en el pergamino y utiliza todas tus herramientas de explorador, porque cada vez que descubras una pista, debes complementar encontrándolas en el sitio donde realices el recorrido, haciendo los respectivos dibujos, tomando algunas muestras y realizando un escrito descriptivo de lo que observas:



Para resolver el misterio, nuestra amiga Lucy con su traje de curiosa exploradora, te ayudará a descubrirlo. ¡Acompáñala! Escribe tus respuestas en los cuadros que están en el mapa misterioso.

Pista 1: en todas partes las encontrarás, en la tierra y en el agua, y algunas en la atmósfera, y gracias a ellas aire limpio tendrás para respirar.

Pista 2: con esta parte de la planta, mucha agua podrá tomar del lugar en donde este, sin embargo, no te confíes, porque no siempre las podrás ver.

Pista 3: a veces grandes y leñosos son; en otras plantas muy pequeños y delgados de soporte están; y en otras ni siquiera los encontrarás porque las plantas no los necesitarán para crecer.

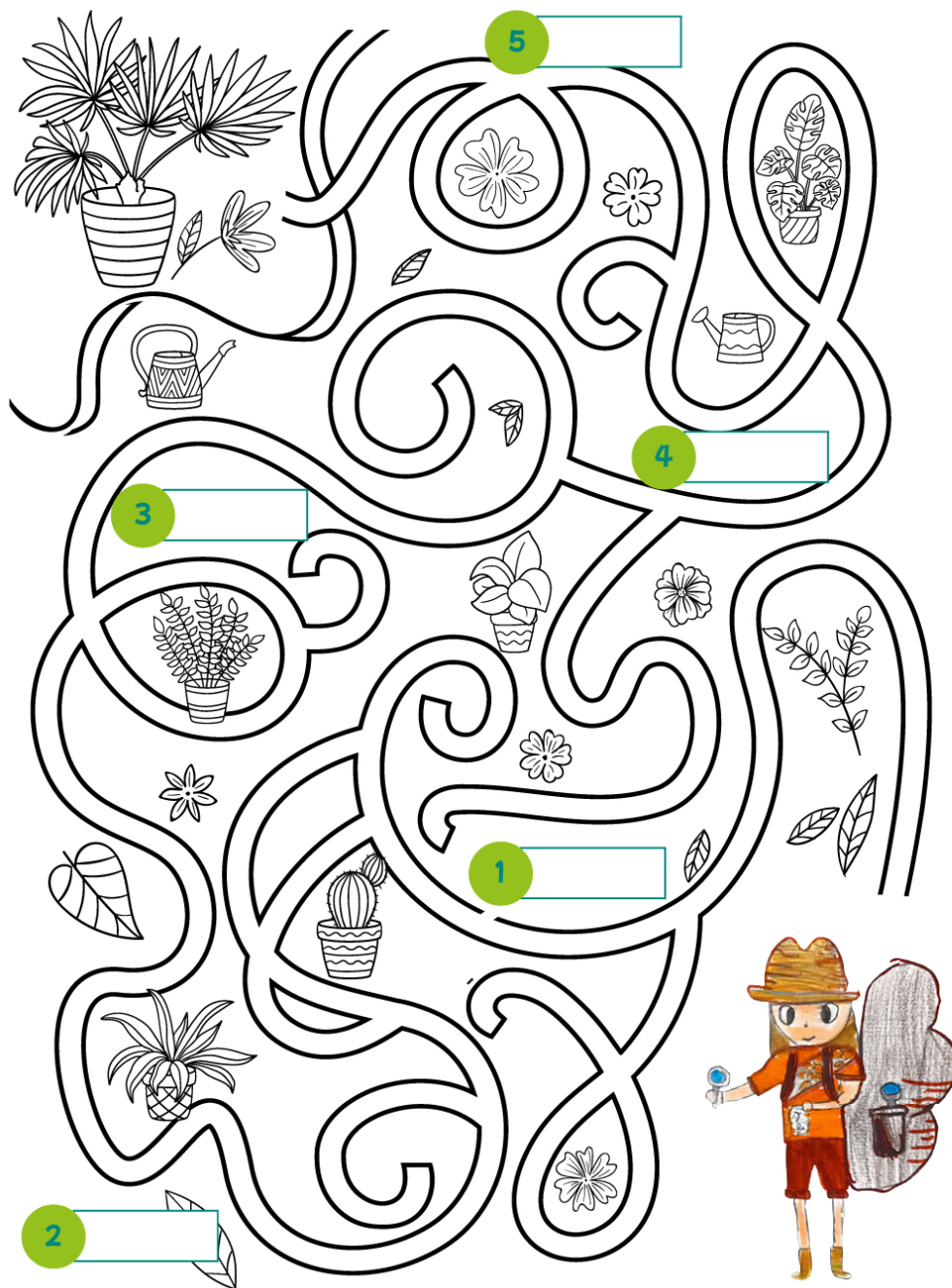
Pista 4: de colores muy vistosas las podrás observar; de diferentes formas también están; y muchos insectos y aves en sus pétalos se posarán, para poderse alimentar.

Pista 5: Con esta parte de la planta, ella se podrá alimentar con ayuda del agua y del Sol, pero no olvides que también le ayudará a crecer sin tener en cuenta el ambiente en el que este. Si descubriste todas las pistas y has llegado a la número 5, es muy posible que hayas encontrado la respuesta de la parte misteriosa de la planta que vas a explorar en esta aventura.

Misterio del día:

Sin el aire yo no vivo,
Sin la tierra yo me muero,
Tengo yemas sin ser huevo,
Y copa sin ser sombrero.

¿Quién soy? _____



Misterio del día: colorea las imágenes de las partes de las plantas que están en el mapa y relaciónala con el numero de la pista que vas descubriendo

2. En la siguiente tabla y con las pistas de las partes de la planta que lograste descubrir en el mapa, realiza las actividades que te piden Sofía y Alex, para que pongas en práctica tus habilidades de explorador:

Pista	Descripción	Dibujo
1. Recorre tu casa, tu colegio, o un parque cercano y escoge una planta que te llame la atención.	Color: _____ Tamaño: _____ Partes que observas: _____ _____	
2. Observando la raíz (trata de no arrancarla del todo).	Color: _____ Tamaño: _____ Partes que observas: _____ _____	
3. Observando el tallo.	Color: _____ Tamaño: _____ Partes que observas: _____ _____	
4. Observando las flores (si la planta que escogiste no tiene flores, continua con la siguiente pista).	Color: _____ Tamaño: _____ Partes que observas: _____ _____	
5. Observando las hojas.	Color: _____ Tamaño: _____ Partes que observas: _____ _____	

Curioseando, curiosoando: las plantas dormilonas pertenecen a una gran familia de plantas llamadas leguminosas (Fabaceae). La puedes reconocer, porque al igual que los fríjoles, sus semillas crecen dentro de vainas, y porque cada una de sus hojas esta formada por muchas hojitas diminutas. Cuando la tocas o haces un ruido muy fuerte, ellas pueden cerrar sus hojas y de ahí su nombre científico: Mimosa púdica.

Aventura Número 2

Las plantas: mundo biodiverso

En esta aventura, podrás descubrir a través de un recorrido por algunas de las diferentes clases de plantas, en qué hábitat las podemos encontrar y cuáles son esas características que les permiten sobrevivir en su entorno. Presta mucha atención a las descripciones, para que puedas hacer la actividad sugerida en este capítulo.

¿Cuántas conoces?

Plantas terrestres

Son todas aquellas que necesitan de un suelo estable para crecer. Poseen raíces, tallos y hojas que varían en tamaño, forma y estructura según el hábitat donde se encuentren. Entre ellas podemos encontrar:

Xerófitas

Viven en ambientes muy secos donde el agua es escasa, sus hojas y sus tallos tienen muchas espinas para poder absorber la humedad presente en el aire, sus raíces son muy largas pero poco profundas.



Coníferas

Viven en ambientes muy fríos, calurosos o secos, sus hojas tienen forma de espina o escamas, el tamaño de sus raíces y tallos puede ser muy variados, por lo que algunos son grandes árboles y otros son pequeños arbustos.

Suculentas

Viven en ambientes muy áridos y cálidos, lo que almacenan el agua en sus hojas, tallos y raíces. Sus hojas son gruesas y carnosas, y sus tallos también.



Plantas acuáticas

Son todas aquellas que necesitan de ambientes húmedos o acuáticos como pantanos, estanques u orillas de los ríos. Poseen raíces, tallos y hojas que se diferencian según se encuentren muy sumergidas o flotantes en el agua. Entre ellas podemos encontrar:

Sumergidas

Sus tallos y hojas están completamente sumergidos, por lo que sus raíces son muy pequeñas. Sus hojas son muy pequeñas, delgadas y numerosas.



Flotantes

Sus hojas flotantes y sus pequeñas raíces no están ancladas al sustrato, incluso algunas no tienen raíces.

Emergentes

Se caracterizan porque sus raíces están sumergidas y fijadas al sustrato, pero sus tallos y hojas están flotando, es decir, son aéreas. Se encuentran en las orillas de los ríos.



3. Escoge 5 plantas que encuentres en tu casa, en el colegio, en un parque o una salida a un campo abierto con tu familia. Toma algunas muestras de plantas y aprende a hacer un herbario escolar como te indicamos en el siguiente poster:

Forma de hacer Mi Herbario Escolar



Paso a paso construyendo mi herbario

1. Recolección de muestras: Para empezar a hacer tu herbario debes recolectar algunas plantas. Para eso necesitas:

- Tijeras (para cortar tallos)
- Sobres hechos de papel periódico
- Guía de plantas o un celular con la App iNaturalist



2. Prensar las muestras: Al llegar a casa deber prensar las muestras para que se sequen bien y puedas conservarlas por mucho tiempo antes de hacer tu herbario. Para esto necesitas:

- Papel periódico
- Trozos de cartón del mismo tamaño que el papel periódico
- Varios libros pesados



1. Coloca el papel periódico sobre el trozo de cartón.
2. Coloca las muestras sobre el papel periódico, con mucho cuidado de no arrugarlas y que no se toquen unas con otras.



3. Cubrelas con otro pedazo de papel periódico y de cartón (todos del mismo tamaño)
4. Coloca los libros pesados encima

3. Montar las muestras en el herbario: Para esto necesitas:

- Cartulinas u hojas gruesas de color blanco, o una libreta
- Cinta adhesiva transparente
- Lápiz



En cada cartulina u hoja de tu libreta, fija cada una de las muestras con la cinta adhesiva, y a un lado escribe los siguientes datos:

1. Nombre de la planta
2. Lugar de recolección
3. Hábitat
4. Fecha de recolección
5. Nombre de la persona que recolectó la muestra

¡Tu herbario está listo!

Cada vez que salgas de paseo, recuerda llevar tus instrumentos y recolectar algunas muestras. De esta manera podrás ir enriqueciendo tu herbario, para que lo puedas socializar con tus compañeros de clase

Aventura número 3

Las plantas: curiosidades relatadas por los pequeños

En esta sección, podrás leer algunas curiosidades relatadas por aventureros como tú, de lo que saben o les han contado sus amigos y familiares, sobre algunas de las plantas que están a su alrededor o que quizás nunca han observado con sus propios ojos. Presta mucha atención y ve pensando en algunas curiosidades que conozcas.

¿Qué sabes de las plantas?

Thiago

La planta Venus es una especie de planta carnívora que atrapa moscas y recibe su nombre por su apariencia.



Hellen

La sábila es muy buena porque puedes hacer remedios o para el cabello. Cuando tienes ojeras, la sábila de ayuda a quitarlas

Saray

El girasol es muy bonito, con sus tres colores: amarillo es con el sol; el dorado con la naturaleza y el verde con el pasto





Rachel

Esta planta tiene muchas hojas y cuando aparece el sol crece, igual que cuando le echas agua.

Juan Pablo

Produce un alimento y una bebida, y ese fruto es el coco. Se encuentra en las playas y junto al mar.



Larry

La planta carnívora come muchos insectos, como moscas, y las encierra en su boca.

Curioseando, curiosoando: Las plantas carnívoras no solo comen insectos. Algunas de ellas alcanzan tamaños hasta de dos metros y por eso también se pueden alimentar de ratas, ratones y reptiles pequeños como los lagartos.

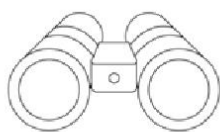
Para tu libreta de explorador: Con tu familia, indaga otras curiosidades de las plantas. Presta atención a sus relatos y escribe el que más curioso te parezca. Luego, dibuja la planta y colóreal.

Capítulo 2: Experimentando y Descubriendo



Hola aventureros. Bienvenidos al capítulo 2, en el que te acompañaremos en tu fase de curioso experimentador. Prepara tus herramientas de trabajo y ponte manos a la obra, porque en las diferentes aventuras que hemos diseñado para ti, descubrirás cómo hacen las plantas para alimentarse y cómo influye esto y el ambiente que habitan en su proceso de crecimiento.

Recuerda tener a la mano todos tus instrumentos en tu fase de experimentador (colorea y escribe sus nombres)











El terrario



Los terrarios son espacios cerrados en los que están presentes algunos seres vivos interactuando con el ambiente.

PLANTAS



Las condiciones ecológicas que en el terrario están presente son:

- Agua
- Luz
- Suelo
- Temperatura
- Aire

ANIMALES



Construye tu propio terrario

Aventura Número 4

El terrario voy creando y las plantas voy observando

Antes de empezar ten en cuenta:

1. Tener todos tus materiales listos.
2. Trabajar en un espacio limpio y amplio
3. Estar acompañado de un adulto responsable y seguir todas sus orientaciones

Los terrarios son espacios cerrados en los que puedes simular un ambiente en el que interactúan las condiciones ecológicas (agua, luz, suelo, aire y temperatura) con los organismos vivos allí presentes. En esta experiencia, podrás controlar las variables, que en este caso son las condiciones ecológicas, y observar que ocurre con las plantas si alguna de estas llegara a faltar.

Aunque también hay animales, recuerda que estamos observando y descubriendo los misterios ocultos de las plantas, por lo que es importante que una vez hayas terminado, decidas bien el lugar donde lo vas a ubicar, para que puedas revisarlo a diario y puedas ir anotando en tu libreta cualquier cambio que veas, describiéndolo con mucho detalle, como todo un investigador.



Materiales:

- Envase de vidrio mediano con un diámetro de unos 15 cm como mínimo (más pequeña no nos sirve y más grande requiere más materiales).
- Una bolsa de tierra negra.
- Una planta de crecimiento herbáceo como, por ejemplo: centavito, dólar, deditos, lágrimas de bebé, musgos u otros.
- Bolsita de arena de colores, una por cada color (mientras más colores mejor).
- Papel vinipel (del que se usa para empacar alimentos).
- Juguetes u objetos pequeños con los que quieras ambientar tu terrario (crea un mundo de fantasía en el que puedas encontrar alguno de tus personajes favoritos).
- Papel periódico.

Paso a paso para construir tu mundo misterioso



1. Coloca el papel periódico sobre una superficie plana y encima de este el envase de vidrio.



2. Agrega una capa de tierra negra en el fondo del envase de vidrio.



3. Encima de la capa de tierra, empieza a colocar arena de colores (una capa por cada color).



4. Encima de las capas de colores, coloca otra capa de tierra negra.



5. Planta en la tierra las herbáceas que hayas seleccionado para tu terrario y luego, decora con las figuras que hayas seleccionado.



6. Riega un poco de agua sobre la tierra. Ten cuidado de no agregar demasiada



7. Con el papel vinipel, coloca una capa sobre la boca de tu envase y sellalo muy bien (puedes usar un caucho)



8. Tómale una foto, para que puedas ir haciendo las comparaciones a medida que pasa el tiempo.

¡Lleva tu terrario a clase y socializa con tus compañeros!



4. Observa una vez por semana tu terrario y en la siguiente tabla de registro, anota de manera muy detallada los cambios que evidencies. No olvides anotar todos los cambios que evidencies, estos serán muy importantes para que escribas tu relato.

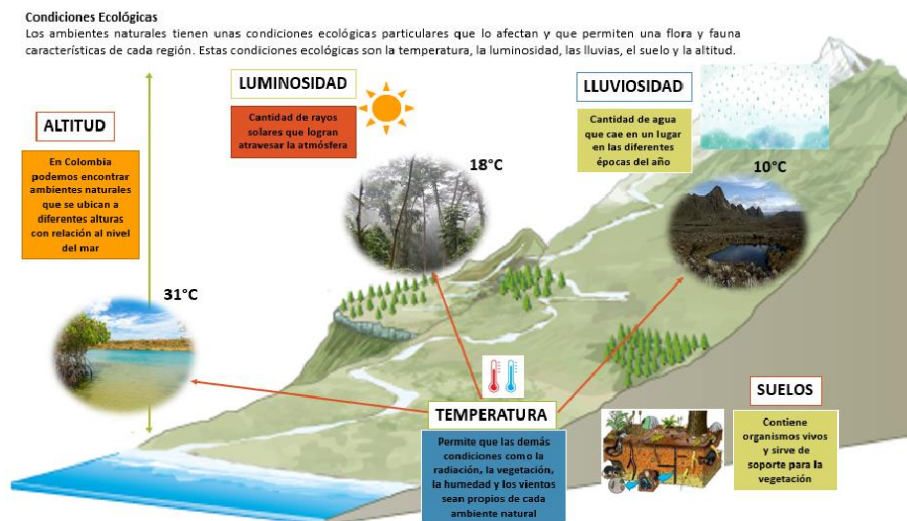
Fecha de observación	Desripción	Dibujo
Semana 1: _____		
Semana 2: _____		
Semana 3: _____		
Semana 4: _____		
Semana 5: _____		

Aventura Número 5

¿y cómo fabrican las plantas su alimento? experimentando con la fotosíntesis

En esta aventura podrás evidenciar con algunos experimentos sencillos, cómo de una semilla puede germinar una planta y qué ocurre si en este proceso variamos una de las condiciones ecológicas que ya trabajaste en tu terrario. Prepara todos tus sentidos, porque debes estar muy atento a todos los cambios que puedas evidenciar en cada una de tus observaciones:

Antes de empezar, ten en cuenta la siguiente información:

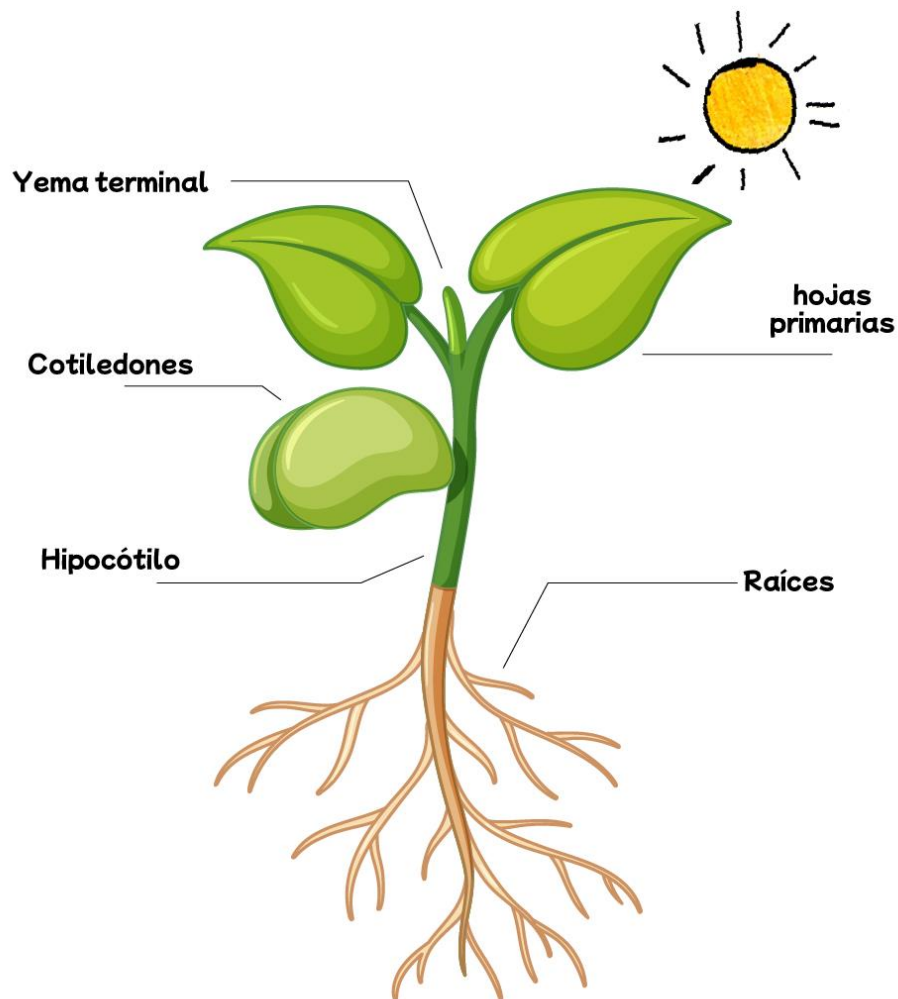


Estas condiciones ecológicas debes tenerlas en cuenta al momento de realizar tu montaje experimental, puesto que determinarán todo el proceso de la siembra, germinación y crecimiento de tu planta.

La semilla que vamos a trabajar en esta aventura es la del frijol, así que presta mucha atención a la información que te compartimos a continuación:

Crecimiento del frijol

La planta adulta de frijol es una hierba con una altura de 20 a 60 centímetros, sus hojas son de color verde con bordes suaves y crecen de forma opuesta a lo largo del tallo. El fruto de la planta es una vaina de 8 a 20cm de largo de color verde que tiene en su interior hasta 12 semillas de un centímetro y medio o dos.



Cuando sembramos el frijol en tierra, este no debe quedar muy profundo y estar hidratado. Con estas condiciones inicia la germinación.



Después de unos días, empezarás a notar como los tolledones se abren y emerge la primer radícula para convertirse en raíz primaria y se observa el hipocórito

Luego empezarás a notar que el hipocórito se alarga y se endereza hasta alcanzar su tamaño máximo y las hojas primarias ya formadas en el embrión de la semilla, crecen y se despliegan



Pronto observarás como las hojas se despliegan totalmente y se ubican de forma opuesta a lo largo del tallo. También se evidencia una yema terminal entre las dos hojas primarias.

Ahora que ya conoces algunos datos sobre la semilla que vas a sembrar, prepara todos tus materiales y sigue paso a paso las indicaciones para que no te pierdas ni un solo detalle de este proceso:



Montajes experimentales con semillas de frijol sembradas en tierra negra



Preparación de montajes

Montaje de luz: En este montaje, vamos a dejar las semillas de frijol en un espacio donde pueda recibir la luz del sol.

Montaje de oscuridad: En este montaje, vamos a dejar las semillas de frijol en un espacio donde no pueda recibir la luz del sol.

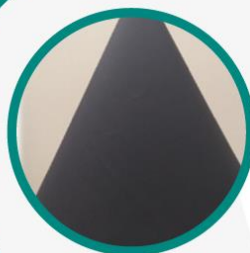


Materiales

- 10 frijoles rojos de paquete
- 2 botellas plasticas cortadas por la mitad horizontalmente
- Una bolsa de tierra negra
- Agua
- Cono de cartulina negra (con un diametro más grande que la botella)
- Ficha de registro

Paso a paso para el montaje

1. Remoja 10 frijoles en agua desde la noche anterior.
2. Corta las 2 botellas plásticas a la mitad de manera horizontal
3. Echa tierra en las dos botellas, coloca 5 frijoles de tal manera
4. En cada una de las botellas, coloca 5 frijoles de tal manera que queden a los costados (ni tan superficiales ni tan profundos)



Nota: Recuerda siempre pedir ayuda a tus padres para manipular objetos cortopunzantes y/o difíciles de manipular.

Indicaciones para los montajes

Montaje de oscuridad

- Este montaje debe quedar tapado con el cono negro que hiciste en cartulina y trata de que quede en un espacio donde o pueda recibir la luz del sol.
- Debes echarle agua a la tierra, siempre y cuando esta se vea muy seca.
- No muevas las semillas dentro de la tierra, estas deben permanecer en un solo lugar.



5. En la tabla que encuentras a continuación, ayuda a Lucy a registrar sus observaciones, sin perder ningún detalle. Luego, en tu libreta de explorador construye un relato de tu experiencia, en el que tengas en cuenta que diferencias encuentras entre las plantas que crecieron a la luz y las que lo hicieron a la sombra:

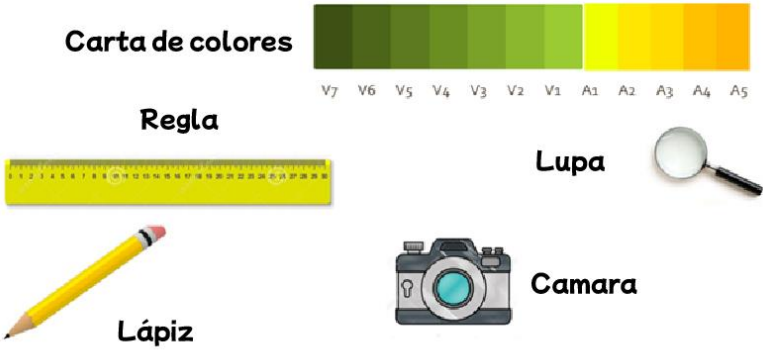
Montaje de luz

- Este montaje debe quedar en un espacio donde pueda recibir la luz del sol.
- Debes echarle agua a la tierra, siempre y cuando esta se vea muy seca.
- No muevas las semillas dentro de la tierra, estas deben permanecer en un solo lugar.



Momentos	Descripciones	
	Montajes de luz	Montajes de oscuridad
Siembra Fecha: _____	Tamaño de la semilla en cm: _____ Color: _____ Forma: _____	Tamaño de la semilla en cm: _____ Color: _____ Forma: _____
Aparición de la radícula o raíz primaria	Tamaño de la semilla en cm: _____ Color: _____ Forma: _____	Tamaño de la semilla en cm: _____ Color: _____ Forma: _____
Aparición del hipocótilo o tallo	Tamaño de la semilla en cm: _____ Color: _____ Forma: _____	Tamaño de la semilla en cm: _____ Color: _____ Forma: _____
Aparición hojas primarias	Tamaño de la semilla en cm: _____ Color: _____ Forma: _____	Tamaño de la semilla en cm: _____ Color: _____ Forma: _____
Planta con yema terminal	Tamaño de la semilla en cm: _____ Color: _____ Forma: _____	Tamaño de la semilla en cm: _____ Color: _____ Forma: _____

No olvides tener a manos todos tus instrumentos de explorador, para hacer los registros:



6. Continuemos cultivando tu espíritu aventurero, descubriendo algunos procesos que lleva a cabo la planta cuando le hacemos variación o cambios a alguna de las condiciones a las que se encuentra expuesta. Para esta experiencia debes repetir la siembra del fríjol, pero esta vez solo en un tarro y con una sola semilla. Debes ser muy cuidadoso con los pasos que debes seguir, y estar siempre muy alerta activando todos tus sentidos.



Materiales

- Una caja de zapatos.
- Cartones
- Planta de fríjol iniciando su germinación
- Regla
- Lápiz
- Tijeras
- Cinta adhesiva



Procedimiento

1. Recorta un cuadrado (no muy grande), en uno de los laterales de la caja.
2. Medir con la regla el largo de la caja y dividir en tres partes iguales, marcando las partes.



3. Pegar con la cinta adhesiva los cartones en las marcas de hicimos en el paso anterior
4. Colocar en posición vertical la caja y dejar la planta en la parte inferior, como se muestra en la imagen.

5. Cierra la caja.
6. Deja la caja cerca de una fuente de luz, es decir, donde pueda recibir mucho sol
7. Solo abre la caja para regar la planta de vez en cuando y hacer tus observaciones.



Registros

Observa tu planta una vez por semana por un mes, anota sus cambios en la tabla de registro y representa a través de un dibujo.

7. En la siguiente tabla registra tus observaciones por semana, no dejes pasar ningún detalle, para que luego puedas hacer un relato muy descriptivo de todo lo que evidencias en cada una de estas:

Fecha de observación	Desripción de lo observado	Dibujo
Semana 1: _____		
Semana 2: _____		
Semana 3: _____		
Semana 4: _____		
Semana 5: _____		

Para tu libreta de explorador: realiza un relato a partir de las descripciones que haces de tus observaciones. Cada detalle que evidencias es muy importante, puesto que te ayudará a responder la siguiente pregunta: ¿Por qué mi planta se mueve?

Aventura Número 6

¿Y si te dejas sorprender? estructuras internas de las plantas

En la aventura N°1 descubriste la parte de la planta que trabajaríamos en las siguientes secciones. ¿lo recuerdas? Si estas pensando en la hoja, ¡felicitaciones!

Has estado muy atento a tu recorrido.

Ahora, con las plantas de frijol que has sembrado y observado en su proceso de crecimiento, de las cuales has registrado los cambios en sus estructuras visibles a través del tiempo, vas a tomar una de sus hojas (una por cada montaje, es decir, una de la planta que creció en la luz y una de la oscuridad) y la estudiaremos más en detalle. Prepárate, porque si en las secciones anteriores debiste estar muy atento, en esta debes agudizar más tu sentido de la vista para no perderte de ningún detalle.

Antes de seguir con tu rol de curioso experimentador, lee la siguiente información y luego ponte en modo ¡Manos a la obra!



Curioseando, curiosoando: el microscopio fue inventado hacia los años de 1610 por Galileo Galilei y básicamente es un instrumento que permite colocar un objeto, iluminarlo y obtener una imagen más grande de este. Con el microscopio puedes observar aquello que el ojo humano no puede ver a simple vista.

En 1655, el científico inglés Robert Hooke fue el primero en observar láminas de corcho en un microscopio óptico y descubrió que estas estaban conformadas por celdas a las que llamo células.

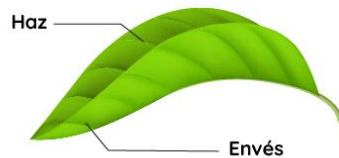
En el siguiente esquema encontrarás algunas imágenes de las estructuras internas de la hoja, las cuales solo podrás observar a través del microscopio. Debes estar muy atento a esta información, porque luego debes tener muy presente para poner en práctica lo que aquí has aprendido.

La Hoja

Estructuras internas

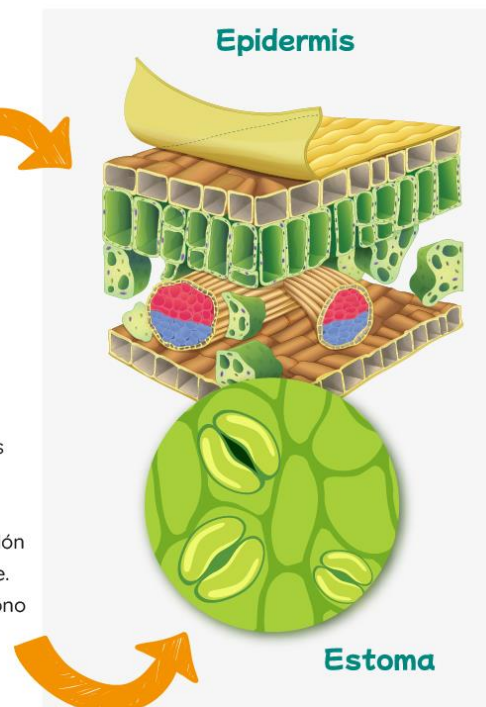
La hoja es la parte de las plantas en la que ocurre el proceso de la fotosíntesis, es decir, la transformación de la energía lumínica proveniente del sol en energía química que les sirve de alimento

El haz y el envés de las hojas están cubiertas por una lámina llamada limbo, que es una superficie cubierta por nervaduras



Epidermis

El haz y el envés de la hoja (que es lo que podemos ver a simple vista), esta conformado por tejidos internos que forman una capa o lámina protectora llamada epidermis. La epidermis permite la absorción de la luz y el intercambio de gases con el ambiente. Para este intercambio de oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua, existen en la epidermis unos pequeños orificios llamados estomas.



Tejidos de la hoja: El mesófilo

La hoja es la parte de las plantas en la que ocurre el proceso de la fotosíntesis, es decir, la transformación de la energía lumínica proveniente del sol en energía química que les sirve de alimento

Parénquima



Sección transversal



Sección longitudinal

Clorénquima



Sección transversal



Sección longitudinal

Esclerénquima



Sección transversal



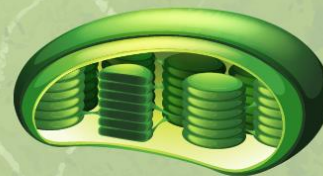
Sección longitudinal

El cloroplasto es la célula vegetal centro de activación de la fotosíntesis en la planta, es decir, aquel en el cual se transforma la energía lumínica en energía química. Los compuestos tienen un pigmento verde llamado clorofila, que es el responsable del color verde de las plantas.

Los cloroplastos no los podemos observar a simple vista, por lo que debemos usar un microscopio para poder identificarlos a través de un corte transversal o longitudinal muy delgado de la hoja.

En el mesófilo podemos encontrar millones de cloroplastos, que unidos forman los tejidos

El Cloroplasto



No olvides tener bien activos tus cinco sentidos en esta experiencia, para que no te pierdas de ningún detalle, porque aquí podrás descubrir con tus propios ojos cuales son las estructuras internas de la hoja que permiten realizar el proceso de la fotosíntesis y que en consecuencia produce cambios en las estructuras de la planta en su proceso de crecimiento:

Laboratorio de tejidos vegetales



1. Objetivos:

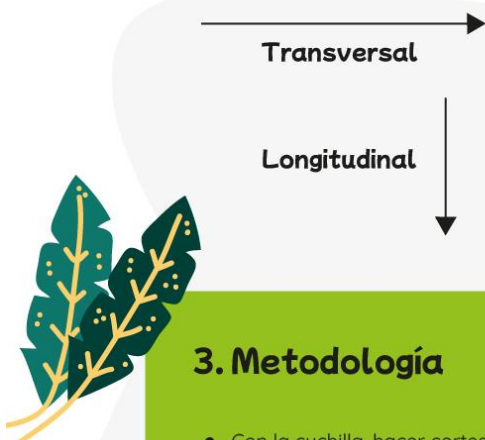
- Reconocer diferentes tipos de tejidos vegetales usando cortes transversales y longitudinales de tallos
- Identificar estructuras internas de la hoja de la planta como tejidos y células que la conforman



2. Materiales

- Cuchillas
- Pincel
- Gotero
- Caja de petri
- Agua
- Pipeta
- Lámina portaobjeto
- Lámina cubreobjeto
- Microscopio o lupa





3. Metodología

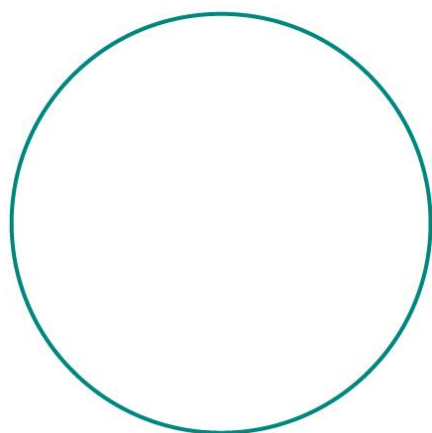
- Con la cuchilla, hacer cortes de tallos a mano alzada. Estos cortes deben ser muy delgados y de forma longitudinal y transversal.
- Los cortes más delgados y finos se van depositando en la caja de petri. Lacaja de petri debe estar humedecida, para que los cortes no se deshidraten.
- Seleccionar el corte más fino, es decir, que se vea más delgado pero que no haya perdido sus estructuras.
- Llevar el corte seleccionado al portaobjetos con ayuda de un pincel, echarle unas gotas de agua y opcionalmente azul de metileno y cubrir con el cubreobjetos.

4. Observaciones

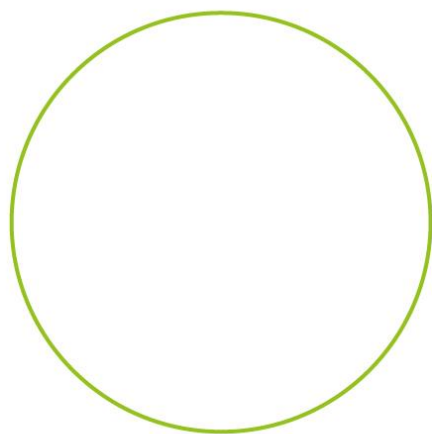
- La muestra que ya ha sido preparada en el paso anterior, se lleva al microscopio para ser observada y dibujada en tu sección de libreta del explorador
- Si en tu colegio no hay microscopio, puedes usar una lupa y dibujar todo lo que observas.
- No olvides hacer en tu dibujo cada detalle que observes y luego compartir tus representaciones con tus compañeros de clase



8. En los siguientes círculos, realiza un dibujo de lo que observaste (con el microscopio o con la lupa), luego socializa con tus compañeros y discute sobre las similitudes y diferencias que encuentran entre sus representaciones:



Corte transversal



Corte longitudinal



En las siguientes experiencias, podrás descubrir las sustancias de las plantas que permiten la fotosíntesis, es decir, los pigmentos fotosintéticos. Recuerda que en la infografía de la hoja ya te habíamos hablado de la clorofila, que se encuentra en el cloroplasto y que es el responsable del color verde de las plantas.

Con estas dos experiencias sencillas que te proponemos, podrás observar como existen unas sustancias en la planta, que viajan a través de todas sus estructuras y que posibilitan ciertas funciones en su proceso de fotosíntesis.



9. Alista todos los materiales y ponte en modo ¡Manos a la obra!

Experiencia #1

Coloración de flores

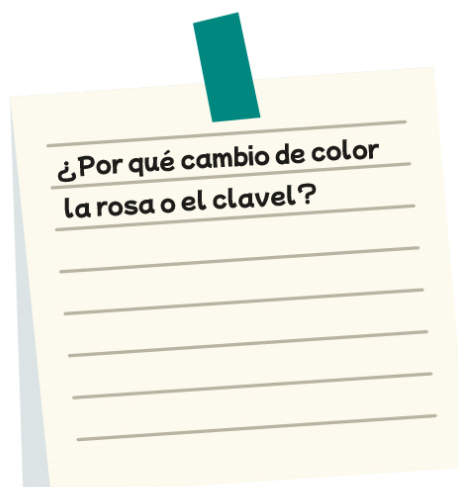
Materiales

- Rosas o claveles blancos
- Vaso de plástico
- Agua
- Colorante artificial amarillo
- Cuchillo



Procedimiento:

1. Llena con agua hasta la mitad del vaso.
2. Echa en el agua una cucharadita del colorante artificial amarillo y revuelve hasta que disuelva completamente.
3. Con ayuda de un adulto responsable, corta el tallo de la rosa o el clavel de manera transversal y rásgalo un poco.
4. Introduce la rosa o el clavel dentro del vaso con agua y colorante, y déjala en un lugar sin tanta luz por dos o tres días.
5. Registra tus observaciones, realiza un dibujo y responde la siguiente pregunta:

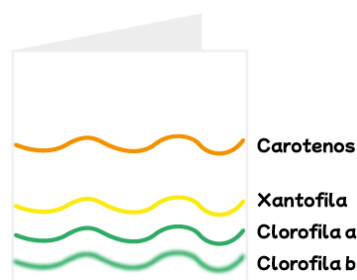


Experiencia #2

Extracción de pigmentos y separación de clorofila por cromatografía en papel

Materiales

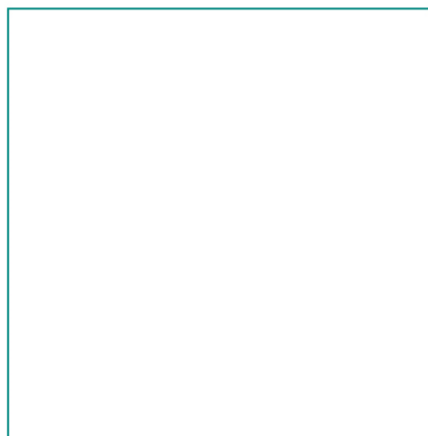
- Hojas de las plantas de frijol que sembraste (una de la luz y una de la oscuridad).
- Arena.
- Mortero o taza de vidrio.
- Tijeras.
- Bowl transparente pequeño de vidrio o caja de Petri.
- Embudo de plástico.
- Papel filtro.
- Alcohol de 96%



Curioseando, curiosoando: la cromatografía es una técnica que permite separar mezclas de sustancias, a través del uso del etanol y el papel filtro.

Procedimiento:

1. Coloca las hojas de la planta de frijol, cortadas en pedacitos, en el mortero o la taza de vidrio.
2. Añade el alcohol y la arena en el mortero.
3. Tritura hasta que los pigmentos de las hojas sean disueltos por el alcohol.
4. Una vez el alcohol tome una coloración verde intensa, filtra el contenido del mortero con ayuda del embudo y el papel filtro sobre el bowl o la caja de Petri.
5. Corta una tira de papel filtro de 4cm de ancho por 15 cm de largo y sumerge un extremo de manera vertical sobre el líquido del bowl o la caja de Petri.
6. Deja el papel sumergido unos 20 o 30 minutos, saca la tira del papel y deja secar al aire.
7. Observa la coloración que quedo en el papel e identifica, con ayuda de la gráfica que aquí te dejamos, que tipo de pigmentos fotosintéticos tienen las hojas de tu planta de frijol.



¿Crees que el pigmento que observas en el papel filtro tiene que ver con el color de tu planta?

Capítulo 3

La aventura de la fotosíntesis: Tras los rastros del crecimiento

Aventurero, has llegado al capítulo 3.

¡Bienvenido!

Eso quiere decir que has realizado todas las experiencias que te propusimos y que ahora es tu turno de construir explicaciones sobre la fotosíntesis y los cambios que experimentan las plantas en su proceso de crecimiento.

Saca todas tus habilidades de escritor y construye tus propios relatos.

¡Manos a la obra!



Como te pudiste dar cuenta, las plantas necesitan de muchos factores para poder llevar a cabo procesos biológicos que le permiten sobrevivir en diferentes ambientes naturales. Se podría decir, que la planta se beneficia de todas las condiciones ecológicas que están a su alrededor, pero como te pudiste dar cuenta en las experiencias que realizaste, lo puede hacer también cuando le falta alguna de estas, aunque haya cambios notables en sus estructuras.

10. Con la experiencia de los montajes del crecimiento de las plantas de fríjol en la luz y en la oscuridad, ¿Cuál fue la estructura en la que más notaste cambios?



Fotosíntesis

En el proceso por el que las plantas utilizan dióxido de carbono, agua y energía luminosa para producir oxígeno y glucosa (un azúcar que almacena energía)

¿Sabías qué?

Las plantas, las algas y un grupo de bacterias denominadas cianobacterias son organismos capaces de realizar la fotosíntesis.

Fases de la Fotosíntesis

1

La energía de la luz solar es absorbida por las hojas a través de la clorofila.

2

Las moléculas captadoras de energía de las hojas almacenan la energía absorbida.

3

Se forman moléculas de azúcar que la planta utiliza como fuente de energía

Transferencia de energía

Lo que comemos es producto o tiene algo que fue producto de la fotosíntesis



Carne y lácteos

Algunos animales comieron alimentos de origen vegetal



Pan, harina, pasta

Proceden de granos que crecen en algunas plantas



Postres y bebidas

Contiene azúcar, un subproducto vegetal

Aventura Número 7

¿Qué aprendimos? relatando mi experiencia

Para completar esta aventura, es importante que tengas en cuenta todo lo trabajado en las aventuras anteriores, los resultados que obtuviste en las diferentes experiencias y las conclusiones a las que llegaste en cada una de estas.

- 11.** El relato que vas a construir debe tener unas especificaciones que te daremos a continuación y debe dar cuenta de la siguiente pregunta:

¿de qué manera el crecimiento de las plantas esta relacionado con el proceso de la fotosíntesis?

- 1.** Crea un título que sea muy llamativo y que de cuenta de lo que va a contener tu escrito.
- 2.** Realiza un párrafo de resumen, en el que contarás rápidamente que vas a informar en tu escrito.
- 3.** Divide tu escrito en dos o tres subtítulos, dependiendo de las partes que consideres necesario explicar.
- 4.** Utiliza algunas fotos o dibujos que complementen lo que estas informando.
- 5.** Escribe algunas conclusiones a las que hayas llegado luego de realizar todas las experiencias propuestas en este recorrido.
- 6.** Procura que tu escrito tenga tres o cuatro párrafos, y no omitas ninguna información.

Escribe aquí tres frases resumen que contesten la pregunta que te hicimos. Luego úsalas para desarrollar el contenido de tu artículo:

1

2

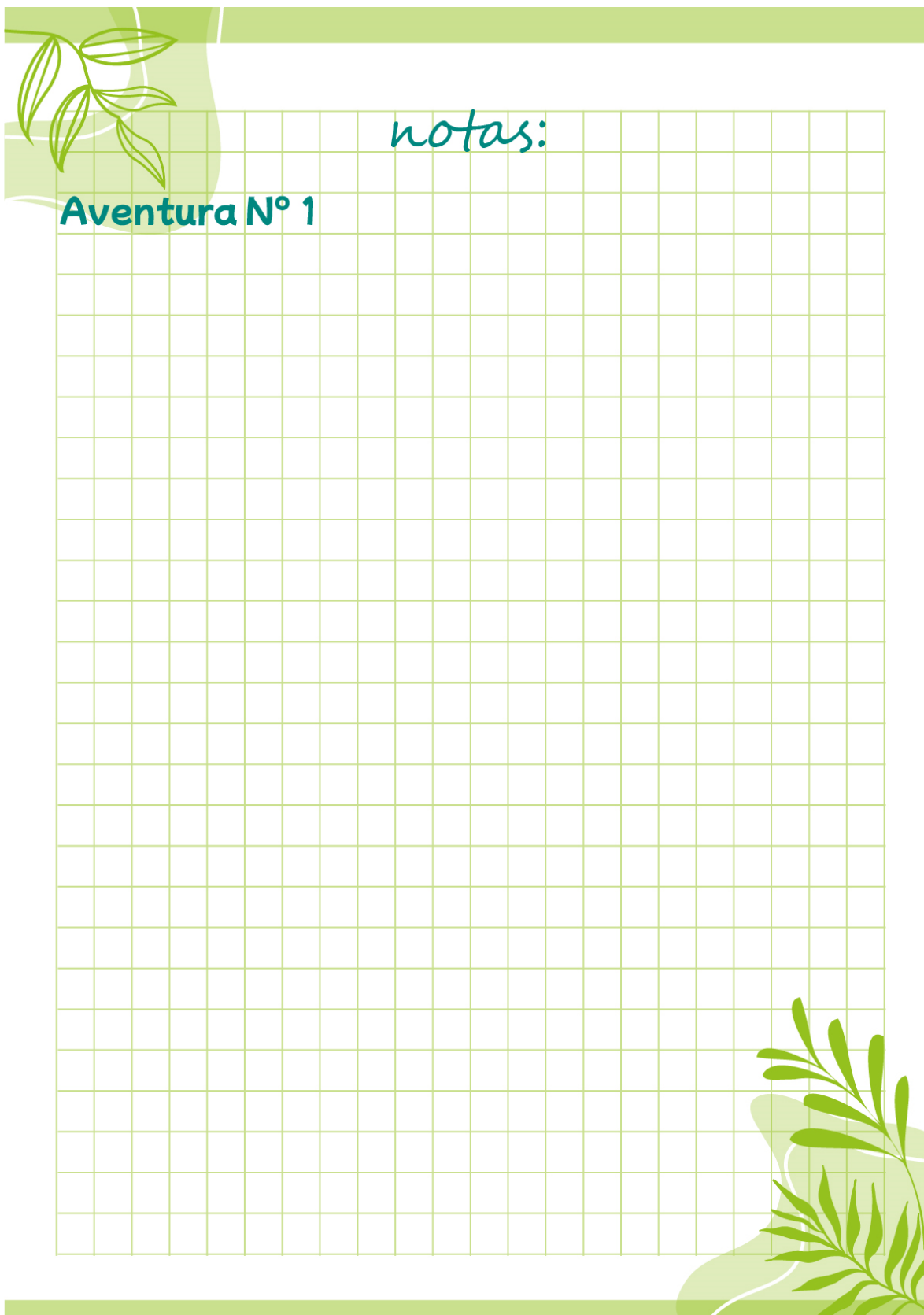
3

12. Con la siguiente nube de palabras, construye un relato sobre toda la experiencia y las aventuras que has recorrido con las actividades de esta cartilla. La idea es que sea una construcción tuya de todo lo que has aprendido con respecto a la relación que existe entre el proceso de la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas. Una vez lo tengas listo, represéntalo en un videoclip de no más de 5 min, súbelo a YouTube y compártelo con tus compañeros de clase, familia y amigos cercanos.

Curioseando, curiosando: para hacer tu video, puedes usar diferentes escenarios, hacer títeres o entablar diálogos en el que participen algunos integrantes de tu familia.



Aventurero, has llegado al final de este recorrido. Pero recuerda, tu espíritu aventurero te puede llevar a descubrir muchos misterios más, solo depende de ti activar al máximo tus sentidos y ver el mundo maravilloso que esta a tu alrededor. No olvides siempre tener tu traje de explorador y ponerte **!Manos a la obra!**





notas:

Aventura N° 2

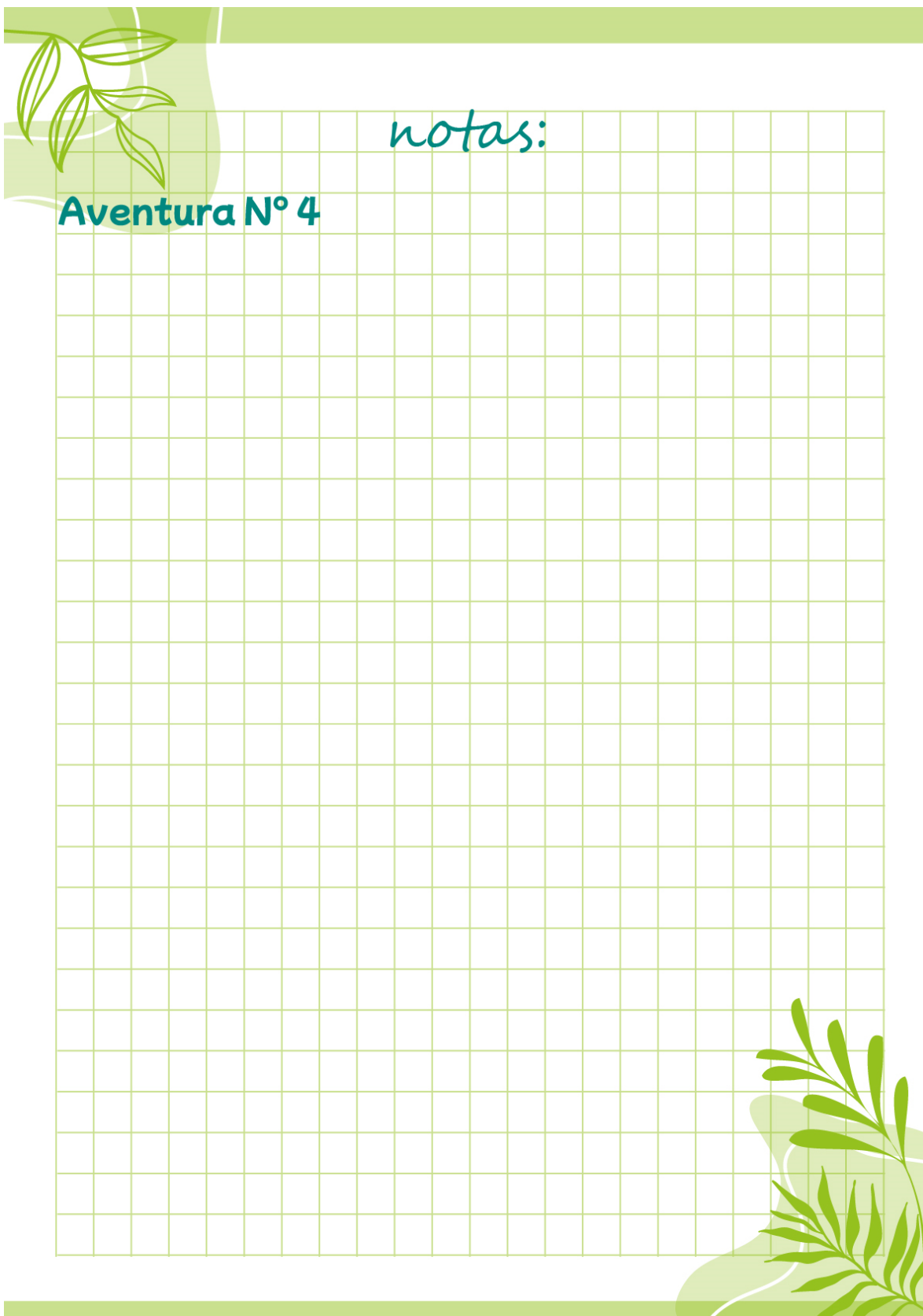




notas:

Aventura N° 3







notas:

Aventura N° 5





notas:

Aventura N° 6





notas:

Aventura N° 7



Recomendaciones para el maestro		
Aventura	Página	Sugerencias para el desarrollo de la clase
Aventura N°1 Los misterios de las plantas	5	Esta aventura tiene como objetivo identificar conocimientos previos que tienen los estudiantes sobre las plantas a partir de una serie de adivinanzas. Permita que sean leídas en clase y que entre todos encuentren la respuesta correcta. En la segunda parte de la clase, explique cómo se debe diligenciar la tabla de registro y posteriormente haga grupos de 4 o 5 estudiantes, para que hagan el recorrido por el colegio y que cada grupo se ubique en un lugar diferente, para que escojan plantas diferentes y sus características puedan ser socializadas en la siguiente clase. Si el colegio no cuenta con zonas verdes, proyecte una galería de plantas que estén presentes en su contexto inmediato y solicite a cada grupo escoger una de estas y realizar las descripciones de la tabla.
Aventura N°2 Las plantas mundo biodiverso	9	Permita que los estudiantes lean la información de la infografía, observen las características de las plantas y las relacionen con las condiciones ecológicas mencionadas. De manera opcional, puede proyectar una galería de otras imágenes con las características de las plantas mencionadas. En la segunda parte de la clase, explique el objetivo de realizar un herbario y describa el paso a paso que deben seguir para construirlo. Si es posible, solicite en la clase anterior los sobres hechos con papel periódico y las tijeras, haga un corto recorrido en el colegio para escoger una planta y realice el corte de un tallo con hoja e indique como guardarlo en el sobre. Explique que este mismo procedimiento deben realizarlo con 5 plantas diferentes y con cada una seguir el mismo orden.
Aventura N°3 Las plantas: curiosidades relatadas por los más pequeños	12	Para esta aventura, solicite a los estudiantes la clase anterior consultar con sus familias y amigos más cercanos, algunas de las curiosidades que conozcan de las plantas. Pídale que escriban algunas en la libreta del explorador y las traigan a la clase, para que puedan ser compartidas y socializadas con los compañeros. Anote algunas en el tablero e identifique junto con los estudiantes las características más relevantes.

Recomendaciones para el maestro		
Aventura	Página	Sugerencias para el desarrollo de la clase
Aventura N°4 El terrario voy creando y las plantas voy observando	16	Proyecte ante la clase la infografía que está en la cartilla sobre el terrario, explique sus características más importantes y permita que los estudiantes hagan preguntas. Luego, explique el paso a paso para construirlo en casa e indíqueles que pueden utilizar figuras de sus personajes favoritos para representar su mundo de fantasía. Posteriormente, muestre la tabla de registro y haga un ejemplo de cómo debe ser diligenciada. Recomiende a sus estudiantes, que el terrario no debe ser abierto en ningún momento, ni hacer cambios en ninguna de sus condiciones ecológicas y que siempre debe permanecer en el mismo lugar de la casa.
Aventura N°5 ¿y cómo fabrican las plantas su alimento? Experimentando con la fotosíntesis	19	En esta aventura se debe hacer un fuerte trabajo de conceptualización, sobre cada una de las condiciones ecológicas trabajadas en la aventura anterior y la forma en que estas intervienen en el proceso de crecimiento de las plantas. Luego, explique las características más importantes de la semilla del frijol, de su proceso de germinación y de su crecimiento, esto para que puedan diligenciar la tabla de registro. Luego, proyecte como se deben hacer los montajes en la luz y en la oscuridad de las semillas de frijol y de los cuidados que se deben tener en este proceso. Explíqueles, que además de este montaje, deben hacer otro a la par y las especificaciones que debe tener, esto teniendo en cuenta que será complemento de la primera experiencia.
Aventura N°6 ¿y si te dejas sorprender? Estructuras internas de la planta	28	En esta aventura debe tener en cuenta que las experiencias aquí descritas, necesitan de algunos materiales que no se puedan encontrar en el colegio. Si no se cuenta con todos los materiales para cada estudiante, realice una clase demostrativa sobre cada una de las experiencias y proyecte algunas imágenes de cortes de las plantas vistas al microscopio. Si es posible hacer los cortes en el colegio, haga todo el proceso, y solicite a los estudiantes en la clase anterior una lupa, para que puedan observar algunas de las estructuras internas más visibles. Para la siguiente clase, solicite algunos materiales para realizar las experiencias #1 y #2, y realícelos en la clase con los estudiantes y pida que vayan haciendo las observaciones y registrándolas en la libreta del explorador, para posteriormente responder las preguntas.

Recomendaciones para el maestro		
Aventura	Página	Sugerencias para el desarrollo de la clase
Aventura N°7 ¿qué aprendimos? Relatando mi experiencia	40	En esta aventura, en el tablero haga un resumen con la secuencia de actividades que se han realizado hasta este punto y permita que los estudiantes lleguen a la conclusión que todas las actividades aquí propuestas están relacionadas unas con otras y que existe una conexión entre estas para responder a la pregunta formulada para la redacción del artículo científico. Permita además que haya un diálogo entre los estudiantes y que puedan llegar a tener puntos de vista en común. Explique cómo se debe redactar un artículo científico y cuáles son sus partes.

Referencias

Xerófitas. Fecha de consulta: 10 de marzo, 2023 desde

<https://www.jardineriaon.com/plantas-xerofilas-o-plantas-del-desierto.html>

Coníferas y Suculentas. Fecha de consulta: 10 de marzo, 2023 desde

<https://tiposdeplanta.com/tipos-de-arboles/coniferas/>

Sumergidas, flotantes y emergentes. Fecha de consulta: 10 de marzo, 2023 desde

<https://tiposdeplanta.com/tipos-de-arboles/coniferas/>

El herbario. Fecha de consulta: 21 de marzo, 2023 desde

<https://www.montessoriencasa.es/herbario-ninos/>

Terrario. Fecha de consulta: 25 de marzo, 2023 desde

<https://hogarense.com/terrario-de-suculentas/>

Ilustraciones

<https://www.freepik.es/>

Condiciones ecológicas y crecimiento del fríjol.

Fecha de consulta: 3 de abril, 2023 desde

Trabajo de grado Estudio de la luz como condición ecológica que influye en el crecimiento de una planta de fríjol *Phaseolus vulgaris*, con niños de tercer grado.

Martínez Karol

Corte transversal de una hoja. Fecha de consulta: 09 de mayo, 2023 desde

<https://www.istockphoto.com/es/foto/c%C3%A9lulas-vegetales-bajo-microscopio-gm1317777812-405109325>



LA FOTOSÍNTESIS: LOS MISTERIOS DE SOFÍA Y ALEX

POR: KAROL MARTÍNEZ