

ESTUDIO DE LA LUZ COMO CONDICIÓN ECOLÓGICA QUE INFLUYE EN EL  
CRECIMIENTO DE UNA PLANTA DE FRÍJOL, *PHASEOLUS VULGARIS* CON  
NIÑOS DE TERCER GRADO

KAROL VIVIANA MARTÍNEZ RODRIGUEZ

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

2020

ESTUDIO DE LA LUZ COMO CONDICIÓN ECOLÓGICA QUE INFLUYE EN EL  
CRECIMIENTO DE UNA PLANTA DE FRÍJOL, *PHASEOLUS VULGARIS* CON  
NIÑOS DE TERCER GRADO

KAROL VIVIANA MARTÍNEZ RODRIGUEZ

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN  
DOCENCIA DE LAS CIENCIAS PARA EL NIVEL BÁSICO

ASESORES

STEINER VALENCIA VARGAS

INGRID VERA OSPINA

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

2020

*“Lo que vemos del mundo son traducciones del mundo”*

*Edgar Morin*

*“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 Andrés por su apoyo en el desarrollo de herramientas tecnológicas que se implementaron en la ruta.*

*A mis asesores Steiner Valencia Vargas e Ingrid Vera Ospina 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 EDCNB por sus valiosos y significativos aportes desde los diferentes espacios de formación en la consolidación de la propuesta de trabajo.*

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	10
1. CONTEXTO PROBLEMÁTICO .....	14
1.1. Reflexiones sobre las prácticas frecuentes de aula al respecto de la enseñanza de las Ciencias Naturales. ....	14
1.1.1. Implicaciones y tensiones relacionadas con el currículo de ciencias en la Educación Básica. ....	17
1.1.2. El papel de la información en la enseñanza de las Ciencias.....	21
1.1.3. Uso y papel de los textos escolares y su incidencia en las prácticas frecuentes en la enseñanza de las ciencias en la Educación Básica. ....	23
1.1.4. El papel de la experiencia y la cotidianidad de los estudiantes en las prácticas frecuentes de la enseñanza de las ciencias. ....	26
1.1.5. Reflexiones y cuestiones derivadas de los espacios de formación en la EDCNB.....	29
1.2. Delimitación del Problema De Estudio .....	31
1.3. Objetivos .....	34
1.3.1. Objetivo General.....	34
1.3.2. Objetivos Específicos .....	34
1.4. Justificación .....	34
2. CONTEXTO TEÓRICO .....	37
2.1. Contexto teórico disciplinar .....	37
2.1.1. ¿De dónde obtienen su alimento las plantas? Explicaciones con relación a la influencia de la luz y el agua.....	38
2.1.2. El crecimiento en plantas.....	63
2.1.3. <i>Phaseolus vulgaris</i> o frijol común .....	69
2.2. Contexto teórico pedagógico.....	72
2.2.1. Reflexiones acerca de la construcción del conocimiento .....	72
2.2.2. Papel del experimento en la enseñanza de las ciencias en básica primaria.....	77
3. PROCEDER METODOLÓGICO .....	85
4. INTERVENCIÓN EN EL AULA .....	91

4.1. Caracterización del Contexto institucional .....	91
4.1.1. Condiciones institucionales.....	93
4.1.2. Caracterización de los actores.....	95
4.2. Descripción de la propuesta .....	96
4.2.1. Sentidos orientadores .....	96
4.2.2. Nombre y generalidades.....	99
4.2.3. Descripción de fases .....	100
5. SISTEMATIZANDO LA EXPERIENCIA DE AULA.....	108
5.1. Estudiando la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas.....	112
5.1.1. Agrupación Condiciones ecológicas y ambientes naturales .....	114
5.1.2. Agrupación Montajes experimentales y Control de condiciones.....	121
5.1.3. Agrupación Crecimiento de la planta de fríjol y cambios en el tiempo	127
6. REFLEXIONES FINALES.....	136
REFERENCIAS .....	141

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Experimento de Van Helmont .....	40
Ilustración 2. Experimento de Stephen Hales .....	43
Ilustración 3. Experimentos de Ingenhousz .....	44
Ilustración 4. El experimento de Berthollet .....	46
Ilustración 5. Primer experimento de Senebier .....	47
Ilustración 6. Estructura interna de una hoja. ....	51
Ilustración 7. Diferentes tipos de plástidos que se encuentran en la célula vegetal .....	52
Ilustración 8. Estructura de un cloroplasto.....	53
Ilustración 9. Espectro visible de la luz que puede percibir el ojo humano .....	56
Ilustración 10. El espectro de absorción de las clorofilas a y b.....	57
Ilustración 11. Espectros de absorción de algunos pigmentos fotosintéticos.....	59
Ilustración 12. Curva de la tasa del crecimiento ideal.....	65
Ilustración 13. Etapas de desarrollo de la fase vegetativa de un cultivo de frijol común .....	70
Ilustración 14. Etapas de desarrollo de la fase reproductiva de un cultivo de frijol común. ....	71
Ilustración 15. Representaciones de los estudiantes sobre los elementos del paisaje cerca de su colegio. ....	116
Ilustración 16. Representaciones de los estudiantes sobre un ambiente natural conocido.....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ruta de intervención en el aula.....101

Tabla 2. Agrupaciones y descripción de criterios para la sistematización.....113

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Taller N°1. Reconociendo mi entorno y estableciendo relaciones entre las condiciones ecológicas.....	146
Anexo 2. Infografía condiciones ecológicas.....	151
Anexo 3. Ficha crecimiento del frijol.....	152
Anexo 4. Matriz de seguimiento del crecimiento del frijol.....	153

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado titulado “Estudio de la luz como condición ecológica que influye en el crecimiento de una planta de frijol *Phaseolus vulgaris*, con niños de tercer grado” está desarrollado con base en los lineamientos del programa de Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico (EDCNB) de la Universidad Pedagógica Nacional, como una propuesta que surge principalmente del interés de la docente al respecto de las implicaciones que se generan al abordar el tema de la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas y de las prácticas frecuentes que giran en torno a su enseñanza en la clase de ciencias naturales. Es así, que desde los diferentes espacios de formación de la especialización, se reconfirma la idea de concebir que la enseñanza de las ciencias naturales no se limita a la transmisión y memorización de conceptos a través de los libros de texto u otras herramientas didácticas, sino que esta debe estar enfocada a partir de una dimensión cultural de la actividad científica, es decir, pensar la ciencia como una actividad de la cultura que influye en algunas transformaciones que tienen lugar en el ejercicio intencionado de la construcción de conocimiento en ciencias (Valencia, Orozco, Méndez, Jiménez y Garzón, 2003).

Por lo anterior, y con base en ese ejercicio de reflexión acerca de las prácticas frecuentes de aula en la enseñanza de las ciencias naturales, se identifican algunas problemáticas que se presentan al abordar el tema de la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas desde una perspectiva fragmentada y como eventos aislados en el tiempo y el espacio, y que se puede enmarcar entonces en la categoría de problemas de conocimiento (PC) propuesta por Valencia et al., (2003), en la que se propone la formulación, diseño e implementación de propuestas de enseñanza que favorezcan o enriquezcan las diferentes estrategias que asumen los sujetos para construir 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*.

La propuesta de intervención en el aula se implementó de manera remota con 34 estudiantes de grado tercero de la sede Cortijo de la Institución Educativa Departamental Tecnológico de Madrid, la cual tuvo como propósito diseñar y realizar seguimiento a montajes experimentales para estudiar la influencia de la luz en el crecimiento de la planta de frijol, en la que se planearon diferentes actividades relacionadas con cada uno de los tres momentos propuestos desde la categoría de PC y cuyos registros fueron leídos y organizados para realizar un ejercicio de sistematización basado en la constitución de agrupaciones. Para el diseño de la propuesta se llevó a cabo de manera previa un ejercicio de documentación teórica tanto en lo disciplinar y lo pedagógico, que contribuyeron a la interpretación de los registros con los cuales se construyó un discurso pedagógico al respecto del objeto de estudio en el que se presentan los alcances y las proyecciones de la propuesta.

El trabajo escrito está constituido por seis capítulos: ***Contexto problemático, Contexto teórico, Proceder metodológico, Intervención en el aula, Sistematización de la experiencia y Reflexiones finales.***

En el capítulo *Contexto problemático*, se presentan algunas reflexiones acerca de las prácticas frecuentes de aula en la enseñanza de las ciencias naturales, específicamente la manera en que se aborda la influencia de las condiciones ecológicas en el desarrollo de los organismos presentes en un ambiente determinado y cómo esta forma de proceder en su enseñanza está muy permeada por la políticas públicas, los libros de texto y la información, dejando de lado la importancia de la experimentación, la experiencia y la cotidianidad de los estudiantes. Este ejercicio de reflexión lleva al diseño, desarrollo y sistematización de una intervención en el aula sobre la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas, para mostrar cómo es posible hacer de este tipo de situaciones de estudio, un problema de conocimiento para profesores y estudiantes.

El capítulo de *Contexto teórico* se trabaja desde dos referentes conceptuales. El primero corresponde al contexto disciplinar, que se aborda desde un recorrido histórico a partir de la pregunta ¿de dónde obtienen las plantas sus alimentos? Es así como se hace énfasis en la construcción de explicaciones a las que lograron llegar algunos autores para entender cuáles son las condiciones que influyen en este proceso y que, para el caso específico de la influencia de la luz en las plantas, se ha denominado fotosíntesis. El segundo es el contexto pedagógico que se retoma desde una perspectiva epistemológica para conceptualizar la manera en que el sujeto construye conocimiento y cómo desde el abordaje de las estrategias propuestas en la categoría de PC se trabaja a partir del cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones.

En el capítulo de *Proceder metodológico*, se presenta la manera en la que se busca abordar el ejercicio de sistematización desde una perspectiva en la que se tiene en cuenta el contexto del estudiante, sus experiencias en relación con el objeto de estudio y la manera en la que se acerca a comprender el estudio de la luz como condición ecológica que influye en el crecimiento de una planta de frijol a través del seguimiento a montajes experimentales.

En el capítulo de *Intervención en el aula*, se presenta una contextualización de la sede donde se desarrolló la propuesta de aula, algunos aspectos sociales y culturales de la población con la que se implementó y la descripción de la propuesta. Para esta última parte, entonces se hace referencia a los sentidos orientadores propuestos desde la categoría de PC y la descripción detallada de cada una de las fases en las que se define su intencionalidad y las actividades diseñadas.

En el capítulo de *Sistematización de la experiencia*, se muestran los registros que se obtuvieron de las actividades desarrolladas por los estudiantes en la propuesta de aula y cómo una vez leídos y organizados, estos se convirtieron en los insumos a partir de los cuales se constituyeron las agrupaciones desde las cuales se cruza toda la ruta de intervención, facilitando de esta manera la interpretación y el análisis de los resultados, siguiendo la perspectiva de lo propuesto en el proceder metodológico.

Por último, en el capítulo *Reflexiones finales*, se construye un discurso propio en el que se aborda cómo el ejercicio de sistematización cobra relevancia en la medida en que se concibe al docente como un intelectual que ciertamente influye en la manera como los estudiantes se acercan a comprender un evento natural desde el aspecto fenomenológico y cómo desde las estrategias planteadas en la categoría de problemas de conocimiento se pueden establecer propuestas de aula alternativas en la enseñanza de las Ciencias Naturales.

## **1. CONTEXTO PROBLEMÁTICO**

En este capítulo se presentan consideraciones al respecto de las reflexiones acerca de las problemáticas que surgen con referencia al estudio de las condiciones ecológicas y su influencia en el crecimiento de los organismos en un ambiente determinado, pero enfocándose en la luz y las plantas, y su abordaje en las prácticas frecuentes que se realizan en el aula y cómo desde los espacios de formación de la Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico (EDCNB) se llega a un ejercicio primero de identificación de dichas problemáticas, y segundo, a cuestionar de manera crítica la manera en que se ha venido proyectando desde las políticas públicas orientadas por el Ministerio de Educación Nacional (MEN), el currículo y los libros de texto.

### **1.1. Reflexiones sobre las prácticas frecuentes de aula en la enseñanza de las Ciencias Naturales**

Las prácticas que acompañan el proceso de enseñanza de las ciencias en la escuela son tan frecuentes y muchas veces repetitivas en el quehacer docente que se realizan casi de forma mecánica y en consecuencia no se le otorga mayor trascendencia, razón por la cual los docentes pocas veces alcanzan a dimensionar todo el aprendizaje que logran los estudiantes en el aula y que, pese a las dificultades que se puedan presentar en su aprendizaje, llega a ser tan significativas que son aplicadas por estos para dar soluciones a diferentes eventos inmediatos de su vida cotidiana. Es así, como desde los diferentes espacios de la Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico (EDCNB) se ha logrado identificar algunas situaciones que ponen en evidencia una serie de problemáticas que surgen de este ejercicio diario enmarcado en los procesos de enseñanza-aprendizaje en el aula, que permitieron concebir la ciencia como una actividad de la cultura y que, como tal, debe ser objeto de reflexión en su enseñanza y en las prácticas que se realizan para abordarla.

Sin embargo, esa reflexión sobre las prácticas frecuentes de aula no es una prioridad para los docentes, y esta falta de iniciativa se da principalmente por las múltiples actividades que ha tenido que asumir y que muchas veces no tienen nada que ver con su rol de educador, sino que por el contrario, el docente ha tenido que afrontar otro tipo de situaciones diferentes al proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que ha causado que limite sus capacidades cognoscentes y su formación profesional a llenar mallas curriculares y planeadores semanales, en el que mecánicamente se proponen unas actividades e hipotéticamente se plantean los aprendizajes que el estudiante debe alcanzar en cada una de las áreas y que determinan su aprobación o reprobación para cada periodo académico.

Pese a las dificultades que se puedan presentar en la escuela, el maestro que está consciente de las necesidades de la sociedad, y por ende de las de sus estudiantes, entiende que bajo estas circunstancias, en la actualidad enseñar ciencia en el aula se debe direccionar hacia la aplicabilidad de la misma en su contexto inmediato, dejando de lado la idea de que este proceso se traduce en la memorización de conceptos y empezando a reconocer que con la enseñanza de las ciencias se intenta también que los alumnos ubiquen la situación del medio ambiente en que viven dentro del contexto económico y político nacional en este sentido (Candela, 1990). Por esta razón, y reconociendo la aplicabilidad de la ciencia, es un hecho que las clases resultan ser muy atractivas y un tanto cargadas de misterio para los niños, por la expectativa que genera el “descubrir” cómo se llevan a cabo ciertos procesos que no se evidencia a primera vista en los diferentes eventos naturales más cercanos a su entorno.

Es así como para orientar las clases de ciencias, muchos de los maestros optan por repetir conceptos de los libros de texto y por hacer algunos experimentos caseros que no requieran de muchos materiales, pero que si les permita diferenciar a las ciencias naturales de otras áreas de conocimiento por su proceder experimental. En este sentido, el experimento por convertirse en esa receta en la

que se siguen pasos y se esperan resultados ya dichos, ha perdido el objetivo a partir del cual los estudiantes refuercen sus habilidades para observar, interpretar, analizar y acercarse a comprender eventos sobre algunos de los fenómenos naturales, es decir:

El propósito de la enseñanza de las ciencias naturales es 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 explicarse las causas que lo provocan, se pretende que evolucionen las concepciones del niño sobre el medio, pero sobre todo que desarrolle su actitud científica y su pensamiento lógico. (Candela, 1990)

Aunque el propósito del experimento, como lo propone Candela (1990), no es solamente seguir pasos rigurosos como se hace en el método científico, sino construir explicaciones de fenómenos inmediatos a su entorno, este si se debe concebir como un escenario donde coexista con la teoría, es decir, en el que los pensamientos y la vida experimental concuerden hasta ese momento en que se llegue a la idea de que efectivamente se conocen aspectos tanto de la naturaleza o de la realidad (Romero, Aguilar y Mejía, 2017, como se citó en Iglesias, 2004). Esta dualidad entre la dimensión teórica y la dimensión experimental permite a los estudiantes abordar preguntas y seguir orientaciones en la elaboración de montajes en los que logran elaborar descripciones y reflexiones frente al papel que juegan los instrumentos, los materiales de registro y el control de las condiciones.

Esta forma de orientar ciencias deja de lado la imagen que los niños tienen sobre la manera en que está se aborda haciendo uso de un laboratorio, con instrumentos especializados y con una bata blanca. Muchas veces en las escuelas ni siquiera se cuenta con los espacios, los materiales, ni los instrumentos para desarrollar y llevar a cabo todos los procesos que puedan estar implicados en la actividad experimental. Sin embargo, y pese a cualquier circunstancia, enseñar ciencias también significa enseñar para la vida, entender y relacionarse con su contexto

inmediato, tal y como lo señala Candela (1990) “La formación que los alumnos reciben pretende contribuir a mejorar sus condiciones de vida, a prepararlos para entender la causa de algunos de los problemas de su medio natural y social y así poder contribuir a su superación”. Este debe ser el verdadero sentido de enseñar ciencias y es que les permita a los individuos poder entender el mundo, pero, sobre todo, el espacio que habitan y las relaciones naturales y sociales presentes.

Por lo anterior, el docente conocedor de su realidad y de su contexto, así como de los retos que imponen tanto los avances de las nuevas tecnologías como de la sociedad, debe permitirse reflexionar en todo momento sobre sus prácticas en el aula, y en consecuencia, preguntarse de manera constante sobre la manera cómo está orientando la enseñanza de las ciencias, si su proceso se reduce a la simple transmisión de información, o si por el contrario está promoviendo que los estudiantes logren un aprendizaje que les sea significativo, es decir, que efectivamente estos están llevando a cabo un proceso de aproximarse a construir explicaciones sobre los diferentes eventos naturales que suceden a su alrededor y que de una u otra manera afectan su relación con el entorno.

#### **1.1.1. Implicaciones y tensiones relacionadas con el currículo de ciencias en la Educación Básica.**

La enseñanza de las ciencias naturales en Colombia ha estado mediada y orientada por políticas públicas, pero es desde la segunda mitad del siglo XX, según una investigación realizada por Torres y Guerrero (2018), que se empezaron a configurar discursos en torno a lo que se debía enseñar en ciencias: “por un lado, el discurso médico de la junta central de higiene...por otro, el discurso religioso de la Iglesia católica”. Sin embargo, muchos decretos han cambiado desde esta época y el currículo de ciencias naturales ha sido muestra de ello, por lo que para el año 1962:

(...) se fijó un plan que llevaría al progreso social, cultural y tecnológico: se importaron tecnologías, ideas, discursos y, tras todo ello, cultura. Así es como las instituciones educativas se homogenizaron, se orientaron hacia un solo fin y sus individuos se perfilaron de acuerdo con las necesidades vigentes. (Torres y Guerrero, 2018)

Como consecuencia de esa homogeneización, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) ha construido, desarrollado e implementado en todo el territorio colombiano, currículos, que según el Decreto 1419 de 1978, se definen como “el conjunto planeado y organizado de actividades, en el que participan alumnos, maestros y comunidad para el logro de los fines y objetivos de la educación” (Torres y Guerrero, 2018). Estos currículos en las diferentes áreas para los niveles de preescolar, básica (primaria y secundaria), media vocacional e intermedia profesional, estaban determinados por una justificación, estructura conceptual, objetivos generales y específicos, contenidos básicos, alternativas de actividades y metodologías, materiales y medios educativos e indicadores de evaluación.

No fue sino hasta el año 1994 con la Ley General de Educación, que el currículo de Ciencias Naturales debía implementar de manera obligatoria en todos los establecimientos de carácter oficial o privado “que ofrecieran educación formal en los niveles de la educación preescolar, básica y media, la enseñanza de la protección del ambiente, la ecología y la preservación de los recursos naturales” (Torres y Guerrero, 2018). En ese sentido, y debido a la gran biodiversidad de Colombia, para el año 2004, los estándares básicos incluyen, entre otras temáticas, la diversidad ecosistémica, biogeográfica y de especies<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Los Estándares son criterios claros y públicos que permiten conocer lo que deben aprender nuestros niños, niñas y jóvenes, y establecen el punto de referencia de lo que están en capacidad de *saber* y *saber hacer*, en cada una de las áreas y niveles (MEN, 2004).

Desde el año 2015, la enseñanza de las Ciencias Naturales está guiada por los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), que el MEN define como “un conjunto de orientaciones que explicitan los aprendizajes estructurantes para un grado y un área particular” y que estipulan lo que el estudiante debe adquirir en conocimientos, habilidades y actitudes que le otorgan un contexto cultural e histórico. Los DBA, además se organizan en consecuencia a los Lineamientos Curriculares y Los Estándares Básicos de Competencias, sin que estos constituyan por sí solos una propuesta curricular que se deba implementar al pie de la letra por los docentes, sino que se deben articular “con los enfoques, metodologías, estrategias y contextos definidos en cada establecimiento educativo, en el marco de los Proyectos Educativos Institucionales (PEI) materializados en los planes de área y de aula” (MEN, 2015).

Si bien es preciso tener claro que los docentes no deben desconocer las orientaciones de los Lineamientos curriculares impuestos por el MEN, que estos están diseñados y contruidos con base en lo que se supone debe aprender cada niño y niña según su edad, y que deben estar incluidos en la planeación de las clases, estos no se pueden convertir en camisa de fuerza para abordar determinadas temáticas con una única metodología que desde estos se propone. Partiendo de esto, en la presente propuesta aunque no se excluyen dichas orientaciones de los DBA en Ciencias Naturales y Educación Ambiental para el grado tercero, los cuales en su introducción plantean que los estudiantes deben seguir fortaleciendo habilidades propuestas en grados anteriores como “observar, comparar, clasificar, describir, medir, usar tablas para registrar sus observaciones y mediciones, y comunicar sus hallazgos e ideas a los compañeros” (MEN, 2017), si se realizaron algunas modificaciones en torno a generar en los estudiantes una mirada más holística sobre su entorno, y en ese sentido, a reconocer que los eventos naturales no se dan de manera aislada como muchas veces se plantean en las mallas curriculares y en los libros de texto.

En ese mismo orden de ideas, otras de las orientaciones que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la siguiente propuesta de intervención en el aula, fueron aquellas que sugieren que se desarrolle junto con los estudiantes experiencias sencillas que propicien la exploración de fenómenos que les permitan a estos “realizar el registro de observaciones sobre el tipo de relación que tienen los factores abióticos en el desarrollo de las plantas y animales”, y así mismo hacer “énfasis en el análisis y la comparación de registros experimentales, explicaciones propias y de los otros estudiantes” (MEN, 2017). Sin embargo, estas experiencias no se llevaron a cabo siguiendo pasos propios del método científico, sino que por el contrario el experimento se convirtió en la excusa para motivar en los niños de tercer grado esa capacidad de cuestionarse sobre fenómenos tan cotidianos como el crecimiento de una planta.

Los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales, específicamente en el entorno vivo establecen que para grado tercero los estudiantes, por un lado, deben identificar y describir la flora, la fauna, el agua y el suelo de su entorno y por el otro, explicar las adaptaciones de los seres vivos al ambiente, sin establecer una influencia, entre aquellos que se han denominado factores abióticos para referirse a las condiciones ecológicas y la presencia o ausencia de organismos. Posteriormente, los DBA, integraron estos dos propósitos en un solo objetivo, que textualmente dice que “*Explica 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, 2017) y en consecuencia como objetivos específicos, propone que el estudiante establezca diferencias entre los factores bióticos y abióticos de un ecosistema propio de su región, que interprete las relaciones que se establecen entre estos y que prediga los efectos que le ocurren a los organismos vivos cuando se altera una condición dentro de ese ecosistema.

Aunque si bien es interesante observar como en los anteriores objetivos se busca que los estudiantes sean capaces de establecer relaciones entre los elementos

bióticos y abióticos para que exista un equilibrio ecológico en los ecosistemas, si se puede evidenciar como todavía al hacer esta distinción entre lo biótico, haciendo referencia a lo que está vivo, y lo abiótico, a lo que no es vivo, aún se haga visible esa gran brecha que no permite que se comprendan como un todo en relación con el espacio que ocupan.

Las palabras biótico y abiótico por sí solas no son una idea o representación clara para los estudiantes de grado tercero, ya que para grado segundo el propósito es que estos logren identificar las características físicas de las plantas y los animales en relación con los ambientes donde viven, teniendo en cuenta sus necesidades de luz, agua, aire, suelo, nutrientes y seguridad. En este sentido, a los organismos no se les atribuye características más allá de lo físico o la estructura, es decir, eventos naturales tales como el crecimiento se presentan de manera aislada o fragmentada como si fuera un proceso que se da por etapas y no de manera continua, y que en este no influyen factores o condiciones externas que permiten o inhiben que se lleve a cabo.

### **1.1.2. El papel de la información en la enseñanza de las Ciencias**

En las prácticas frecuentes en la enseñanza de las ciencias naturales en la básica primaria, con frecuencia se asigna un papel central a la información, dando prioridad en el aula al uso de textos o guías que responden a temáticas que se presentan de manera aislada a la cotidianidad de los estudiantes y que con frecuencia tienen como propósito que los niños respondan preguntas cerradas, memoricen y repitan términos y "resuelvan" situaciones con una sola forma de proceder y única respuesta, dejando de lado la posibilidad de preguntarse por lo que ocurre en su contexto y problematizar lo que hace parte de su realidad. Esta forma de proceder en el aula ha traído como consecuencia que los estudiantes confíen más en la información que les proporciona un libro, en el que consideran su contenido como verdades absolutas, que en lo que estos sean capaces de llegar

a construir de manera individual o colectiva a través de su experiencia y de la orientación del docente.

En cuanto una información sobre un evento natural o un nuevo descubrimiento esté más sustentada por tablas, gráficas y números, más validez tendrá y estará acorde a lo que se nos ha querido mostrar como ciencia. En este sentido, una comunidad científica que haya estado investigando y realizando estudios al respecto de una situación específica, tendrá mayor credibilidad si además incluye cifras en cuanto a aciertos y errores, y a más aciertos en sus resultados, más confianza y aceptación generará entre la sociedad. Por tal razón, es de esperarse que los estudiantes en la actualidad reciban información no solo del docente, sino que a diario la reciban del diálogo con sus compañeros, de los diferentes medios de comunicación, pero sobre todo de la internet que ahora está al alcance de todos. Frente a esta situación, el docente también se ve en la obligación de estar actualizado para dar soluciones a problemas actuales, es decir, estar a la vanguardia de los nuevos retos de la educación. Pozo y Gómez (1998) se refieren a esta situación como que: “cada revolución cultural en las tecnologías de la información, y como consecuencia de ello, en la organización y distribución social del saber, ha conllevado una revolución paralela en la cultura del aprendizaje”.

Mantener la atención del estudiante y motivar a un aprendizaje más autónomo sobre diferentes temas propuestos en los currículos de las escuelas, es quizás el reto más desafiante que se presenta en la actualidad para el maestro, debido a que “en apariencia, los alumnos cada vez aprenden menos y se interesan menos por lo que aprenden” (Pozo y Gómez, 1998). Esta situación, además se ve influenciada por la necesidad que todavía se genera en la educación básica, sobre todo en la primaria, con respecto a que los estudiantes no establezcan relaciones, sino que por el contrario se dediquen a memorizar conceptos de manera aislada, lo que provoca que estos aprendan para el momento y no para la vida, y en ese mismo

sentido, no encuentren ninguna relación con lo que aprenden en la escuela y lo que sucede en su entorno. A raíz de esta situación, la televisión y las redes sociales, estas últimas con mayor influencia, han permeado tanto el conocimiento adquirido por los estudiantes con respecto a la construcción de explicaciones sobre un fenómeno de su entorno inmediato, que el papel de la escuela queda relegado a un segundo plano.

### **1.1.3. Uso y papel de los textos escolares y su incidencia en las prácticas frecuentes de enseñanza de las ciencias en la Educación Básica**

El libro de texto es una de las herramientas que ha estado presente a través de los años en las prácticas frecuentes de aula, el cual suele ser usado por docentes para orientar las clases y por estudiantes para encontrar respuestas sesgadas a sus preguntas. En los establecimientos educativos adquirirlos se convierte en obligación, esto con el propósito que todos los estudiantes avancen al mismo ritmo, desarrollen las mismas actividades y adquieran conocimientos homogeneizados. En palabras de Torres (1994, como se citó en Fernández y Caballero, 2017) los libros de texto contienen la información que los alumnos y alumnas precisan para poder demostrar que cumplen los requisitos para aprobar una determinada asignatura.

Aunque pareciera que los libros de texto son una ayuda visual y conceptual que favorece la comprensión de los estudiantes frente a diferentes temáticas y conceptos que se pretende que estos memoricen, su función no resulta ser tan útil cuando se planea no seguir una ruta enmarcada en el modelo conductista sino por el contrario estar a la vanguardia con las orientaciones del constructivismo. En este sentido, el uso que se dé a este recurso en los procesos de formación depende tanto del docente al concebirlo como una herramienta que le sirva para reflexionar y construir su discurso; y del estudiante que le permita poner en duda lo que allí se

establezca como verdad y lo lleve a una investigación más profunda del tema en cuestión.

Muchos de los libros de texto en ciencias, proponen en las actividades prácticas, realizar experiencias sencillas que le permitan al estudiante corroborar las afirmaciones de los conceptos que se dan como verdades absolutas. En una de sus investigaciones etnográficas, Antonia Candela (1999) describe un ejemplo de una actividad experimental -donde se sigue la lección sobre “la combustión” del libro de texto de ciencias naturales- y afirma que, aunque el docente sigue esta herramienta, en la introducción de la clase realiza algunas narraciones históricas sobre el fuego, que no están en el libro. Posteriormente, y como en una receta culinaria, el docente cuidadosamente prosigue con las instrucciones que le orienta el libro para realizar la experiencia y, de esta forma, demostrar que durante la combustión efectivamente se produce agua, tal y como lo dice el texto. Sin embargo, en esta experiencia se evidencia que el maestro se atreve a adicionar información propia de su discurso:

El maestro plantea su derecho a definir el conocimiento en el aula al corregir la pregunta del libro explicitando su propia aportación... Mientras tanto, el maestro establece su propia autoridad como poseedor de conocimiento al citar el texto, pero estableciendo una relativa autonomía frente a él. Esta autonomía se construye en la acción de corregir el texto, donde el docente deja de ser su simple portavoz. (Candela, 1999)

Desde este punto de vista, y sin desconocer la necesidad que se crea alrededor de sus contenidos, los libros de texto se convierten en esa herramienta fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula, pero que debe girar en torno a cómo el docente lo aborde y sea capaz de sembrar la duda en los estudiantes de la información allí escrita como verdadera, y, en consecuencia, como irrefutable. Tal y como lo menciona Fernández y Caballero (2017) “Es justo otorgar al libro de texto, en base a su uso en el aula y a las propiedades con que ha sido concebido,

un poder extraordinario en el devenir educativo de los centros que lo utilizan, aunque eso pueda suponer un lastre para la investigación y puesta en práctica de nuevas metodologías educativas”. Para el caso de los libros de texto de ciencias naturales para primaria, los contenidos están centrados en el uso de representaciones, definiciones y de prácticas sencillas de laboratorio, por lo que es el docente el que decide cómo usar este instrumento, dependiendo de los objetivos que quiera alcanzar.

Para el caso de las plantas y su crecimiento, los libros de texto muestran que efectivamente existe una “relación” entre estos organismos y el medio que las rodea, que se presentan flujos de materia y energía, y que, dependiendo de los factores presentes como luz, temperatura, suelo y aire, así mismo poseen unas características físicas propias, pero enfocadas en aspectos tales como presencia o ausencia de estructuras visibles como las hojas y flores. Sin embargo, no se especifica de qué manera estos factores intervienen en los procesos de crecimiento y que, si faltase alguno, este se vería afectado. Generalmente se muestran los procesos por separado o se describe la característica de cada factor por aparte, lo que impide al estudiante poder establecer una influencia concreta con respecto a los cambios que sufre un organismo en su historia de vida. Y para el caso de la fotosíntesis, existen definiciones como la siguiente:

Las plantas son algunos de los seres de la naturaleza capaces de elaborar alimento para ellas mismas y para otros seres vivos. Ellas toman agua, sustancias minerales y dióxido de carbono, y los transforman en alimento, es decir azúcar, con ayuda de la luz solar. Este proceso se llama **fotosíntesis**. Las plantas tienen una sustancia llamada **clorofila**, que da el color verde a las hojas y sirve para absorber la luz del Sol y utilizar su energía. (MEN, 2010)

Y así, como las interacciones de las plantas con las condiciones ecológicas se muestran por separado haciendo uso de términos como: plantas-luz; plantas-agua; plantas-suelo; plantas-aire, lo mismo suele ocurrir con el proceso de la fotosíntesis el cual se plantea como un proceso que solo requiere de la energía del sol, y que mientras este proceso está ocurriendo, los demás factores no están interviniendo. Esta visión sesgada y fragmentada, no le posibilita al estudiante comprender como el crecimiento de un organismo sea un proceso que está influenciado al mismo tiempo por todos los factores considerados como no vivos.

#### **1.1.4. El papel de la experiencia y la cotidianidad de los estudiantes en las prácticas frecuentes de la enseñanza de las Ciencias**

Valencia, et al., (2002) proponen que “el sentido y significado que asignamos al mundo está en relación con la representación que construimos de él a partir de nuestras vivencias”. Por estas afirmaciones, se debería convertir en una práctica frecuente del docente iniciar sus clases indagando sobre una situación propia del contexto inmediato de los estudiantes, con el propósito de conocer algunas ideas o concepciones previas que se tengan, es decir, lo que conozcan con respecto a un tema, que les permita ir estructurando un discurso propio en relación con los contenidos. Sin embargo, los tiempos limitados que se asignan a las clases de ciencias naturales en las instituciones provocan que el docente en su afán por desarrollar unos contenidos y dar resultados en pruebas externas, pocas veces se preocupe por las experiencias de los estudiantes y menos por relacionarlas con las temáticas propuestas.

Conocer las ideas previas de los estudiantes permite, por un lado, al docente identificar desde dónde o con qué sentidos orientadores abordar la temática a enseñar; y al estudiante, compartir y discutir con sus compañeros lo que cada uno sabe del mismo tema. Por esto, desde la formación inicial de profesores se incluye

tener en cuenta las teorías propuestas por Ausubel (1983), quien planteo que “el aprendizaje del alumno depende de la estructura cognitiva previa que se relaciona con la nueva información, debe entenderse “estructura cognitiva”, al conjunto de conceptos, ideas que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento, así como su organización”.

Por lo anterior, desconocer la experiencia y la cotidianidad de los estudiantes, es considerar que estos son “recipientes vacíos” como se pensaba hacia los años 70s, y no tener en cuenta el conocimiento que han logrado construir a partir de su contexto inmediato, de la relación con sus semejantes, de las discusiones que se puedan establecer, y de lo que el mismo niño pueda captar a través de los sentidos en su medio. Ausubel, Novak y Hanesian (1983, como se citó en Fernández, Guerrero y Fernández, 2006), señalan que (...) si tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe.

Sin embargo, si se llega al aula preguntando a los estudiantes de grado tercero que conocen o entienden por “fotosíntesis”, muy seguramente no tendrán una idea previa ni desde su contexto inmediato ni menos desde su experiencia para dar una referencia al respecto. Por esto, un primer error que comete el docente es intuir que esta palabra por si sola es muy compleja, entonces define el concepto para que los estudiantes lo copien en su cuaderno y que luego estos lo reciten como un poema o escojan de diferentes opciones la correcta en un examen final. Para abordar este tema entonces solo se reduce a reconocer a las plantas como esos seres autótrofos que son capaces de fabricar su propio alimento a partir del proceso de la fotosíntesis, en el que por algún lado se menciona al Sol, pero que en los cursos de básica primaria no se profundiza en más ni se le otorga la importancia que esta merece en el contexto inmediato, como aquel evento natural a partir del cual se nos proporciona alimento y oxígeno.

Es así como la siembra de semillas de frijol en algodón es una práctica muy recurrente para enseñar nutrición en las plantas, para ver cómo de la semilla nace una planta y crece, para reconocer los cuidados que debe tener para que no se marchite y muera, entre otros propósitos. Sin embargo, pocas veces se orienta su proceso en el sentido de reconocer cómo desde la artificialización de este evento natural, que puede llegar a ser tan común y del que los sujetos creen saber lo suficiente, los estudiantes pueden manipular y controlar unas variables, y desde este ejercicio intencionado identificar como la presencia o ausencia de una condición ecológica como la luz influye en los cambios visibles que en las estructuras se presentan durante su crecimiento.

Tal vez la actividad experimental de la siembra de una semilla de frijol para observar y tomar registros del crecimiento de la planta no sea muy atractiva para niños que se encuentran en este curso, debido en gran medida porque en cursos anteriores no se les ha propiciado por el aprendizaje de las ciencias desde este enfoque de lo práctico o simplemente porque los estudiantes no han comprendido el verdadero sentido de aprender ciencias naturales, debido a que simple y llanamente se les “llena” de conceptos que a la larga no significan nada para ellos porque no se les relaciona con lo que ya saben, con sus experiencias y con su cotidianidad en el contexto de su casa, la escuela o el barrio. Tampoco se le da la importancia que se merece esta sencilla práctica experimental de la siembra de una semilla, que probablemente todos las hemos hecho en el colegio, como la excusa para reconocer que organismos como las plantas no crecen aislados en el ambiente y que necesariamente requieren de las condiciones que este le pueda ofrecer para crecer con ciertas características en sus estructuras que hacen que sean diferentes dependiendo de su entorno.

Conocer el medio en el que vive, le permite al individuo valorar y proteger los recursos que este le proporciona para abastecer sus necesidades básicas. Candela (1990), señala que para que un niño aprenda un nuevo concepto lo tiene que

relacionar con algunas de sus experiencias o con las ideas que él ya ha construido. Sin embargo, y aunque desde las políticas públicas, y de forma utópica, se plantean objetivos con respecto a atender en primer lugar las necesidades e intereses de los estudiantes teniendo en cuenta lo que estos están en capacidad de aprender según su edad, la realidad no es precisamente así, ya que pocas veces el docente hace referencia a la experiencia personal de los estudiantes, por ejemplo con respecto a los ambientes naturales, para emplearla como una situación que genere preguntas, intereses y nuevas formas de aproximarse a la naturaleza, y aunque se realizan salidas pedagógicas, generalmente en básica primaria tienen un fin lúdico únicamente o no pasan del asombro inicial.

#### **1.1.5. Reflexiones y cuestiones derivados de los espacios de formación en la EDCNB**

Uno de los objetivos del programa de Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico (EDCNB), hace énfasis en “propiciar una reflexión contemporánea sobre la problemática de las Ciencias que genere en el maestro y consecuentemente en sus estudiantes, una nueva actitud frente al saber científico y su enseñanza”. A partir de este propósito y de los elementos aportados por los seminarios, tanto pedagógicos como disciplinares, se plantea que como docente de ciencias naturales se logre construir un discurso reflexivo en torno a las necesidades actuales en este campo y de manera implícita del proceso de enseñanza-aprendizaje que se realiza en el aula. Reflexionar sobre la forma como se enseña, la metodología que se utiliza y los recursos didácticos que se construyen o que se extraen de otras prácticas, permite evaluar y retroalimentar el proceso que se lleva a cabo.

Cuando se habla de ciencia en el lenguaje común, en general su idea se encuentra distorsionada, puesto que, aún en estos tiempos se concibe como un campo fuera del alcance de la comunidad y se interpreta como una disciplina en la que la práctica

solo la realizan los más especializados, pese a todos los programas ofrecidos por las instituciones de educación formal y no formal, para llevar la ciencia al aula y a la casa. Esta visión de la ciencia provoca en muchas ocasiones, que los estudiantes pierdan interés sobre esta y no logren relacionarla con su contexto inmediato, y que, como lo menciona Mora y Guido (2002) "...tradicionalmente la enseñanza de las ciencias se ha basado en el aprendizaje de conceptos científicos que los educadores tratan de presentar de la manera más simple, como cosas objetivas y concretas, que se deben conocer y memorizar...pero no se le brinda la oportunidad de plantear interrogantes, experimentar y de formular sus propias explicaciones".

Desde la formación como Licenciada en Biología y de la práctica en el aula, específicamente en los grados de primaria (ciclo 1 y ciclo 2), se ha logrado comprender que no es tan significativo enseñar conceptos como permitirles a los estudiantes que lleguen al concepto desde su experiencia, desde la discusión con sus pares, desde el ensayo y el error. Ahora, desde la EDCNB, se logra comprender que el rol del docente debe estar enfocado en que los estudiantes construyan explicaciones en torno a procesos o fenómenos naturales, presentes en su contexto inmediato, es decir, "la enseñanza de las ciencias no es solo el aprendizaje de un cúmulo de contenidos que el niño debe memorizar para un examen, sino que incluye un conjunto de aspectos que pretenden formar integralmente al niño como un individuo capaz de comprender mejor el mundo y la sociedad en la que vive" (Mora y Guido, 2002). El currículo para primaria no diferencia la biología, de la química y la física, y en cambio la reúne de manera integral en Ciencias Naturales y Ambientales, puesto que estas disciplinas por separado poco significado tienen para los niños y por ende no establecen las diferencias entre cada una de estas, es así como la integración de estas tres disciplinas, les permiten a los estudiantes establecer relaciones e interpretar su medio natural y social.

## 1.2. Delimitación del Problema De Estudio

Como resultado de la identificación de una serie de dificultades que se presentaron en el contexto problemático en relación con las prácticas frecuentes de aula respecto a la enseñanza del crecimiento de las plantas, en donde se da mayor importancia a la memorización y transmisión de conceptos, a la observación de libros de texto o guías y a prácticas experimentales que incluyen la germinación de semillas sin una observación guiada, son las que se han considerado dentro del siguiente trabajo como obstáculos que provocan en los estudiantes un aprendizaje sesgado y alejado de su contexto inmediato. En consecuencia, surge el interés de estudiar el crecimiento de las plantas desde una perspectiva fenomenológica que involucra las interacciones con el medio exterior, y en especial, con la condición ecológica de la luz.

Las prácticas frecuentes en el aula que se desarrollan a partir de este objeto de estudio generalmente involucran, en primer lugar, la observación de representaciones sobre el crecimiento de las plantas en donde se muestra, por un lado, la aparición de manera fragmentada de las raíces, el tallo y las hojas, y, en segundo lugar, como un proceso aislado en el tiempo y en el espacio, es decir, sin tener en cuenta las interacciones con el medio.

Además de lo anterior, también se opta por la memorización de algunos conceptos que tienen que ver con las características físicas de los organismos vivos y no vivos, que en los DBA se denominan factores bióticos y abióticos, y a partir de esto se espera que los estudiantes de manera repetitiva den cuenta de procesos como nacimiento, crecimiento, reproducción y muerte con relación a las plantas y los animales, para darles el estatus de ser vivo. Y con respecto a lo no vivo, aquellos objetos inertes presentes en la naturaleza como son el suelo, el aire, el agua y la luz, que, sin profundizar mucho en sus características, si se busca que los estudiantes logren evidenciar la relación de éstos con los seres vivos.

A partir de lo anterior, se reconoce que en la escuela se ha y se sigue asignando un papel central a la información y a los contenidos, en el sentido de usar la información como la transmisión de conceptos para memorizar unos contenidos específicos, dejando de lado aspectos tan importantes en las prácticas de aula como lo son brindarle relevancia a la experiencia de los estudiantes y al montaje experimental, como una forma de artificializar los fenómenos más inmediatos que les permita acercarse a explicar las traducciones que hacen del mundo a través de la observación y de la percepción.

Un antecedente previo que se tuvo en cuenta para proponer el problema objeto de estudio del siguiente trabajo, fue el realizado con otro grupo de estudiantes que en su momento se encontraban en grado tercero, con los que se implementó la práctica tradicional de la siembra de semillas de frijol en algodón, en la que, además de seguir unos pasos orientados por la docente, se acercaron a través de la vivencia y la experiencia a establecer relaciones entre el crecimiento de las plantas y los factores ambientales y que sin tener una aproximación previa con los libros de texto, fue muy interesante evidenciar los elementos ellos usaban para describir y explicar lo que estaban observando.

De estas prácticas orientadas y de las vivencias en el aula junto con los estudiantes, y que no se logra en la formación en pregrado, es cuando se empieza a dejar de lado la idea sobre la cual los niños y niñas son actores pasivos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, para dar paso a concebirlos como actores activos, asumiendo así los planteamientos de las teorías de Piaget (1969, como se citó en Linares, 2018) sobre que los niños son como “pequeños científicos” que tratan de interpretar el mundo, que tienen su propia lógica y formas de conocer. Y aunque en su teoría constructivista, Piaget postula unos estadios por los cuales atraviesan los niños desde que nacen hasta la preadolescencia, y que tienen que ver principalmente con esa forma en que conocen el mundo en determinados rangos de edad, la experiencia en el aula no siempre muestra que estas etapas están

presentes en los estudiantes al mismo tiempo y por estar en un mismo grado, sino que por el contrario, los ritmos de aprendizaje son diferentes en cada uno, por lo cual resulta imposible homogeneizar la educación, como se pretende en los DBA, en donde se plantean los aprendizajes básicos que cada estudiante debe adquirir a lo largo del año, para así aprobarlo y pasar al siguiente.

Aunque las mallas curriculares de cada institución son construidas con base en los DBA por orientaciones del MEN, y que tienen como objetivo indicar lo que deben aprender los estudiantes a lo largo del año académico, estos no deben ser el único referente para la evaluación integral y formativa realizada a los estudiantes, sino que deben tomarse en ese sentido para orientar las clases, sin que esto signifique limitar los procesos individuales y colectivos que realiza cada uno. Teniendo en cuenta que los sujetos aplican estrategias para explicar situaciones del mundo natural y social desde sus diferentes experiencias, se plantea la siguiente pregunta que orienta el objeto de estudio:

***¿Cómo el diseño y desarrollo de prácticas experimentales favorece la comprensión del estudio de la luz como condición ecológica que influye en el crecimiento de una planta de fríjol, *Phaseolus vulgaris* con niños de tercer grado?***

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General:**

Mostrar que el diseño y desarrollo de prácticas experimentales favorece la comprensión del estudio de la luz como condición ecológica que influye en el crecimiento de las plantas en estudiantes de tercer grado.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

- Configurar un contexto teórico en lo disciplinar y pedagógico sobre la luz y su influencia en el crecimiento de las plantas y los problemas de conocimiento.
- Diseñar, implementar y sistematizar una intervención en el aula a partir de los problemas de conocimiento sobre el crecimiento de las plantas

### **1.4. Justificación**

El estudio de la influencia de la luz en el crecimiento de una planta de frijol con niños de tercer grado, es una propuesta que surge de la reflexión frente a diversas problemáticas que se evidencian en torno a las prácticas frecuentes en el aula en referencia al abordaje, por un lado, de la condición luz como un factor abiótico que hace parte del paisaje y que participa de forma directa en el crecimiento de los organismos pero desconociendo realmente su influencia, y por otro lado, el crecimiento de una planta como un proceso que se da de forma fragmentada, representada casi siempre a través de imágenes en los libros de texto y dejando de lado el papel que cumplen las condiciones ecológicas. Con la identificación de dichas problemáticas sobre la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas, se cuestiona entonces las orientaciones dadas por el Ministerio de Educación

Nacional (MEN) a partir de la inclusión de los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) a las mallas curriculares y por ende a las planeaciones de clase.

En las orientaciones dadas por los DBA, específicamente del grado tercero, se propone trabajar el entorno vivo desde la concepción de factores abióticos y bióticos y la influencia de los primeros para el desarrollo de los segundos. Desde esta orientación, se evidencia cómo el término “*desarrollo*” se usa deliberadamente como aquel proceso que consiste en la presencia de ciertos organismos en un espacio determinado a razón de factores tales como la luz, el agua, la temperatura y el suelo. Para ubicar este proceso de desarrollo de un organismo en un espacio específico, se nombran algunos lugares que están fuera del contexto inmediato de los estudiantes y a los que pocos han tenido acceso, desconociendo así aquellos ambientes naturales que están muy cerca de sus hogares, de su colegio y de su municipio. Por esto, para el diseño de la intervención en el aula, se propuso no desde el desarrollo sino desde el crecimiento de la planta como un proceso que se puede observar a simple vista y al cual se le puede hacer seguimiento a razón del aumento de tamaño y el cambio en sus estructuras.

En este ejercicio de reflexión en torno a las prácticas frecuentes de aula en la enseñanza de las ciencias naturales, también se logra identificar otro tipo de problemática que tiene que ver con el rol que ha tenido que asumir el docente y que lo ha alejado significativamente de la discusión y socialización de sus experiencias de aula con sus pares académicos para fortalecer y enriquecer su discurso, sino que por el contrario se ha visto cohibido en su rol de intelectual por el hecho de verse obligado a implementar los DBA que básicamente indican las capacidades conceptuales, procedimentales y actitudinales que debe alcanzar un estudiante al finalizar el año académico. Aunque no se establecen como una camisa de fuerza, su inclusión en el currículo de ciencias de los colegios sí es relevante en la medida en que limita el conocimiento del profesor y el aprendizaje de los estudiantes.

Por su lado, la importancia que se le ha otorgado a la información y a los libros de texto, han y siguen permeando de forma significativa la forma en que los sujetos han optado por concebir a la ciencia como hechos aislados que solamente ocurren en un laboratorio y no como una actividad que es cada vez más cultural. Esta concepción de la ciencia ha hecho que se tienda a separar los conocimientos en científicos y no científicos basados en la supuesta consideración de que unos derivan de la naturaleza y otros de la sociedad (Romero, et al., 2017). Esta concepción de la ciencia ha influido en que los estudiantes no conciban a sus prácticas de aula como una actividad científica y que además den por hecho que en la ciencia solo hay verdades absolutas y que los libros son para memorizar y no para comprenderlos.

Por lo anterior, en el presente trabajo se ha optado por enaltecer el papel de la experiencia y la cotidianidad de los estudiantes, como aquellos elementos base que han permitido una construcción de conocimiento desde sus vivencias y el diálogo permanente con sus semejantes. De esta manera, la propuesta de intervención en el aula se diseña a partir de ubicar el estudio de la luz y su influencia en el crecimiento de una planta de frijol en la categoría de problemas de conocimiento, en donde los sujetos ponen en juego diferentes estrategias para explicar situaciones del mundo natural y social desde el cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones, a partir del seguimiento a montajes experimentales.

Los registros que se obtengan de las actividades que al respecto desarrollan los estudiantes durante la implementación de la ruta diseñada para abordar la temática de la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas, son los insumos que se leen y organizan para construir las agrupaciones a partir de las cuales se hace el ejercicio de sistematización de la experiencia, que permite luego la identificación de esas estrategias que usan los sujetos para dar cuenta de los cambios que presenta

la planta en sus estructuras en un tiempo y espacio determinado por la presencia o ausencia de la condición ecológica de la luz.

## **2. CONTEXTO TEÓRICO**

### **2.1. Contexto Teórico Disciplinar**

El presente contexto teórico se elabora a partir de la revisión histórica en torno a la construcción de explicaciones que se elaboraron alrededor del proceso de la fotosíntesis, en las que se relaciona la influencia de algunas condiciones ecológicas como el suelo, el agua, el aire y la luz en el crecimiento de las plantas, para lo cual se toma como referencia principal el texto “Fotosíntesis” de Jeffrey J.W. Baker y Garland E. Allen (1970) y otros textos, que posibilitaron comprender los alcances de los estudios y resultados de las preocupaciones que giraron en torno a la pregunta ¿De dónde obtienen las plantas su alimento?

En un segundo momento se presenta una revisión conceptual en cuanto a las estructuras, las fases y las sustancias que participan en el proceso de la fotosíntesis, pero haciendo énfasis en algunas reacciones químicas que suceden en el interior de las hojas y los tallos verdes por influencia de las condiciones dadas por el ambiente y cómo estas posibilitan la transformación de la energía lumínica en energía química, fenómeno que ha sido considerado como uno de los procesos más importantes en la naturaleza.

Por último, se toman algunas referencias para tratar el tema relacionado específicamente con el crecimiento<sup>2</sup>, y cómo este es un proceso que resulta estar mediado principalmente por las condiciones del ambiente. Estos tres apartados,

---

<sup>2</sup> Para efectos del diseño de la propuesta de intervención en el aula, se tuvo en cuenta el crecimiento de la planta más no su desarrollo, razón por la cual en este contexto teórico no se profundiza en el desarrollo de estas a nivel celular.

además, aportan elementos conceptuales para el diseño de la propuesta de intervención en el aula, cuyo propósito se desarrolló en torno al diseño y seguimiento de montajes experimentales para estudiar la influencia de la luz en el crecimiento de la planta de frijol.

### **2.1.1. ¿De dónde obtienen su alimento las plantas? Explicaciones con relación a la influencia de la luz y el agua**

Las plantas son esos seres vivos que habitan ambientes tan pobres en recursos como un desierto hasta ambientes tan ricos como una selva, lo que las ha hecho ser poseedoras de estructuras bien diferenciadas que se desarrollan en su crecimiento, implicadas además en las funciones de nutrición, respiración, reproducción, entre otras. Todas estas funciones que realizan las plantas y que les posibilita adaptarse a los diferentes ambientes, tienen que ver principalmente con un proceso que es muy nombrado, pero poco conocido en realidad, denominado la **Fotosíntesis**. La fotosíntesis es, con mucho, el mayor proceso productivo sobre la Tierra (Greulach y Adams, 1980) siendo considerado así uno de los más importantes en la naturaleza, pero a su vez, uno de los más complejos, debido a todas las reacciones químicas que realizan las plantas para transformar la energía lumínica en hidratos de carbono, azúcares y almidón, es decir, en energía química. Sin embargo, 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 inquietan tanto a los más pequeños como a los más especializados en el tema, aunque desde que estamos en los primeros años escolares, se nos repite la misma definición: “Las plantas son seres autótrofos, es decir, están en la capacidad de fabricar su propio alimento a partir de la fotosíntesis”, pero ¿A qué se refiere cuando se dice “fabricar su propio alimento”?, ya que parece una actividad muy sencilla si son las plantas, las algas y las

cianobacterias las que la realizan y no otro ser vivo sobre la faz de la Tierra. La anterior expresión ha sido una forma facilista de entender cómo, específicamente las plantas obtienen su alimento, pese a que la construcción de explicaciones a las que se ha logrado llegar para entender lo que ocurre alrededor de este proceso se han realizado 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)

Aunque Aristóteles (350 a.C), fue uno de los primeros en sugerir que la luz solar estaba directamente relacionada con el color verde de las hojas de las plantas, los estudios posteriores no se centraron específicamente en este aspecto, si no en la manera como estas adquirían su alimento. Entonces, Jan Baptista Van Helmont (1577-1644) enfocó sus estudios en encontrar la fuente de esos materiales nutritivos que tomaban las plantas, sometiendo por primera vez a un organismo a un experimento de tipo cuantitativo (Asimov, 1968) que para este caso se trató de un árbol de sauce, el cual sembró en una maceta con tierra previamente pesada y a la que humedece de manera constante solo con agua de lluvia o cuando fuera necesario con agua destilada.

Al cabo de cinco años este árbol que creció allí pesaba 169 libras y cerca de 3 onzas, pero descubrió que la tierra pesaba las mismas 200 libras iniciales menos 2 onzas aproximadamente (Greulach y Adams, 1980). Van Helmont llegó así a la conclusión que el aumento de madera, corteza y raíces provenía del agua y no de la tierra como se creía, asumiendo que “el agua había sido transmutada en madera” (Baker y Allen, 1970), y concluyendo que esta era la sustancia fundamental en el planeta, ya que, si podía transformarse en tejido vegetal, podía también transformarse en cualquier otra cosa (Asimov, 1968).

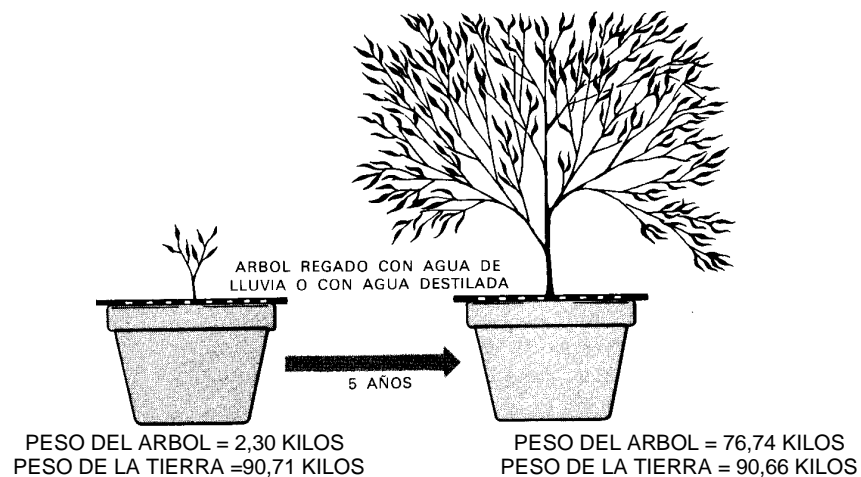


Ilustración 1. Experimento de Van Helmont. Fuente: Baker y Allen, 1970.

Para la época, la teoría de la transmutación era la más aceptada, por lo que Van Helmont no tuvo en cuenta otro elemento u otras sustancias que estuvieran involucradas en la nutrición de las plantas, y por ende en su crecimiento y el desarrollo de sus estructuras. Sus estudios fueron muy importantes y dieron paso a que las siguientes investigaciones se extendieron mucho más allá de sus consideraciones (Baker y Allen, 1970).

Con el desarrollo de la microscopía, se logró establecer el descubrimiento de diminutas aberturas en la superficie de la hoja, que más tarde recibieron el nombre

de estomas, y que le permitió a Nehemiah Grew (1641-1712), uno de los primeros microscopistas, preguntarse si esos pequeños orificios eran los que permitían el intercambio de sustancias entre las plantas y la atmósfera. Esta afirmación, ponía en tela de juicio las posturas anteriormente dichas, que establecen que la planta absorbía los nutrientes únicamente por las raíces y el agua era la única que se los proporcionaba (Baker y Allen, 1970).

Así fue como el sacerdote inglés Stephen Hales (1677-1761), centró su interés no solo en las raíces, sino en todo el flujo de materiales a través de las plantas. Al estudiar con gran detalle la manera en que el agua fluía por toda la planta, confirmó que esta es absorbida por las raíces y expulsada de nuevo, pero en forma de vapor por las hojas (Asimov, 1968). Hales, fue uno de los primeros en notar que las raíces absorbiendo agua no eran las únicas que estaban relacionadas con la nutrición de las plantas, sino que las hojas y los tallos absorben o tomaban del ambiente “aire elástico”; suposición que después fue corroborada por el mismo Hales, a partir de su experimento en el que puso por un lado una planta de menta en un recipiente lleno de tierra y agua que después tapó con un vaso invertido y, por otro lado, un montaje con las mismas condiciones, pero sin una planta dentro de este (Baker y Allen, 1970).

Las observaciones y el posterior análisis le permitieron a Hales concluir que las plantas interactúan con la atmósfera y que además producen cambios en esta, llegando así a dos conclusiones muy valiosas: Primero, que las plantas interaccionan con la atmósfera y como resultado hubo un volumen menor de gas en el recipiente después de la reacción; y segundo, las plantas de cierto modo afectan las condiciones de la atmósfera con la cual se ponen en contacto (Baker y Allen, 1970). Este trabajo hecho por Hales, estableció que entre la planta y la atmósfera existe un intercambio de gases que, para ese entonces, no lograron explicar.

Posteriormente, Antoine Lavoisier (1743-1794), basado en las experiencias de los estudios anteriores, 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. Este personaje no ahondó más en estos procesos fisiológicos que ocurren dentro de las plantas, debido a su interés sobre las sustancias que usaba (Baker y Allen, 1970). Por su lado, las conclusiones que abrieron caminos más amplios sobre estos procesos internos de las plantas fueron las realizadas por Priestley (1733-1804), quien se interesó principalmente en estudiar el aire y la forma en que se relacionaba con la vida de la planta:

Priestley, en sus experimentos descubrió 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)

Aunque Priestley reconoció que una cantidad de aire se había convertido en nocivo debido a los animales que respiran en él o dañado por las llamas de las velas, se preguntaba qué método en la naturaleza lo podría transformar de nuevo en aire respirable. Repitiendo experimentos parecidos a los de Hales, descubrió que donde hay vegetación, las plantas llevan a cabo un proceso de restauración del aire después de ser contaminado, llegando a la siguiente conclusión:

(...) 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)

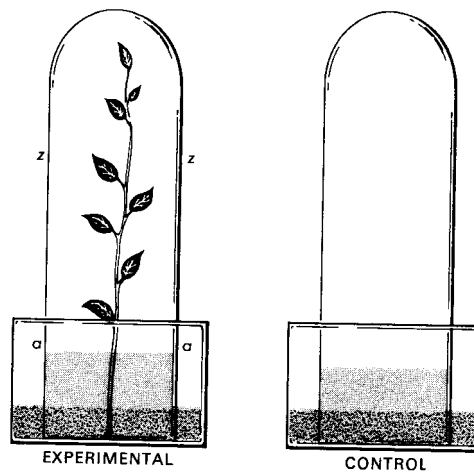


Ilustración 2. Experimento de Stephen Hales. Fuente: Baker y Allen, 1970.

Los experimentos de Priestley brindaron evidencia clara a los siguientes investigadores sobre el hecho de que las plantas tienen un efecto purificador sobre el aire, dando así el primer indicio al entonces desconocido proceso de la fotosíntesis, en el que descubrió que las plantas producían oxígeno (Greulach y Adams, 1980). Hasta este punto, se había descubierto 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).

Mejorando técnicas de experimentación y siendo cuidadoso en la interpretación de los trabajos realizados por Priestley, Jan Ingenhousz (1730-1799), repitió e incluyó algunas variaciones a los montajes hechos por este, con los cuales logró establecer por primera vez que además del agua y el aire, existía otro factor igual de importante y necesario para la obtención de alimento por las plantas: la luz. Además, y teniendo en cuenta que, si bien las plantas purifican el aire, este proceso:

(...) 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)

Esta observación le permitió a Ingenhousz establecer que las plantas solo producen oxígeno en presencia de la luz del día y no en la noche, con la que también logró llegar a una conclusión tan importante como la primera: "...que este oficio no se realiza en toda la planta, sino solamente en las hojas y los tallos verdes que las sostienen..." (Baker y Allen, 1970).

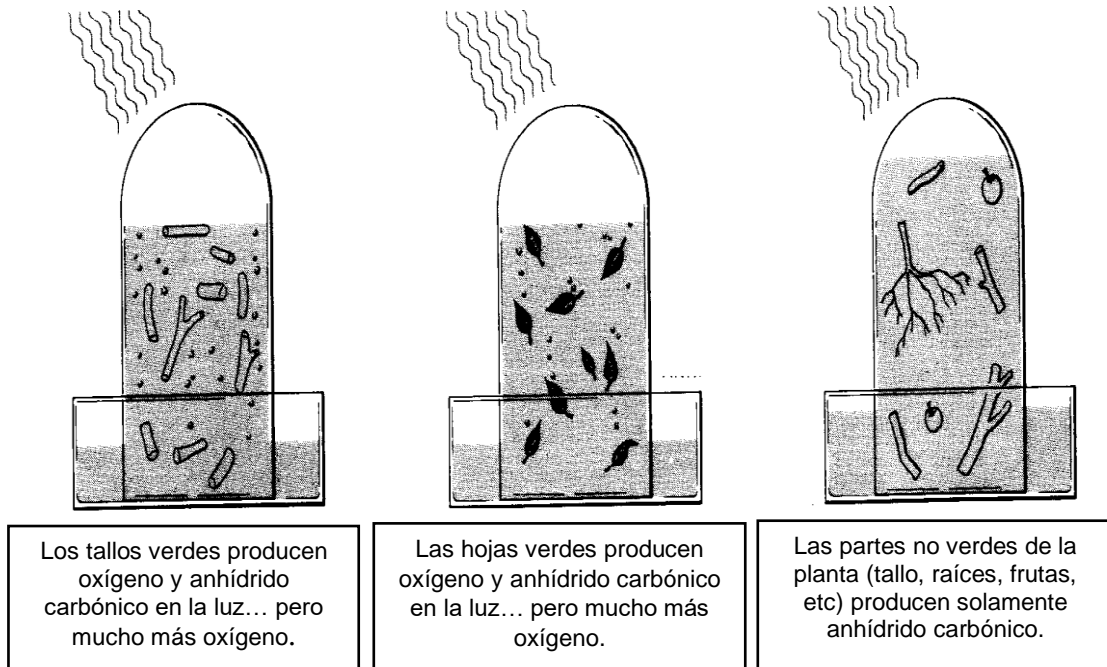


Ilustración 3. Experimentos de Ingenhousz. Fuente: Baker y Allen, 1970.

Descubrir que el proceso fotosintético no era realizado por toda la planta, sino que sólo intervienen las hojas y los tallos verdes que la sostienen, pudo ser quizás una de las conclusiones más importantes de los estudios que se habían realizado hasta ese momento. Este descubrimiento, además dio lugar a plantear que debía existir un pigmento verde en la hoja, al que se le daría el nombre de clorofila posteriormente, el cual sería crucial para entender los procesos fotosintéticos. Así, a partir de esos experimentos sencillos, Ingenhousz hizo avanzar en tres pasos gigantescos el estudio 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).

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 (Baker y Allen, 1970).

Entonces, si el producto final de la fotosíntesis era la liberación de oxígeno como producto de desecho de esta reacción, ahora el problema radica en descubrir qué partes de las moléculas de agua y dióxido de carbono se utilizaban para la elaboración del nuevo material, por lo que la pregunta que orientó las nuevas investigaciones fue ¿De dónde proviene el oxígeno que liberan las plantas? (Baker y Allen, 1970).

Posteriormente a esta pregunta, algunos científicos como el botánico suizo Nicolás de Saussure en el año 1804 destacó la interdependencia de la toma de dióxido de carbono y la liberación del oxígeno, así como la dependencia que ambos tienen de la luz, ampliando así el trabajo de Ingenhousz, añadiendo la distinción sobre los intercambios gaseosos que se dan en la respiración celular y sugiriendo el papel

del agua en la fotosíntesis e incluyendo las primeras mediciones cuantitativas de este proceso (Greulach y Adams, 1980).

En esta misma línea de investigaciones, el científico francés Berthollet (1748-1822) planteó que el oxígeno liberado provenía de las moléculas del agua, prediciendo que, si las plantas crecían en un medio libre de hidrógeno y se regaban solamente con agua, cualquier hidrógeno que se encontrara en los tejidos debería provenir de esta, y en consecuencia el oxígeno que se separa del hidrógeno era el que pasaba a la atmósfera. Para comprobar esta hipótesis sembró plantas en diferentes medios libres de hidrógeno, que según las representaciones parecía que se refería al contenido por el suelo, y luego analizó químicamente el material vegetal, comprobando así que efectivamente los tejidos contenían este elemento y que podía venir solamente del agua (Baker y Allen, 1970).

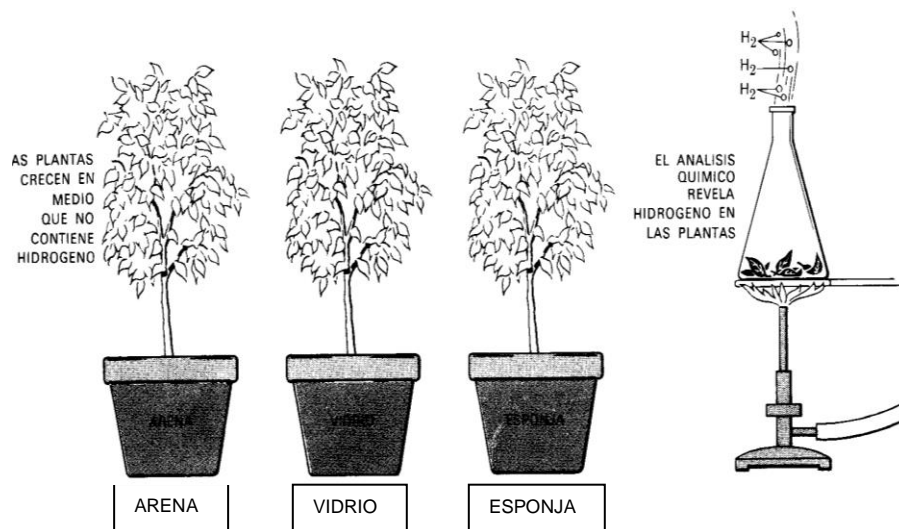


Ilustración 4. El experimento de Berthollet. Fuente: Baker y Allen, 1970.

Jean Senebier (1742-1809) retoma algunos conceptos de Ingenhousz, y se opone a la conclusión de Berthollet indicando que si en efecto la descomposición del agua fuera la única causa del aire puro (o respirable) producido por las plantas expuestas al sol bajo el agua, entonces las plantas sumergidas en agua destilada o en agua de pozo hervida deberían producir aire puro lo mismo que cuando se usa agua

carbonatada, lo que según sus experimentos no ocurría. Por lo tanto, Senebier afirmaba que cuando las hojas de las plantas se sumergían en agua, estas producían oxígeno solamente cuando había dióxido de carbono presente, es decir, que el oxígeno liberado proviene de la molécula de este y no del agua (Baker y Allen, 1970).



Ilustración 5. Primer experimento de Senebier. Fuente: Baker y Allen, 1970.

Hasta este punto, Ingenhousz había concluido que la producción de oxígeno se realizaba en presencia de la luz, pero solamente a través de las hojas y los tallos verdes que la sostienen, y posteriormente, Senebier habría reducido este proceso únicamente a las hojas, pero cuando estas se sumergían en agua con presencia de dióxido de carbono. Al experimentar con estas estructuras, Senebier hizo un descubrimiento muy interesante:

Notó que cuando se sumergían en agua pedazos macerados de hojas y se irradiaba luz sobre ellos, liberaban oxígeno en la misma forma que las hojas completas. Estos resultados le indicaron que el proceso fotosintético no se llevaba a cabo por la hoja como un órgano. Hoy se conoce que la fotosíntesis se lleva a cabo dentro de los cloroplastos que se encuentran en las células de las plantas verdes (Baker y Allen, 1970).

Enfrentadas las teorías de Berthollet y Senebier sobre el origen del oxígeno liberado durante la fotosíntesis, hubo otro investigador que entró en la discusión. Nicholas

Teodore de Saussure (1767-1845), centró sus experimentos no sólo en comprender cómo la planta realizaba este proceso, sino también en qué medida sucedía, es decir, cuantificar el proceso en términos de determinar la cantidad de dióxido de carbono tomado y la de oxígeno liberado. Así, demostró que Senebier estaba equivocado al asumir una correlación positiva entre estas dos sustancias, puesto que concluyó que una exposición excesiva de la planta al dióxido de carbono podría hasta matarla (Baker y Allen, 1970).

De los experimentos de Saussure, en los que encerró plantas en recipientes para compararlas con las que crecían al aire libre, observó que el carbono que se encontraba en los tejidos de las plantas provenía del dióxido de carbono<sup>3</sup>, con lo que pudo concluir que el proceso de la fotosíntesis resultaba de la ruptura del CO<sub>2</sub>, la liberación de O<sub>2</sub> y la unión del carbono con el agua para producir compuestos vegetales, proceso al que se le daría el nombre de **fijación del carbono** (Baker y Allen, 1970). Por otro lado, de Saussure también llegó a afirmar que el aumento de peso considerable de las plantas era mayor que el del dióxido de carbono consumido, por lo que el único productor posible de esa diferencia de peso era el agua (Asimov, 1968).

Aunque Berthollet, Senebier y de Saussure trabajaron arduamente en descubrir el origen del oxígeno producido por las plantas verdes durante la fotosíntesis, este problema de estudio no se logró resolver sino hasta el siglo siguiente y gracias a investigaciones en otras áreas similares (Baker y Allen, 1970). Fue así como a partir del estudio de las bacterias sulfurosas purpúreas, el microbiólogo holandés C.B. Van Niel (1897-1985) descubrió que este tipo de bacterias, al igual que las células que contienen clorofila en las plantas verdes, usan la energía de la luz para sintetizar los materiales carbohidratados, solo que estas usan sulfuro de hidrógeno

---

<sup>3</sup> Actualmente se utiliza la técnica de espectrometría de masas con aceleradores para la datación por radiocarbono, considerada como la forma más efectiva para medir el contenido de radiocarbono de una muestra de planta que ha asimilado el carbono-14 a partir del dióxido de carbono durante toda su vida. Tomado de: <https://www.radiocarbon.com/espanol/sobre-carbono-datacion.htm>

en lugar de agua y por efecto de la luz lo descompone en hidrógeno y azufre. Van Niel sugirió que este mismo proceso ocurre en las plantas verdes, pero en estas la molécula que se descompone con la luz es la del agua y como resultado el átomo de hidrógeno que se desprende se usa para reducir el dióxido de carbono y el oxígeno es liberado a la atmósfera (Baker y Allen, 1970). Van Niel propuso entonces la siguiente hipótesis: “(...) el oxígeno producido por las plantas verdes durante la fotosíntesis provenía de las moléculas de agua y no de las de dióxido de carbono (...)” (Baker y Allen, 1970).

Esta hipótesis propuesta por Van Niel desbarató así las suposiciones sobre que el oxígeno procedía de las moléculas de dióxido de carbono y reforzó la conclusión de Berthollet, quien había predicho que el oxígeno liberado en la fotosíntesis provenía de las moléculas del agua (Baker y Allen, 1970). Sin embargo, no fue sino hasta que se logró un avance en los instrumentos experimentales y en las técnicas apropiadas, que se identificó por completo esta predicción. Inicialmente George Hevesy (1885 -1966) introdujo experimentos con 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).

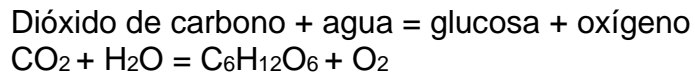
Pero el experimento que determinó ciertamente el origen del oxígeno liberado en la fotosíntesis, fue el de un grupo de científicos de la Universidad de California en 1941, quienes expusieron el alga verde *Chlorella* a un agua que había sido previamente marcada con oxígeno 18 y para la cual tenían la siguiente hipótesis y predicción: si, el oxígeno liberado por la fotosíntesis en plantas verdes proviene de las moléculas del agua, entonces el oxígeno liberado por el alga en el experimento debe ser oxígeno 18; si por el contrario, el oxígeno proviene de la molécula de dióxido de carbono, entonces este debe ser oxígeno 16 (Baker y Allen, 1970). Los resultados fueron definitivos y concluyentes: “(...) oxígeno 18 fue el que apareció en el oxígeno liberado; ninguno apareció en el carbohidrato producido 8...” (Baker y Allen, 1970).

Hasta este momento del recorrido histórico, los estudios realizados aportan resultados muy importantes y esclarecedores sobre la forma cómo las plantas obtienen su alimento, que permiten enfocarse en dos procesos específicos: fijación de dióxido de carbono y descomposición de la molécula del agua, este último por efecto de la luz, para obtener un compuesto carbohidrato como la glucosa y el oxígeno liberado hacia la atmósfera como producto de desecho de la fotosíntesis. Esta revisión permite así argumentar que las plantas efectivamente elaboran su propio alimento a partir del agua que absorben por las raíces, del aire presente en el ambiente y de la energía que toma de la luz para transformarla en energía química. Inicialmente se creía que toda la planta llevaba a cabo este proceso, pero se logró establecer que sólo aquellas partes verdes, como los tallos y las hojas, era donde ocurría la fotosíntesis. A continuación, se enfocará la atención en solo una de estas partes: la hoja.

### **¿Qué estructuras participan en el proceso de la fotosíntesis?**

#### **De la hoja al cloroplasto**

Los diferentes experimentos que se realizaron durante casi 300 años demostraron por un lado 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, por otro lado, 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 en una forma simplificada (Baker y Allen, 1970):



Esta conclusión no se tomó de forma apresurada, sino que es el resultado de estudios como el de Senebier, 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, sin olvidar que él concluyó que se producía oxígeno, no a partir del agua sino del dióxido de carbono. Este descubrimiento tenía un significado muy importante con respecto a que la hoja completa no es un órgano fotosintético, puesto que, si se cortaba en pedazos, esto no impedía la actividad fotosintética (Baker y Allen, 1970). El problema desde entonces se enfocó en profundizar los estudios hacia la estructura de la hoja, pero sobre todo dentro de las células, esto para encontrar el centro de activación de la fotosíntesis.

En el siguiente trabajo no se pretende profundizar en toda la estructura de la hoja, pero si es pertinente mencionar que son las células parenquimáticas las que constituyen el mesófilo, que forman la mayor parte de la hoja y que contiene muchos cloroplastos, por lo que se le ha definido como el principal tejido elaborador de alimento de la planta. Cubriendo a toda la hoja, está la epidermis, tejido formado por células epidérmicas que carecen normalmente de cloroplastos, pero entre las cuales se encuentran dispersos unos pequeños poros llamados estomas, que son unos canales intercelulares a través de los cuales se presenta el intercambio de gases entre el interior de la hoja y la atmósfera (Greulach y Adams, 1980).

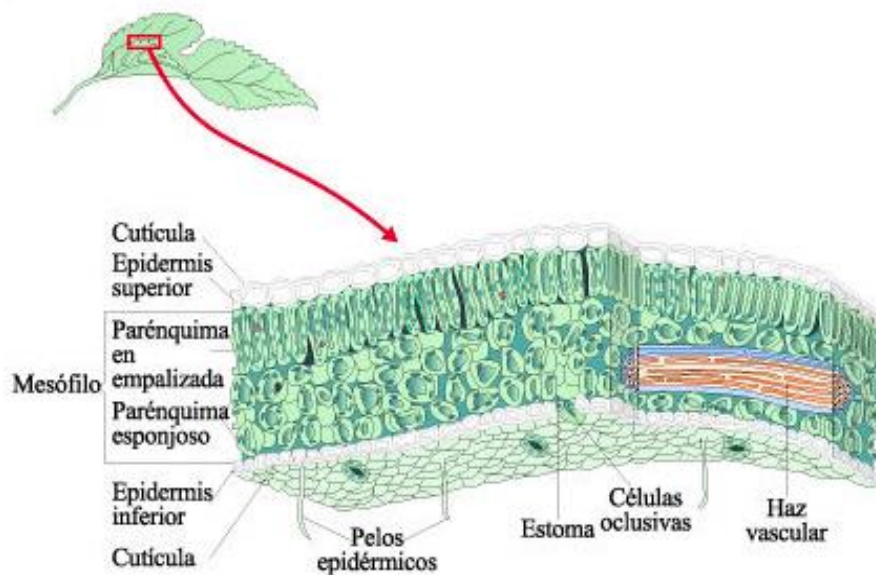


Ilustración 6. Estructura interna de una hoja.

Se puede decir entonces que no toda la hoja realiza la fotosíntesis, ni se necesita de toda la célula para realizar este proceso, conclusión a la que se llegó después de ampliar un poco el experimento realizado por Senebier en 1954 y encontrar que el proceso fotosintético se podía realizar en órganos celulares aislados denominados cloroplastos (Baker y Allen, 1970). Los cloroplastos son un tipo de plastos que 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).

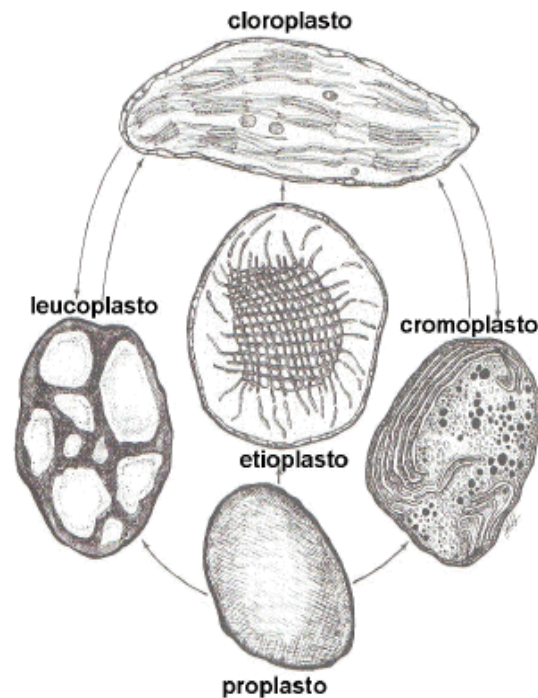


Ilustración 7. Diferentes tipos de plástidos que se encuentran en la célula vegetal.  
Fuente: Rost, et al., 1979.

Visto a través del microscopio, se puede identificar que el cloroplasto consiste de 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 pigmentos presentes en fotosistemas o cuantosomas (Baker y Allen, 1970). Los grana a su vez están suspendidas en un líquido llamado estroma o matriz vacuolada y granular, con pocas laminillas o sin ellas (Greulach y Adams, 1980).

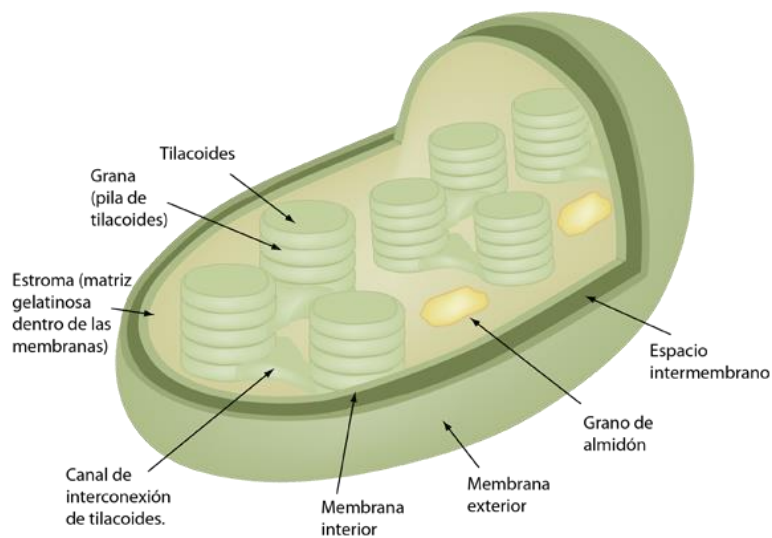


Ilustración 8. Estructura de un cloroplasto. Fuente: R. Nave.

En este punto cabe mencionar los dos descubrimientos más importantes de Ingenhousz, quien a partir de sus experimentos notó en primer lugar que una coloración verde debía estar presente dentro de la planta, solo si esta llevaba a cabo procesos fotosintéticos. A este pigmento verde se le dio el nombre de *clorofila* y se identificó como un compuesto complejo que intervenía en el proceso de la fotosíntesis (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; mientras que la clorofila **b** está en las plantas y 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).

Estos pigmentos de los cloroplastos se encuentran concentrados en los grana, específicamente en los tilacoides. Cada tilacoide es lo suficientemente grande como para 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). Estos pigmentos 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).

En otras palabras, estos pigmentos en el complejo antena están ordenados de manera que canalizan la energía absorbida y que 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). La anterior información permite entonces cuestionarse sobre otros procesos más complejos que lleva a cabo el cloroplasto, presente en algunas células de las plantas verdes y de las algas, mediado por esos diferentes pigmentos que reaccionan por influencia de la luz.

### **¿Cómo sucede la fotosíntesis?**

#### **Fases, procesos y sustancias**

El segundo gran hallazgo hecho por Ingenhousz fue que la fotosíntesis no podía ocurrir sin la luz, lo que permitió en experimentos posteriores como el realizado a

principios de este siglo por F. F. Blackman (1866 – 1947) vislumbrar que esta efectivamente es 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, para la que los físicos han propuesto dos modelos para explicar su comportamiento en diferentes situaciones. Por un lado, se puede encontrar 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 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. 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 la 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).

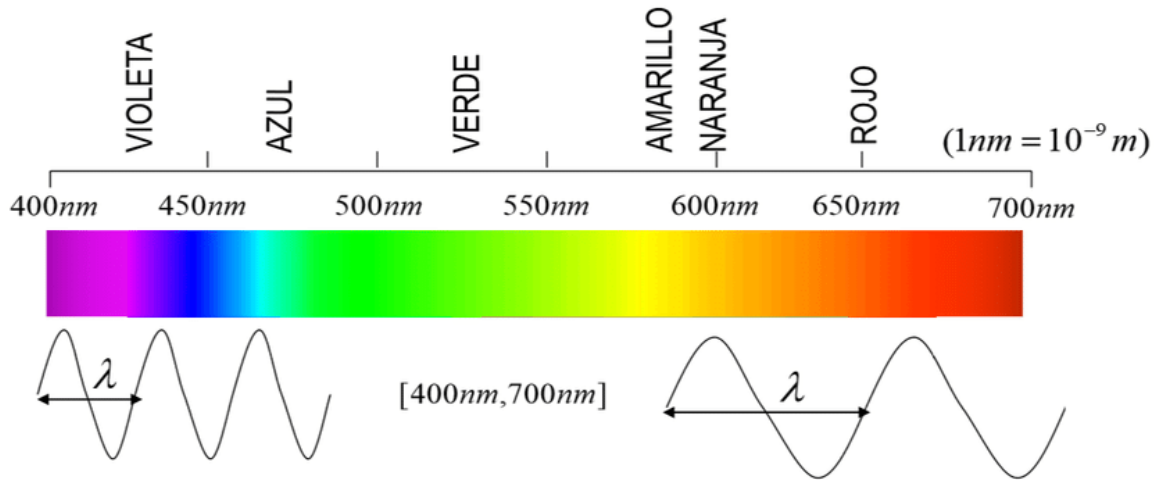


Ilustración 9. Espectro visible de la luz que puede percibir el ojo humano. Fuente: Vanrell, S.F.

Así como funciona el ojo humano, el pigmento verde de las plantas, es decir la clorofila, resulta ser selectiva en cuanto a la longitud de onda de la luz que absorbe. Las gráficas con respecto al espectro de absorción de la clorofila muestran que esta absorbe la mayor parte de la luz azul y la luz violeta y también algo de la luz roja, pero no otras longitudes de onda de la luz como la verde o la amarilla, las cuales pasan a través de ella o son reflejadas, es decir, no son usadas en una cantidad apreciable como fuente de energía para la fotosíntesis. Este comportamiento permite explicar someramente el por qué las plantas son verdes, debido principalmente al rechazo de la clorofila sobre las longitudes de onda que causan ese color y lo refleja hacia el ojo (Baker y Allen, 1970).

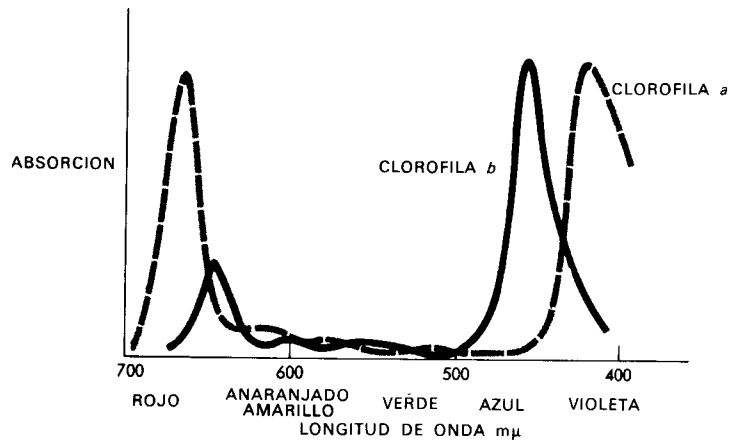


Ilustración 10. El espectro de absorción de las clorofilas a y b. John W. Kimball y Addison-Weslwy como se citó en Baker y Allen, 1970.

A parte de la clorofila existen otros tipos de pigmentos en las plantas y en las algas, llamados *carotenoides*. Los carotenoides se encuentran estrechamente asociados con las moléculas de la clorofila y generalmente varían en color desde el amarillo hasta el rojo. Estos son responsables por ejemplo del color rojo del tomate y del anaranjado de la zanahoria, además de los colores típicos del otoño que se deben a una disminución de la clorofila en la hoja, provocando que se hagan visibles los pigmentos carotenoides que habían permanecido ocultos (Baker y Allen, 1970).

Siguiendo con el experimento hecho por Blackman, éste observó que el desprendimiento de oxígeno en la planta *Anacharis densa*, y por lo tanto la actividad fotosintética, variaba directamente en proporción a la intensidad de la luz a la que era sometida, es decir, solamente reaccionaba dentro de un alcance limitado, y fuera de este, un aumento en la intensidad de la luz no significaba directamente un aumento del desprendimiento de oxígeno (Baker y Allen, 1970). De esta manera, Blackman concluyó que:

(...) la luz era responsable solamente de una fase del proceso fotosintético (las reacciones luminosas) y que debería haber una segunda fase (las reacciones de oscuridad) las cuales eran independientes de la luz (...). (Baker y Allen, 1970)

Otro experimento que vale la pena traer a relucir y que complementa la explicación de los resultados de Blackman, fue el realizado por T. W. Engelmann (1843 – 1909), quien sometió un filamento de un alga verde (*Cladophora*) y algunas bacterias aeróbicas móviles, a un pequeño espectro de longitud de onda de luz roja y azul, esto para observar hacia qué porción del alga se movilizaban las bacterias. Los resultados le permitieron comprobar cómo estas bacterias aeróbicas que buscan siempre las regiones con altas concentraciones de oxígeno se congregaron alrededor de las secciones del alga que estaban iluminadas por longitudes de ondas rojas y azules (Baker y Allen, 1970). Así Engelmann pudo concluir que: (...) estas regiones liberan la mayor parte del oxígeno, por lo tanto, ellas deben llevar a cabo la mayor parte de la actividad fotosintética (...) (Baker y Allen, 1970).

El segundo modelo que revela el comportamiento de la luz bajo todas las condiciones es la **teoría del quantum**, desde la cual se 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 el proceso de 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).

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 centraliza 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. 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).

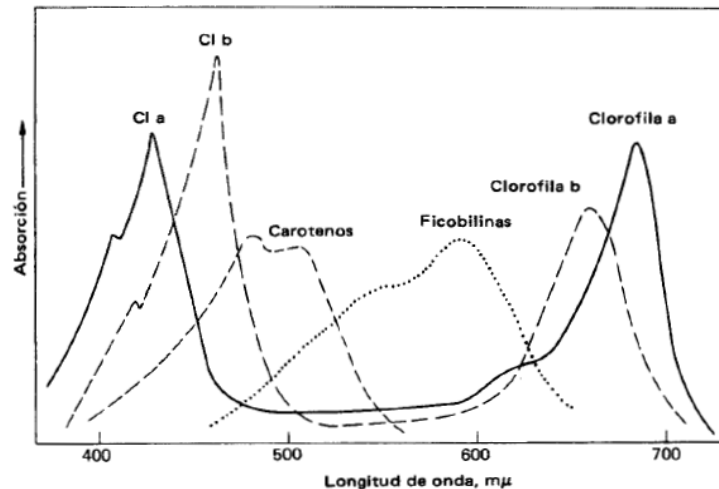


Ilustración 11. Espectros de absorción de algunos pigmentos fotosintéticos.  
Fuente: Bidwell, 1993.

### ***Transporte de electrones en la fotosíntesis***

Como ya se había mencionado, la fotosíntesis es un proceso biológico 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<sub>2</sub>, ATP y NADPH<sub>2</sub> en los cloroplastos (...). (Greulach y Adams, 1980)

Van Niel 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 carbónico<sup>4</sup> a 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 NADPH<sub>2</sub>, 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 O<sub>2</sub>, ATP y NADPH<sub>2</sub>; y otra, es fotofosforilación o flujo de electrones cíclica en la que solamente obtiene como resultado ATP. 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:

---

<sup>4</sup> En este texto se ha hecho referencia a dióxido de carbono en lugar de anhídrido carbónico.

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)

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 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<sub>2</sub> (Baker y Allen, 1970). En esa formación de NADPH<sub>2</sub> 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<sup>-</sup>) 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<sup>-</sup> 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).

En la naturaleza y en condiciones normales, las plantas experimentan un amplio rango de estrés ambiental, que pueden afectar el crecimiento y desarrollo de sus estructuras. La respuesta principal y más común a todos estos factores de estrés que se producen en condiciones de campo en presencia de luz es un daño en los cloroplastos, lo que explica el por qué son considerados como el blanco central de estos factores. Como consecuencia del estrés ambiental, las plantas desarrollan

tolerancia a todos estos, debido a que el sistema fotosintético se considera como una maquinaria molecular flexible que se puede adaptar a las diferentes fluctuaciones ambientales como de luz, en minutos, segundos o en escalas mayores de tiempo (Solarte, Moreno y Melgarejo, 2010).

### **2.1.2. El crecimiento en plantas**

El crecimiento de las plantas y de los animales es uno de los acontecimientos naturales más comunes y cotidianos de los que se cree tener todo claro. Sin embargo, para algunos biólogos, este proceso es uno de los más complejos, enigmáticos e interesantes de los seres vivos. El crecimiento de las plantas, así como el de los animales, involucra un conjunto de actividades vegetales que finalmente producen las células y los tejidos muy organizados de las plantas. No es raro que coloquialmente se relacione el crecimiento con un aumento en tamaño, principalmente con la ganancia de peso. Sin embargo, en las plantas el peso puede fluctuar hacia arriba y hacia abajo mientras gana y pierde agua en el transcurso de un día (Greulach y Adams, 1980).

El aumento del volumen, masa o peso son parámetros que describen algo diferente y rara vez hay una relación simple entre ellos en un organismo en crecimiento. Esto sucede porque el crecimiento a menudo ocurre en direcciones diferentes a distintas tasas, quizás ni siquiera relacionadas, así que una simple relación lineal área-volumen no persiste en el tiempo. Este problema, la dificultad de definir crecimiento y tamaño, se enfatiza más por el hecho de que es muy probable que durante ciertas clases de crecimiento, uno de los parámetros aumente en tanto que otro decrezca. Por ejemplo, durante la germinación de la semilla ocurre una absorción de agua inicial no acompañada por ningún crecimiento significativo: hay un incremento en volumen y en peso fresco, pero no en peso seco. Posteriormente la plántula aumenta mucho en longitud (crece) pero hay un descenso neto en el peso seco.

No obstante, conforme a cualquier definición, tuvo lugar un crecimiento (Bidwell, 1979).

Existen características que definen el crecimiento y que se pueden explicar de la siguiente manera: se ha considerado durante mucho tiempo que, si se pudiera describir exactamente el crecimiento de un órgano u organismo por medio de una fórmula o de un modelo matemático, se llegaría a comprender el patrón del crecimiento. Sin embargo, este proceso es tan complejo, que la elaboración de modelos matemáticos para el crecimiento de plantas cultivadas bajo control, tienen en cuenta factores del ambiente como la luz, la temperatura, el agua, entre otros, relacionados a un modelo de crecimiento simple para partes individuales de la planta como las raíces, las hojas y los tallos. Un modelo típico de crecimiento de una planta puede dividirse en tres fases básicas:

1. Fase logarítmica o exponencial
2. Fase lineal
3. Fase de declinación de la tasa de crecimiento llamada envejecimiento o senilidad.

Las curvas ideales en la tasa de crecimiento de una planta se presentan cuando se incrementa continuamente durante la fase exponencial, es constante durante la fase lineal y declina hasta llegar a cero durante la senilidad.

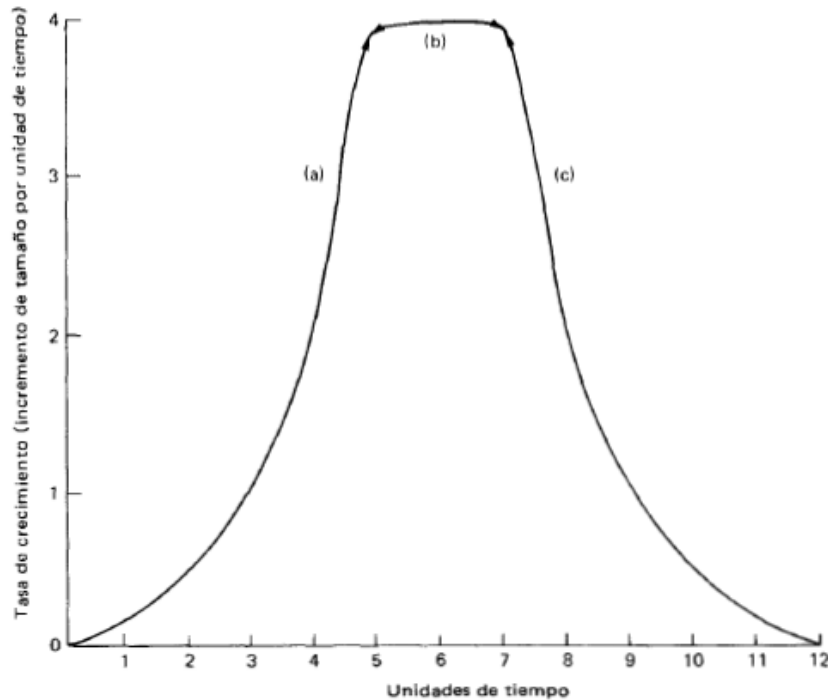


Ilustración 12. Curva de la tasa del crecimiento ideal. Fuente: Bidwell, 1979.

Esta representación de la tasa de crecimiento de una planta es tan idealizada que se suprimen las perturbaciones causadas por las variaciones en los factores ambientales y los eventos particulares. Sin embargo, las plantas no siempre presentan los mismos ritmos en el crecimiento, puesto que algunas fases se pueden intensificar o suprimirse, lo que causa que la tasa del crecimiento pueda fluctuar notablemente al paso del tiempo, presentando no una curva ideal, sino inflexiones, mesetas y agudas pendientes en su curva. Estos eventos, sin embargo, se atribuyen generalmente a los eventos del desarrollo y son muy difíciles de tratar en términos matemáticos simples (Bidwell, 1979).

El análisis que se le pueda realizar a la fase logarítmica es relativamente simple, si se considera como el siguiente ejemplo: si cada célula (o una proporción fija de células) de una colonia o un organismo se divide en dos, a intervalos regulares y las células hijas crecen al tamaño de la célula original, la colonia u organismo aumenta conforme a la relación entre la masa, el tiempo inicial, el tiempo final que

es igual a la tasa de crecimiento. Esta relación matemática se atribuye al crecimiento de las bacterias o a una masa de células que aumentan en todas las direcciones (Bidwell, 1979).

La mayoría de las plantas no siguen el crecimiento anterior descrito por un periodo largo de tiempo, ya que desarrollan un modelo de crecimiento meristemático, es decir, a nivel de los tejidos encargados del crecimiento de la planta, en un sentido longitudinal y diametral. Este tipo de crecimiento tiene lugar solamente en sitios discretos y se caracteriza por un aumento en longitud, y cuando este ocurre en uno o más meristemas de tamaño constante da por resultado una función lineal, lo que se traduce en que la tasa de crecimiento es constante y no está en relación con el tamaño del organismo (Bidwell, 1979).

A través de los años, se han desarrollado una variedad de expresiones matemáticas para simular algunas de las partes de la curva de crecimiento, ya sea en la planta completa o en algunos órganos específicos de la misma. Estas expresiones matemáticas han sido de mucha utilidad en la clasificación que cumple cada uno de los factores y nutrientes que influyen en las plantas en crecimiento. Generalmente, cuando uno de los factores o nutrientes se inhibe o se limita, lo que se espera es que la planta también limite el crecimiento por su suministro. Igual se presentaría, si el suministro se presentará en exceso, entonces se espera que el crecimiento se aproxime a su tasa máxima. (Bidwell, 1979).

### ***Elongación celular en el crecimiento de las plantas***

Probablemente la mejor manera de definir el crecimiento sea logrando evidenciar un incremento en la cantidad de protoplasma en un organismo que usualmente está acompañado de un incremento irreversible en talla y peso, proceso que incluye además la división, el agrandamiento y la diferenciación de las células (Greulach y Adams, 1980).

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 (Azcón y Talón, 2013).

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 a 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 (Azcón y Talón, 2013).

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 (Azcón y Talón, 2013).

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 están controladas 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 la mitosis antes que las 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 (Azcón y Talón, 2013).

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 la 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).

### **2.1.3. *Phaseolus vulgaris* o frijol común**

La planta de la especie *Phaseolus vulgaris* o frijol común, taxonómicamente se encuentra en la división *magnoliophyta* o también llamadas angiospermas (del latín *angi*-encerrada y *sperma*-semilla), una de las principales divisiones botánicas que contienen las plantas con flor y donde la forma vegetal dominante es el esporofito, es decir, la etapa multicelular diploide en el ciclo de vida de una planta. Su clase es la *magnoliopsida* o también llamadas dicotiledóneas, grupo de plantas llamadas así por tener durante las primeras etapas del desarrollo dos cotiledones. Las principales características de este gran grupo de plantas son:

- El embrión de la semilla tiene dos cotiledones, es decir, las hojas primordiales de las plantas con flores y que se desarrollan con la germinación de la semilla, donde genera dos hojas primitivas que van a servir de alimento a la nueva plántula.
- El sistema radical tiene una raíz principal vividera

El orden de las *fabales*, se caracteriza por tener una distribución mundial, aunque más frecuentes en las zonas tropicales. Estas plantas se diferencian de otras

porque tienen hojas en general compuestas y estipuladas y su fruto generalmente es seco, propio de las legumbres. Siguiendo en la clasificación taxonómica, el frijol se encuentra en la familia *fabacea* o también llamadas leguminosas, que reúne a un grupo muy común y conocido como las arvejas, lentejas, garbanzos, soja, entre otras.

En cuanto al crecimiento y desarrollo del *Phaseolus vulgaris* o frijol común, Fernández de C., Gepts y López (1986) determinan dos fases sucesivas en su proceso: una fase vegetativa y una fase reproductiva, las cuales están sujetas a factores tales como el clima (temperatura, fotoperíodo, etc.); el suelo (fertilidad, condiciones físicas, etc.) y el genotipo.

- **La fase vegetativa** inicia en el momento en que la semilla tiene las condiciones favorables para la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales. En esta fase además se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción. Sus etapas son:

Fase	Etapa		Evento con que se inicia cada etapa
	Código	Nombre	
Vegetativa	V0	Germinación	La semilla está en condiciones favorables para iniciar la germinación
	V1	Emergencia	Los cotiledones del 50% de las plantas aparecen al nivel del suelo
	V2	Hojas primarias	Las hojas primarias del 50% de las plantas están desplegadas
	V3	Primera hoja trifoliada	La primera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegada
	V4	Tercera hoja trifoliada	La tercera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegada

Ilustración 13. Etapas de desarrollo de la fase vegetativa de un cultivo de frijol común. Fuente: Fernández de C., Gepts y López, 1986.

- **La fase reproductiva** se inicia con la aparición de los primeros botones o racimos florales y termina cuando el grano alcanza el grado de madurez

necesario para la cosecha. Durante esta fase reproductiva podemos identificar seis etapas:

Fase	Etapa		Evento con que se inicia cada etapa
	Código	Nombre	
Reproductiva	R5	Prefloración	Los primeros botones o racimos han aparecido en el 50% de las plantas
	R6	Floración	Se ha abierto la primera flor en el 50% de las plantas
	R7	Formación de las vainas	Al marchitarse la corola, en el 50% de las plantas aparece por lo menos una vaina
	R8	Llenado de las vainas	Llenado de semillas en la primera vaina en el 50% de las plantas
	R9	Maduración	Cambio de color en por lo menos una vaina en el 50% de las plantas (del verde al amarillo uniforme o pigmentado)

Ilustración 14. Etapas de desarrollo de la fase reproductiva de un cultivo de frijol común. Fuente: Fernández de C., Gepts y López, 1986.

La semilla es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas; y desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica. El proceso de germinación empieza cuando la semilla que se ha sembrado absorbe agua y se hincha, y una vez dispone de estas condiciones emerge de esta en primer lugar la radícula, la cual se alarga para convertirse en raíz primaria, y sobre ella, cerca de la superficie del suelo aparecen luego raíces secundarias y terciarias, posteriormente se alarga el hipocótilo y los primeros cotiledones se pueden observar.

Existen varias etapas de desarrollo de la plántula cuyas características varían, dependiendo del tipo de germinación que presenta cada especie. Hay básicamente dos tipos de germinación que son la epigea y la hipogea. El frijol tiene germinación epigea, que se caracteriza porque el hipocótilo se alarga y

aleja a los cotiledones del suelo y las hojas que aparecen tienen con frecuencia color verde y realizan funciones fotosintéticas durante el crecimiento temprano de la plántula (Fernández de C., Gepts y López, 1986).

## **2.2. Contexto Teórico Pedagógico**

### **2.2.1. Reflexiones acerca de la construcción del conocimiento**

Muchos de los estudios que se realizan en el campo de la educación, tienen que ver sin duda en la forma cómo aprende el estudiante, y cómo en este proceso, que incluye además la incorporación de nuevos conceptos, se ven implícitos otros factores que posibilitan que cada individuo construya unas representaciones mentales del mundo en que vive. Morin (1996), propone que lo que vemos del mundo no es más que una traducción del mundo que hace nuestra mente a través de lo que es posible observar, y de esta forma “traducimos la realidad en representaciones, conceptos, ideas y finalmente, en teorías”. Partiendo de esta idea, resulta un tanto ambicioso estudiar el conocimiento de un individuo, y en específico, las concepciones y representaciones que éste tiene de su entorno, en el sentido que estas no son momentáneas, sino que se “construyen en el transcurso de su historia social, en el contacto con la enseñanza, y sobre todo a través de las informaciones de los medios de comunicación y las experiencias de la vida cotidiana” (Giordan y De Vecchi, 1995).

No es extraño escuchar que el primer acercamiento del ser humano con el mundo exterior lo realiza a través de los sentidos, y es a partir de esta primera experiencia que éste empieza a construir imágenes y representaciones de su contexto inmediato, para luego, establecer relaciones con otros individuos de su entorno. Sin embargo, Leibnitz (1704, como se citó en Giordan y De Vecchi, 1995), afirmaba que las ideas no se conciben únicamente de los sentidos y que la mente no es una

tabla rasa, puesto que en ella hay algo preformado y que es más bien como un bloque de mármol que el escultor va tallando con su martillo. Desde esta premisa es posible afirmar que el conocimiento de un individuo es el resultado de una construcción social, en la que a diferencia de los demás animales, este se encuentra en la capacidad de constituir sociedades basadas en diferentes ideologías, y así, concebir la realidad propia de su entorno, dando paso a que el conocimiento sea considerado ahora como una actividad de la cultura y por su lado, la ciencia como una actividad de construcción de explicaciones del mundo natural y social (Valencia, et al., 2003).

Si el conocimiento es una construcción sociocultural, entonces este es el resultado de un proceso que implica tanto una construcción individual, pero con mayor incidencia una construcción colectiva, es decir, un conocimiento producto de las relaciones que se entablan con el contexto físico y cultural inmediato. Es por esta razón que, en el campo de la educación, se hace relevancia en que los estudiantes no llegan al aula como un balde vacío, que se debe ir llenando con conceptos aislados, sino que por el contrario y como lo plantea Moreira (1997, como se citó en Ausbel 1968), para que un aprendizaje sea significativo, se debe partir de lo que el estudiante ya conoce, y en consecuencia que logre relacionarlo con los nuevos conceptos y que les permita entender de una mejor manera el mundo que habitan. Para comprender ese mundo que habitamos, además de construir explicaciones del mundo social y cultural, también se debe construir explicaciones del mundo natural, y es aquí donde la ciencia, además posibilita la construcción de un conocimiento científico.

Morin (1996) planteaba que “debemos comprender que lo que hace posible el conocimiento al mismo tiempo lo limita, imponemos al mundo categorías que nos permiten capturar el universo de los fenómenos”. Y es que, desde tiempos remotos, el ser humano se preocupa por explicar lo desconocido, por encontrar respuestas a sus preguntas, y en ese afán pretendió organizar el mundo para poder entenderlo,

y en este proceso, que no se detiene, “los sujetos ponen en juego diferentes estrategias para construir explicaciones a situaciones del mundo natural y social (Valencia, et al, 2003).

Cada individuo construye explicaciones de su realidad dependiendo desde donde se encuentre situado, en las que intervienen representaciones y tradiciones de tipo religioso, místico, artístico, entre otros, y que indiscutiblemente permea de una u otra forma a la ciencia, por lo cual, en su enseñanza, no se deben desconocer estos aspectos. Al respecto, Candela (1990) propone que aparte de propiciar la capacidad del niño para entender el medio natural en que vive, también se debe intentar que los estudiantes ubiquen la situación de su medio ambiente dentro del contexto económico y político nacional, y de esta manera relacionar sus prácticas cotidianas y sus problemas con la situación nacional, que les permita entender mejor cómo actuar en su propio medio para conservar los recursos y optimizar su uso en beneficio colectivo y a largo plazo.

### ***Los problemas de conocimiento como estrategia para la construcción de explicaciones en la enseñanza de las Ciencias Naturales***

La construcción de explicaciones a diferentes situaciones del mundo natural y social, parte, por un lado, de nuestras vivencias y, por otro, de las relaciones que logremos establecer con el objeto de estudio, es decir, la relación sujeto-objeto como una unidad dialéctica de mutua constitución. Desde esta perspectiva, para analizar las condiciones que permitan configurar explicaciones en diferentes espacios de enseñanza, se ha propuesto la categoría de *problemas de conocimiento* (PC), desde la cual se puede identificar la forma en que el sujeto construye explicaciones con respecto al objeto, que se logra abordar a partir de tres estrategias fundamentalmente: el cuestionamiento de la experiencia básica, la

artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones (Valencia, et al, 2003).

La construcción de explicaciones sobre el mundo natural en cuanto permite al individuo capturar el universo de los fenómenos también permite la producción de conocimiento científico. Sin embargo, tradicionalmente el problema del conocimiento científico se presenta en dos planos según el autor: el primer plano corresponde a lo empírico, es decir, el conocimiento científico obtiene datos objetivos a partir de las observaciones y los experimentos, desde los cuales surgen teorías que “reflejan” lo real; y un segundo plano, que se refiere a la coherencia lógica de estas teorías, las cuales deben garantizar su verdad como un sistema de ideas (Morin, 1996).

En la producción de este conocimiento científico, el individuo puede partir de la experiencia, de la artificialización y de la complejización, y de éstas emergen los problemas de conocimiento que se pueden presentar en el estudio de un fenómeno, que para este trabajo tiene que ver con el estudio de la influencia de la luz como condición ecológica en el crecimiento de las plantas. En este sentido, se define la experiencia como la primera aproximación a los eventos del mundo natural, que permite sorprenderse con aquello que es novedoso, inquietarse con lo desconocido y maravillarse del universo que habita (Valencia, et al, 2003).

Por su parte, el conocimiento que se produce a partir de la experiencia se puede interpretar como un conocimiento que no empieza en la escuela, ya que desde pequeños los individuos tienen relación con la naturaleza y a partir de esta relación, va formando su propia representación del mundo físico (Candela, 1990). Sin embargo, se hace necesario vencer las intuiciones primeras, el deslumbramiento y el entusiasmo por lo natural y llevarlo a un plano más profundo como lo es el ejercicio del pensamiento, y en ese sentido hacerles frente a las preguntas, dejarse

enriquecer por el hecho construido, renovando el pensamiento y rectificando incesantemente (Valencia, et al, 2003).

El sujeto que se distancia de la experiencia básica y pasa al ejercicio del pensamiento, tiene interés por artificializar el mundo natural y en consecuencia imponer condiciones e interrogarlo para obtener más información de él (Valencia, et al, 2003). Para artificializar el mundo natural, el sujeto primero debe identificar una situación por la cual encuentre atracción o fascinación, para luego convertirlo en un objeto de estudio que le permita construir conocimiento a partir de la definición de estrategias para establecer variables, cimentar relaciones y derivar principios en su tránsito hacia la comprensión de los diferentes fenómenos. El fenómeno del que aquí se refiere, tiene que ver principalmente con su unión estrecha con el sujeto, es decir, concebir que el fenómeno y el sujeto constituyen una unidad, y por esta razón, no se acepta el fenómeno como una realidad en sí misma, ni tampoco que la conciencia existe en sí misma, sino que se considera que hay una relación de doble vía entre ellas. Esto implica que el fenómeno requiere de alguien ante quien aparecer, además no oculta un ser verdadero de carácter absoluto (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala y Tarazona, 2018).

Es así que para que exista un fenómeno, debe existir un sujeto que le otorga esta distinción, es decir, no se hace referencia a los fenómenos como eventos distantes en la naturaleza, sino como construcciones de la mente humana que les dan el carácter de fenómenos a partir de las cualidades que le otorgan este calificativo, y en este devenir, el fenómeno deja de estar en el plano de la seguridad de los saberes, y empieza a constituirse como objeto de estudio y como el espacio que posibilita la acción constructivista del pensamiento. En este sentido, es el sujeto quien construye el fenómeno en la medida que entiende las condiciones que posibilitan su existencia, de las variables que determinan sus cambios y de los procesos que lo constituyen (Valencia, et al, 2003).

En la práctica docente se debe tener en cuenta que el objeto de estudio al que damos por nombre fenómeno, para el caso de las ciencias naturales, es el que construye el sujeto en su intento por entender el mundo natural y en ese sentido, por construir explicaciones que den cuenta del por qué se convierte en un problema de conocimiento que se aborda en el aula con los estudiantes desde diferentes estrategias que involucren proponer modelos, diseñar experimentos, simular situaciones, acuñar conceptos, anticipar eventos y definir criterios metodológicos que enriquecen las explicaciones al fenómeno conocido (Valencia, et al, 2003), y en ese mismo sentido que les permita establecer relaciones entre lo que ya conoce y lo que es capaz de construir a partir de la artificialización.

La modelización es una práctica muy frecuente en el aula, en la medida que le permite al estudiante además de simplificar los fenómenos, aislar condiciones, controlar variables y analizar procesos y resultados, sin que esto signifique construir un conocimiento limitado y fragmento frente al objeto de estudio, es así como “en una renovadora instancia la construcción del fenómeno es posible concebirla en su dimensión compleja lo cual demanda un cambio en las formas de mirar, de pensar y de hacer del sujeto que conoce (Valencia, et al., 2003). En este proceso de construir explicaciones en torno a un objeto, en el sujeto emergen nuevas relaciones que implican las interrelaciones sistema-contexto que promueven una manera compleja de ver el mundo, dejando de lado las consideraciones de verdades absolutas que se han desarrollado en torno a la forma como nos han mostrado el mundo en sus diferentes dimensiones.

### **2.2.2. Papel del experimento en la enseñanza de las ciencias en básica primaria**

La afirmación de que las clases de ciencias naturales en la básica primaria no se pueden reducir solamente a la transcripción y memorización de conceptos por parte de los estudiantes, se suele escuchar con frecuencia, y sin embargo, todavía en las

escuelas los contenidos se siguen enseñando de esta manera, muchas veces por la falta de espacios y materiales para abordarlas desde otra metodología o simplemente por la idea que se tiene sobre que en la ciencia ya todo está dicho y en ese orden de ideas, comprobar lo que dicen los libros no tenga sentido. Sin embargo, y con el auge de las nuevas tecnologías y de los avances en materia educativa, los maestros no se pueden quedar en la simple transmisión de verdades consideradas como absolutas sin permitirles a los estudiantes hacerse preguntas y tratar de buscar una explicación que les permitan construir sus propios significados.

En este sentido, es pertinente que el maestro encuentre en la historia de las ciencias una gran fuente de recursos a la que pueda acudir desde diferentes planos, los cuales Malagón, Ayala y Sandoval (2013) definen como aquellos que permitan en primer lugar, ubicar espacial y temporalmente los gestos, descubrimientos y errores en el quehacer científico; en segundo lugar rescatar los argumentos que estuvieron a la base de algunos planteamientos científicos; en tercer lugar, un plano dedicado al diseño de estrategias metodológicas en el que se logre establecer un paralelo entre el conocimiento científico y el conocimiento individual; y en último lugar el plano que permite transformar las imágenes que los individuos tienen acerca de la ciencia y del quehacer científico, esto a través de los estudios en el campo social y cultural, que han permitido la circulación de nuevas imágenes de la actividad científica que logran incidir en la forma como estudiantes y maestros transforman las prácticas pedagógicas en el aula.

Esta transformación de las prácticas en el aula implica también una transformación de pensamiento, que además incluya una reflexión más asertiva con respecto al papel que juega la ciencia en la formación integral de un individuo, en palabras de Hodson (2003, como se citó en Romero, 2013) no se debe desconocer el carácter sociocultural de la actividad científica y en ese mismo sentido las relaciones que dicha actividad tiene con intereses políticos y económicos, así como con asuntos éticos y valores sociales. Sin embargo, tampoco se trata de llevar al aula las

polémicas que de estos temas se puedan generar, sino más que ello, de lo que se trata es de considerar el aula como un espacio en el que sea posible acercar a los estudiantes a lo que es la ciencia y el trabajo científico, un espacio en el que se hace un tipo de ciencia: la ciencia escolar (Romero, 2013).

En el espacio en el que se hace ciencia escolar, que para el caso de la escuela es el aula, entendiéndose esta no solamente como las cuatro paredes que encierran un salón, el propósito de las actividades didácticas centradas en la experimentación se puede caracterizar bajo dos tipos de consideraciones: el primero que tiene que ver con un énfasis disciplinar fundamentado en el supuesto que es la instancia empírica la que permite demostrar de forma incontrovertible la validez de los enunciados teóricos. Y la segunda, desde un énfasis pedagógico, a través del cual se parte de las concepciones previas o alternativas de los estudiantes sobre un determinado fenómeno y a partir de esto, poder constatar desde la contrastación empírica las hipótesis formuladas por estudiantes acompañados por sus docentes (Romero, 2013).

Considerar la experimentación desde estas perspectivas, lleva a asumir que esta práctica en las clases de ciencias es más que seguir unos pasos, como en una receta de cocina, con los cuales se logre llegar a unos resultados o a un producto, y verificar o desmentir la hipótesis planteada, que es a lo que generalmente apuntan los libros de texto y los currículos para ciencias naturales. El uso del experimento en las clases de ciencias ha tomado mayor importancia en cuanto se dejó de ver al estudiante como el receptor de la información dada por los libros y el docente, y entro a jugar un papel activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en cuanto se le otorgó la posibilidad de cuestionar y corroborar la información que se le brinda, en otras palabras, cuando se dejó de lado la educación conductivista y se abrieron las puertas para una educación constructivista. Sin embargo, y pese a todos los avances logrados a través de los años, la actividad experimental en el aula se sigue asumiendo como un simple recurso didáctico que respalda la enseñanza y que

actúa como contingente a la construcción de explicaciones a los fenómenos naturales siguiendo protocolos altamente estandarizados que aseguran la comprobación o refutación de las teorías científicas (Romero, 2013 como se citó en Koponen y Mantyla, 2006 y Malagón et al., 2011).

Por esa idea que precisa que en las clases de ciencias se deben seguir rigurosos pasos y de que sus resultados deben estar acordes a lo que dicen los libros, el experimento no resulta ser tan llamativo para algunos estudiantes, y por tal razón las actitudes que estos desarrollan están alejadas de las expectativas que se proponen en los currículos de ciencias para primaria. Por tal razón, Candela (1990) propone que la enseñanza de las ciencias debe estar encaminada a que los estudiantes piensen sobre lo que saben acerca de su realidad, que lo sepan exponer y que confronten sus explicaciones con las de sus compañeros, con la información que reciben por parte de sus maestros y con lo que leen en los libros o reciben a través de otros medios de comunicación.

Esta interacción de los estudiantes con el medio social y natural les permite desarrollar el hábito de reflexionar sobre la realidad, y así poco a poco construir su conocimiento sobre ella en un proceso que posibilite acercarse a esa realidad, que implica además construir explicaciones sobre su entorno inmediato en un proceso que incluya diferentes estrategias, como lo es el experimento, desde el cual se pueden artificializar fenómenos de la naturaleza que llamen la atención de niños y niñas, despertando su curiosidad y permitiendo establecer comparaciones entre lo que se imaginan que va a ocurrir en una situación con lo que ellos pueden percibir, y así confrontar sus explicaciones con las de otros pares.

Las prácticas en el aula que se realizan a través del experimento no deben dejar de lado la teoría, puesto que para construir un conocimiento científico en la escuela se debe tener en cuenta el mundo del pensamiento y el mundo de lo que logramos

entender por realidad, es decir, una relación teoría-experimento que desde la segunda mitad del siglo XIX configuró una visión del mundo físico como alternativa a las clásicas perspectivas inductiva y deductiva. Desde esta perspectiva, el experimento no es trivializado como un mero elemento que es secundario a la teoría, sino que por el contrario estas dos dimensiones son asumidas como complementarias y constitutivas en el proceso de construcción de conocimiento científico. Como resultado de esta relación entre teoría y experimento, surgió lo que se ha denominado la perspectiva fenomenológica del mundo físico (Romero, 2013).

Esa perspectiva que cada individuo tiene sobre el mundo físico, está principalmente relacionado con la adaptación de los pensamientos a los hechos mediante la observación, y la adaptación de los pensamientos entre sí que constituyen la teoría, y es así, como la observación y la teoría son procesos complementarios que no se pueden separar de ninguna manera: siempre la observación está influida por la teoría y si ella tiene una importancia suficiente, ejerce a su vez una acción sobre la teoría (Mach, 1948 como se citó en Romero 2013).

La importancia de la experimentación en las prácticas de enseñanza de las ciencias naturales radica principalmente en que es un ejercicio que permite la construcción de conocimiento científico en el aula, aunque la palabra “científico” suene un poco ambiciosa, lo que se busca es generar que el estudiante a partir de esta actividad logre llegar a comprender, corroborar o refutar lo que en el mundo de la ciencia ya está establecido como verdades absolutas. Lo que se pretende con la actividad experimental es que los estudiantes se pregunten y duden sobre diferentes eventos propios del mundo natural, y desde los cuales se han establecido teorías y leyes de las que parece muy difícil dudar, aunque todavía haya mucho por descubrir.

El hecho de que la experimentación juegue un papel tan relevante en la construcción de conocimiento, es lo que ha dado paso para que se haya convertido

en objeto de estudio en varias investigaciones y estudios de caso, y esto porque la práctica experimental en las clases de ciencias no es nueva, pues los antiguos griegos ya realizaban actividades experimentales, pero no fue sino hasta los trabajos de Gilbert y Galileo que se empezó a sistematizar y caracterizar publicaciones donde la base empírica, especialmente en la física, está formada por resultados experimentales (Ordoñez, 2004 como se citó en Quintero y García 2013).

Sin embargo, el hecho de realizar la actividad experimental como una práctica frecuente en el aula no significa por sí sola una construcción de explicaciones de los estudiantes, y esto principalmente se debe a la desconexión que existe entre el conocimiento con el que los estudiantes le dan sentido al mundo que los rodea, que se limita a los objetos y las personas, y un conocimiento científico constituido por extraños símbolos y conceptos abstractos referidos a un mundo más imaginario que real (Pozo, 1998 como se citó en Quintero y García 2013).

En este mismo sentido, se observa como pocas veces se considera la posibilidad de que los estudiantes puedan adquirir conocimientos a partir de la realidad en la que se encuentran, razón por la cual se presenta una gran brecha entre el objeto de aprendizaje o de estudio con la realidad y la experiencia previa que estos tengan, lo que desencadena en darle un significado mayor al conocimiento que se enseña y aprende en las clases de ciencias naturales (Quintero y García, 2013).

A partir de estas dificultades, se propone plantear a las prácticas experimentales como verdaderos y auténticos problemas a resolver, los cuales se deben caracterizar por situarse en contextos próximos al estudiante, es decir, que logren captar el interés sobre cuestiones relativas a su vida cotidiana o su cultura, que sean creíbles y que su resolución implique operativizar conocimientos del campo de las ciencias naturales, sin que estos se conviertan en únicos. Al respecto, tales

prácticas se deben constituir en el mejor contexto para que los estudiantes desarrollen destrezas, y organizados en grupos, proporcionen oportunidades para construir significados, desarrollar la comprensión conceptual y actitudes favorables hacia el objeto de estudio en las ciencias (Reigosa, 2000 como se citó en Quintero y García 2013).

### ***La experimentación mediada por la observación***

En la enseñanza de las ciencias naturales cuando se hace referencia a la práctica de la experimentación, de inmediato se vincula con la observación, y esta acción no solo como el hecho de ver sino de interpretar aquello que causa interés y curiosidad. En este sentido, la observación se puede considerar como la capacidad que tiene la mente de manera individual para dar sentido a lo que ve, ya que en este ejercicio cada persona observa de una forma diferente y al respecto dice lo que ve. Hanson (1958) plantea que el problema de la observación no radica en lo experimental, pero sí en lo que los científicos dicen que ven, y esto en la medida que puede tener sentido decir que ambos observadores no ven la misma cosa, no parten de los mismos datos, aunque su vista sea normal y los dos perciban visualmente el mismo objeto.

Como lo menciona Hanson (1958), la acción de observar no conlleva por sí sola a un problema en la experimentación, ya que dos científicos que tienen un mismo objeto de estudio naturalmente ven la misma cosa, es decir, hacen la misma observación, ya que parten de los mismos datos visuales, pero lo que ven lo interpretan de una forma diferente, y en consecuencia interpretan los datos de manera diferente (Berkeley, 1948 como se citó en Hanson, 1958). Todos los seres humanos que tienen una visión normal realmente están formando en la retina imágenes normales y esas sensaciones en la retina funciona como indicadores y señales, así, todo lo que tiene lugar detrás de la

retina es una operación intelectual que se basa en gran medida en experiencias no visuales (Brain, 1929 como se citó en Hanson, 1958).

Es así como la construcción que se hace para explicar el mundo natural ocurre principalmente a partir de las vivencias y en ese mismo sentido de las experiencias, por lo que no se puede observar e interpretar lo que nunca se ha visto. Cuando dos observadores normales ven la misma cosa es porque tienen la misma experiencia de datos sensoriales, de lo contrario pueden estar viendo lo mismo, pero están haciendo una interpretación diferente de los datos. Esta situación se puede resumir en una frase muy sencilla y es que la visión es una experiencia, y son las personas las que ven, no sus ojos (Hanson, 1958).

Entendiendo la observación desde la anterior perspectiva, en la práctica experimental no se puede presumir que todos los observadores que tienen un objeto de estudio igual y que en este ven la misma cosa, a su vez lo interpreten de la misma manera, puesto que existen diferentes interpretaciones de lo que ven, en común, todos los observadores (Hanson, 1958). Y esas diferentes interpretaciones que se dan a lo que se observa tienen que ver principalmente con lo que el individuo ha logrado aprender de ciertos temas, es así como no le podemos exigir a un niño o niña que observe una célula cuando nunca en su vida ha tenido referencias de esta, puesto que es en la medida en que va aprendiendo que llega a identificarla por su estructura, forma y colores.

Al respecto, se puede afirmar que la visión es una acción que lleva una carga teórica, así la observación de  $x$  está moldeada por un conocimiento previo de  $X$ , circunstancia que además está mediada por el lenguaje o las notaciones usadas para expresar lo que se conoce y sin los cuales habría muy poco que pudiera reconocerse como conocimiento, ejerciendo de esta manera influencias sobre las observaciones.

### 3. PROCEDER METODOLÓGICO

El ejercicio del análisis sistemático producto de una experiencia educativa significativa realizada dentro de las prácticas frecuentes en el aula<sup>5</sup>, es una actividad poco desarrollada por los docentes de manera autónoma, como ya se había mencionado en el capítulo del contexto problemático, y que lleva a desconocer muchas veces que esta permite enriquecer su quehacer en el aula. Esta falta de reconocimiento de los procesos que se llevan a cabo en el aula es una de las preocupaciones del programa de la Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico (EDCNB) y de sus espacios formativos, en los que se promueve una reflexión sobre la importancia y la necesidad de este ejercicio en la enseñanza de las ciencias naturales, que además posibiliten al docente identificar los problemas que se derivan del estudio de diferentes eventos fenomenológicos presentes en el contexto inmediato del estudiante.

Una primera reflexión sobre las prácticas frecuentes llevadas a cabo por la docente en la clase de ciencias naturales permitió reconocer una experiencia educativa significativa que se había realizado con estudiantes de grado tercero, y que tenía que ver específicamente con una actividad experimental muy sencilla como lo es la siembra de semillas de frijol sobre algodón, unas en presencia de la luz y otras en ausencia de esta. Como resultado de la experiencia, los estudiantes lograron identificar algunas diferencias a nivel de estructuras, tamaños y colores de las plantas que crecían bajo variables controladas en la condición ecológica de la luz. Sin embargo, en este ejercicio los estudiantes solamente hicieron observaciones cuando a la planta de frijol ya le habían aparecido sus estructuras y no durante el proceso, razón por la cual se partió de esta experiencia para abordarla como un objeto de estudio desde la perspectiva de problema de conocimiento propuesta por Valencia, Orozco, Méndez, Jiménez, y Garzón, 2003.

---

<sup>5</sup> Este es uno de los objetivos propuestos por el programa de Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico.

A partir de la identificación del anterior objeto de estudio se estructuró y diseñó la ruta de intervención en el aula que tiene como propósito el seguimiento a montajes experimentales para estudiar la influencia de la luz en el crecimiento de la planta de fríjol con estudiantes de grado tercero de la IED Tecnológico de Madrid, y en donde está se configuró como un problema de conocimiento, desde el que se obtuvo una serie de resultados en cada una de las fases que posteriormente se convirtieron en insumo para la sistematización de la experiencia.

Para la sistematización de esta experiencia se parte de la idea desde la cual no se entiende la sistematización de manera simplista, en la que el investigador se remite a llenar formatos o formularios que cuando mucho describen y ordenan la experiencia de los actores; o limitarla al momento final del proyecto donde se ordenan y describen las acciones realizadas, puesto que esta manera de entender la sistematización no contribuye a generar nuevo conocimiento sobre las prácticas y mucho menos a la teorización sobre el campo temático en el que se inscribe (Torres, 1999).

La sistematización como estrategia para comprender de manera más profunda las prácticas de intervención y acción social, para recuperar los saberes que allí se producen y para generar conocimientos sistemáticos sobre ellas, está inscrita a su vez dentro de las perspectivas interpretativas y críticas asociadas a los métodos cualitativos de investigación social (Carr y Kemmis, 1998 como se citó en Torres 1999). Desde este enfoque, se entiende la sistematización como una modalidad de conocimiento de carácter colectivo sobre unas prácticas de intervención y acción social, en este caso educativas, que a partir del reconocimiento e interpretación crítica de los sentidos y lógicas que la constituyen, busca cualificarla y contribuir a la teorización del campo temático en el que se inscriben (Torres, 1999).

Sistematizar una experiencia no es lo mismo que sistematizar información, puesto que esta última se enfoca en el ordenamiento, la clasificación y la catalogación de distintos tipos de datos, mientras que la sistematización de experiencias se entiende como aquellos procesos históricos y complejos en los que intervienen diferentes actores y que involucran un contexto económico, social y cultural determinado y en situaciones particulares (Jara, 2018). Al referirse a las experiencias, este mismo autor, las define como procesos sociohistóricos dinámicos y complejos, que se llevan a cabo de forma personal o colectiva, y que no son simples hechos o acontecimientos puntuales. En este sentido, las experiencias están en permanente movimiento y abarcan un conjunto de dimensiones objetivas y subjetivas de la realidad histórico-social.

Algunas características de las experiencias según Jara (2018) tienen que ver principalmente con: a) las condiciones del contexto, determinado por el momento histórico, el espacio geográfico y el entorno sociocultural, y no como algo exterior a la experiencia; b) las situaciones particulares que pueden ser grupales o personales, en un espacio o lugar donde ocurra la vivencia; c) las acciones intencionadas o inintencionadas de los sujetos; d) las percepciones, sensaciones, emociones e interpretaciones de los actores; e) los resultados o efectos que modifican en todo o en parte los elementos o factores existentes; y f) las relaciones entre las personas que viven la experiencia.

Estos factores objetivos y subjetivos que constituyen la experiencia, no se deben reducir a simples hechos y cosas que suceden en las vivencias de las personas, puesto que, al realizarlas de formas particulares, cada sujeto provoca que ocurran procesos complejos y dinámicos en su vida cotidiana y social durante toda su historia. Así, toda experiencia inmediata y personal está vinculada a toda la experiencia humana, desde el momento histórico que se vive, aunque esta relación no aparezca de forma evidente ni inmediata. Por eso se requiere un proceso

intencionado que nos permita descubrir esas determinaciones radicales que subyacen en el fondo de lo que se nos presenta a simple vista (Jara, 2018).

Al concebir la experiencia como aquellos lugares vivos de creación y producción de saberes, que hacen parte, además de esos saberes cotidianos que poseen todos los sujetos, y que pueden ser de muy diversa naturaleza dependiendo de quién la vive y de sus condiciones de reflexividad: desde saberes inmediatos, empíricos, focalizados, hasta saberes de un preciso nivel de conceptualización, que están directamente vinculados a la experiencia, se constituyen en la base para realizar desde ellos un ejercicio crítico de construcción de conocimientos y de descubrimiento del sentido de lo vivido, a través de la sistematización de la experiencia, como una expresión de la práctica social e histórica (Jara, 2018).

Comprender el papel que juega la experiencia en las prácticas de aula, en este sentido, significa enfocar la mirada reflexiva en primer lugar hacia lo que el estudiante ya sabe hacer, y en consecuencia la forma en que lo relaciona en la construcción de explicaciones que logra a partir de la artificialización de un objeto de estudio configurado como un problema de conocimiento, desde el cual el estudiante, como un sujeto activo conocedor de su entorno, está en capacidad de configurar un nuevo conocimiento.

Y es en ese proceso que vivencia el sujeto, en el que toma sentido la sistematización de la experiencia, como un ejercicio intencionado que busca penetrar en la trama *próximo-compleja* de la experiencia y recrear sus saberes con un ejercicio interpretativo de teorización y de apropiación consciente de lo vivido. Este ejercicio requiere un empeño de curiosidad epistemológica y supone un rigor metódico para convertir el saber que proviene de la experiencia, a través de su problematización, en un saber crítico, en un conocimiento más profundo (Jara, 2018).

Diferenciar entre sistematizar información y sistematizar experiencias, también conlleva a diferenciarla de otros procesos reflexivos que no se preocupen por su uso sino por su significado. Así es como varios autores coinciden en considerar la sistematización de experiencias como (Jara, 2018):

- a. Un proceso de reflexión individual y colectivo.
- b. En torno a una práctica realizada o vivida.
- c. Que realiza una reconstrucción ordenada de lo ocurrido en ella.
- d. Que provoca una mirada crítica sobre la experiencia.
- e. Que produce nuevos conocimientos.

Teniendo como precedente estos cinco puntos, es que se realiza el ejercicio de sistematización de la siguiente propuesta de intervención en el aula partiendo, por un lado, de la experiencia de los estudiantes con el objeto de estudio, y por otro, del seguimiento de los montajes de la siembra de semillas de frijol en luz y oscuridad, desde la cual cada niño y niña se aproxima a describir y explicar el fenómeno de crecimiento de las plantas bajo condiciones controladas.

También se espera que, una vez concluida la etapa de sistematización de las experiencias de los estudiantes, la docente reflexione y le conceda la importancia y la trascendencia que este ejercicio puede contribuir a su práctica de aula, en el que involucre las características que hacen de esta una actividad tan enriquecedora. Al respecto, Torres (1999) concibe el ejercicio de la sistematización desde los siguientes rasgos:

- a. ***Una producción intencionada de conocimientos***, desde un nivel epistemológico, que exige una posición consciente sobre desde dónde, para qué y cómo se producen los saberes y los conocimientos, así como sobre cuáles serán sus alcances e incidencia sobre la práctica.

- b. **Es una producción colectiva de conocimientos**, en el que la sistematización reconoce y contribuye a formar como sujetos de conocimiento a los propios actores involucrados de la experiencia, en un proceso colectivo y organizativo.
- c. **Reconoce la complejidad de las prácticas educativas y de intervención social**, donde la sistematización aspira a reconstruir la totalidad concreta que constituye cada práctica social, privilegiando los significados que los actores le atribuyen a la configuración de la identidad de grupos.
- d. **Busca reconstruir las prácticas en su densidad**, a partir o no de una categorización previa resultado de las cuestiones que busca resolver, la sistematización, en un primer momento, busca producir un relato descriptivo de la experiencia.
- e. **Interpreta críticamente la lógica y los sentidos que constituyen la experiencia**, en el que la sistematización busca dar cuenta de la lógica particular de cada práctica social e interpretar los sentidos que la constituyen. En últimas, este ejercicio busca producir una lectura que vaya más allá de los relatos de sus actores que complejizan su previa mirada sobre la práctica.
- f. **Busca potenciar la propia práctica educativa y social**, en donde la sistematización tiene intereses pragmáticos para mejorar la propia práctica y cualificar a sus actores.
- g. **Aporta a la teorización de las prácticas educativas y sociales**, que busca comprender los sentidos que conforman prácticas sociales determinadas y, en consecuencia, ampliar el conocimiento que los actores poseen sobre uno o varios campos de la realidad social.

## **4. INTERVENCIÓN EN EL AULA**

La identificación de un objeto de estudio abordado como un problema de conocimiento en la enseñanza de las ciencias naturales, específicamente sobre la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas, permitió reconocerla como una experiencia significativa en el contexto cultural de los estudiantes y en esa medida configurarla como una práctica frecuente a partir de la cual se estructuró y diseño toda la ruta de intervención que permitió la aplicación y posterior sistematización, teniendo en cuenta el espacio, el tiempo, el currículo y la caracterización de los estudiantes. Esta caracterización incluyó la puesta en práctica de tres momentos o fases de implementación, que se orientaron a partir de tres estrategias: el cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones.

### **4.1. Caracterización del Contexto institucional**

La Institución Educativa Departamental Tecnológico de Madrid, es una institución de carácter público, urbano y municipal, ubicada en el Departamento de Cundinamarca, municipio de Madrid. La sede principal del colegio nació hace veintitrés años, creada durante la administración del alcalde Heberto Muñoz Porras y con la iniciativa de su fundadora la Licenciada Cecilia Matiz Pinzón, rectora de esta institución hasta el 2006. Su construcción inició en el año 1997, cuando aún las calles del barrio El Sosiego estaban sin pavimentar. Poco a poco y con la ayuda de autoridades municipales y nacionales se fueron dotando las instalaciones, y fue así como en el año 2000 se inauguró la sala de informática con quince computadores y se empezó a perfilar la promoción de bachilleres 2002 con especialización en mantenimiento de computadores.

Para el año 2002 la Secretaría de Educación de Cundinamarca (SEC) realiza la integración de los establecimientos educativos del municipio de Madrid en tres Instituciones educativas oficiales, en la cual se reconoce a la Institución educativa Departamental Tecnológico de Madrid con sus seis (6) sedes educativas: Escuela rural El Corzo, Escuela urbana San José, Escuela urbana Serrezuela, Concentración urbana El Cortijo, Concentración urbana María Teresa Ortiz, en las cuales se autoriza el servicio educativo en los niveles de preescolar, básica y media académica. Luego, en el año 2003 la SEC concede reconocimiento oficial y la autoriza para impartir educación formal en los niveles de preescolar, básica primaria, básica secundaria y media técnica con especialidad en electricidad y electrónica, y para el 2006 le otorga para el nivel de media técnica especialidad Delineante en Ingeniería Mecánica y Arquitectura asistida por computador.

A partir del énfasis técnico de la Institución, el Proyecto Educativo Institucional (PEI) se concibe como eje articulador del quehacer de la Institución, constituido y desarrollado en forma autónoma, participativa y democrática en busca del mejoramiento de la calidad de la educación, el cual además responde a las situaciones, necesidades y expectativas colectivas de toda la comunidad en especial de los estudiantes y de su entorno socio cultural del sector, concibiendo de esta manera las acciones que dan nombre al PEI: Valores, Ciencia e Innovación, la ruta hacia la excelencia; y de esta el lema que le da sentido a la misión y la visión: Ama, crea, valora y respeta para convertirte en un buen ciudadano. En este sentido, la misión y la visión de la Institución fundamenta su quehacer en valores, pero articulando el conocimiento científico y tecnológico con el desarrollo de competencias básicas, ciudadanas y laborales, que permitan el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad, respetando los principios de inclusión (PEI, 2015).

#### **4.1.1. Condiciones institucionales**

Actualmente la IED Tecnológico de Madrid cuenta con cerca de seis mil estudiantes entre los grados preescolar, primaria y bachillerato, constituyéndose así en la institución más grande de Cundinamarca a nivel poblacional. Los estudiantes de básica secundaria y media técnica se encuentran ubicados en dos sedes principales, que además son las más grandes de las siete sedes con las que cuenta la Institución. Por su parte los estudiantes de preescolar y básica primaria están en seis sedes ubicadas en diferentes barrios del municipio, esto con el propósito de cubrir la gran cantidad de población y tratando, en la mayoría de los casos, de garantizar a los niños y niñas estar cerca de su hogar, evitando así largos desplazamientos. Entre las sedes de primaria, está La Concentración urbana El Cortijo, en la que se desarrolló la siguiente propuesta de intervención en el aula, y la cual está conformada por niños y niñas en los grados de preescolar a quinto con edades entre los cinco y doce años, dos cursos por grado, es decir un total de doce cursos, todos en la jornada de la mañana y con un promedio de 35 estudiantes por cada uno, llegando así a un aproximado de 420 estudiantes.

La sede Cortijo ubicada en el barrio Amparito, ha visto pasar por sus aulas muchas generaciones, por sus pasillos y zonas verdes los estudiantes han logrado configurar un proyecto de vida, encontrando en este un espacio en el que se olvidan por un momento de sus problemas familiares, sociales y económicos, un espacio que les brinda más que conocimiento un refugio en el que aprenden para la vida, para afrontar sus problemas y para entender su papel en el entorno. Es así, como desde los espacios académicos se ha pretendido tener en cuenta las necesidades de los estudiantes y en consecuencia generar espacios de reflexión, discusión y aplicación.

Las nuevas instalaciones de la sede, que se empezaron a construir desde el 2017 y que se inauguraron en el 2019, han permitido albergar en sus aulas más estudiantes, pequeñas vidas llenas de curiosidad y con ganas de descubrir el

mundo, de aprender, de socializar y de compartir. Estos nuevos espacios, entre los que se encuentran doce salones, una cancha de juegos, una zona verde, un aula múltiple, una biblioteca y salones de juego y lectura, se proyectaron con el propósito de brindar a los estudiantes sitios en los cuales puedan desarrollar diferentes habilidades, destrezas y en este sentido, aptitudes hacia actividades manuales, motrices, ambientales, tecnológicas, científicas y comunicativas. Con todos estos espacios hechos especialmente para los estudiantes, es de esperarse que los contenidos de las diferentes áreas no se reducen solo al aula, sino que por el contrario se consideren como espacios para que en colaboración con el docente se logren configurar como escenarios de aprendizaje que los motiven a hacerse preguntas en cuanto a la forma en la que funciona su entorno inmediato.

Por ser una sede perteneciente a una Institución de carácter público departamental, está regida por el Decreto 1850 de 2002, Art. 1° del Ministerio de Educación Nacional, la cual indica que la jornada para los estudiantes del nivel de Básica Primaria es de veinticinco horas semanales, es decir, de tan solo cinco horas diarias, que se distribuyen en cuatro horas y media de clase, y media hora de descanso. Las cuatro horas y media de clase corresponde a cinco clases aproximadamente de 50 minutos cada una, se deben ajustar a las diez áreas del plan curricular de la institución. Es así como las áreas fundamentales, matemáticas y español, tienen una intensidad horaria semanal de cinco clases, mientras que sociales y ciencias naturales cuentan con tres horas semanales que se deben ajustar a un bloque en un día y a otra sola en otro día.

Sin embargo, y debido a la coyuntura de salud nacional, esta intensidad horaria tuvo que reducirse a la mitad del tiempo, es decir, a solo una hora y media de clase de ciencias naturales a la semana, por lo que la docente tuvo que recurrir a diferentes estrategias (principalmente para los niños y niñas que no podían acceder a clases sincrónicas), tales como talleres, videos y tutoriales que se describirán más adelante.

#### 4.1.2. Caracterización de los actores

La propuesta de intervención en el aula se proyectó para 34 estudiantes de tercer grado, específicamente del curso 302, de los cuales 13 son niñas y 21 niños con edades entre los 7 y 12 años<sup>6</sup>. La mayoría de estos niños y niñas pertenecen a familias numerosas, por lo que en la misma sede o en las demás, tienen hasta dos y tres hermanos, y algunos incluso tienen otros familiares entre los que están primos y tíos. La situación socioeconómica en la mayoría de los casos es bastante complicada, ya que las familias son bastante disfuncionales y muchas veces la cabeza del hogar está a cargo de uno solo de los padres, ya sea la mamá o el papá, e incluso otros familiares que actúan de representantes legales como pueden ser abuelos o tíos. Los principales ingresos de las familias en el municipio de Madrid se reciben gracias a los numerosos cultivos de flores que están dentro del municipio, a sus alrededores o en municipios cercanos como Funza, Facatativá, Bojacá y Subachoque, en donde las jornadas suelen ser bastante largas comenzando generalmente de madrugada y terminando a mitad de la tarde, razón por la cual muchos niños y niñas deben quedarse solos en casa después de que salen del colegio o al cuidado de un familiar o vecino más cercano.

Debido a estas situaciones, se identifican niños que se encuentran descuidados, llegan al colegio mal alimentados, sin los útiles mínimos para desarrollar sus actividades o incluso maltratados. A pesar de su corta edad, todas estas situaciones se ven reflejadas muchas veces en la falta de interés del estudiante por participar en las clases, por preguntar, por asombrarse ante lo desconocido y por maravillarse con lo aprendido. Sin embargo, y pese a todas estas problemáticas que no pueden ser ajenas a las prácticas que se realizan en el aula, se logra recuperar en los niños esa motivación por descubrir, por construir, por relacionarse con su entorno, por

---

<sup>6</sup> Teniendo en cuenta la modalidad virtual, los representantes legales de los estudiantes aprobaron su participación en las actividades implementadas en la ruta de intervención en el aula, y así mismo dieron su consentimiento para que los registros tales como relatos, dibujos y socialización verbal en clases y videos fueran usados como evidencia para la sistematización de la experiencia.

socializar con sus compañeros y con su docente, y a partir de esta actitud se logra crear un ambiente de enseñanza y aprendizaje acorde con las necesidades del estudiante.

## **4.2. Descripción de la propuesta**

La propuesta de intervención en el aula se estructura a partir del establecimiento de un objeto de estudio que se aborda desde la categoría de Problemas de Conocimiento (PC) propuesta por Valencia, Orozco, Méndez, Jiménez y Garzón en su trabajo titulado “Los problemas de conocimiento, Una perspectiva compleja para la Enseñanza de las Ciencias” realizado en el año 2003, y desde la cual se configura el análisis de las condiciones que permiten establecer descripciones en diferentes espacios de enseñanza, desde los cuales los sujetos ponen en juego estrategias para explicar situaciones del mundo natural y social.

### **4.2.1. Sentidos orientadores**

Al concebir los Problemas de Conocimiento como una categoría alternativa para comprender la forma en que los sujetos construyen el conocimiento en ciencias, es posible pensar en estas y su enseñanza en términos de la actividad cultural, en donde lo que prima no es la reconstrucción de la relación teoría-experimento en la disciplina, sino que por el contrario se propende por la generación de condiciones comunicativas y experienciales para explicar situaciones del mundo físico. Es así como se consolidan los espacios para el cuestionamiento de las representaciones tanto de estudiantes como de docentes, en el interés por formular problemas y en encontrar soluciones alternativas a preguntas que en otros contextos pueden resultar obvias, pero que se constituyen en experiencias que desencadenan procesos para la enseñanza de las ciencias y en consecuencia llevan al desarrollo de procesos de conocimiento (Valencia, et al., 2003).

Los problemas de conocimiento sólo se pueden pensar desde la idea de construcción continua de preguntas, acciones, argumentos, diseños experimentales, entre otros, y que se configuran en las actividades que viven un grupo de sujetos que comparten preguntas alrededor de una situación particular. Al reconocer la complejidad y particularidad en que se desenvuelve las actividades en el aula, se pueden delimitar algunos criterios de actuación y unas formas de trabajo que concreten procesos implicados en la constitución de problemas de conocimiento, y de esta manera realizar una lectura sobre los procesos que se llevan a cabo en la construcción de conocimiento y las relaciones que se logran configurar en el aula (Valencia, et al., 2003).

Los criterios de actuación están pensados principalmente como las estrategias que permiten al maestro aportar para la configuración de los problemas de conocimiento en el aula, desde la significación y resignificación que se le da a una situación o fenómeno de estudio en la actividad misma de conocer, y que se abordan desde las situaciones desencadenantes, las relaciones alternativas y los ambientes comunicativos (Valencia, et al., 2003). Las estrategias basadas en estos criterios de actuación se configuran en esta propuesta como los sentidos orientadores que permitieron establecer los propósitos de cada fase de aplicación en la ruta metodológica, diseñada para abordar el problema de la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas.

Las situaciones desencadenantes se entienden como aquellas que emergen como resultado de las vivencias sobre una problemática desde la que un grupo de sujetos comparten las mismas preguntas, y que se constituyen en espacios para la problematización de situaciones o eventos del mundo cotidiano que permiten al grupo orientar y delimitar sus intereses en la perspectiva de construir conocimiento (Valencia, et al., 2003).

Las relaciones alternativas que se establecen en la organización del trabajo del aula permiten alterar las relaciones que los sujetos establecen en su diario vivir, en donde estos dejan de concebirse como unidireccionales y atemporales, dejando que sean permeadas por el contexto donde se constituyen las nuevas subjetividades, tanto del maestro como del estudiante. Es así, como dentro de la ruta de intervención en el aula se tienen en cuenta las siguientes relaciones alternativas propuestas por Valencia, et al. (2003):

**Las relaciones alternativas con la información**, en las que el estudiante logra un cambio de concepción sobre el papel de la información como sinónimo de conocimiento, y esta empieza a ser concebida como un referente para enriquecer la experiencia y a su vez las explicaciones. **Las relaciones alternativas con los otros**, desde la cual se concibe al compañero de aula como alguien con el cual intercambiar opiniones y al lado de quien construirá explicaciones; y por su parte el docente se reconoce como alguien que está en continuo proceso de aprendizaje. **Las relaciones alternativas con el entorno natural**, reconociendo el entorno como un sistema de relaciones desde donde los problemas que se presenten sean asumidos como propios y que posibiliten ser objeto de estudio. Por último, están **las relaciones alternativas con la experiencia**, en las que se fortalecen las inquietudes por conocer, por contrastar y por experimentar aquello que parece incomprensible.

Finalmente, se propician **ambientes comunicativos** como aquellos espacios en el aula que le permiten a los estudiantes hablar, escribir y escuchar para intercambiar opiniones, puntos de vista, pareceres, deseos e inquietudes (Valencia, et al., 2003). Este ejercicio, subvalorado muchas veces en las clases de ciencias, en esta propuesta juega un papel fundamental en la medida que permite a los estudiantes configurar su propio discurso a partir de la configuración de explicaciones que hace desde la experiencia y la experimentación.

#### 4.2.2. Nombre y generalidades

La intervención en el aula que tiene como propósito el diseño y posterior seguimiento a montajes experimentales para estudiar la influencia de la luz en el crecimiento de la planta de frijol con estudiantes de grado tercero de la IED Tecnológico de Madrid, se implementó en el segundo semestre del año 2020, teniendo como referente la malla curricular institucional y en ese mismo sentido lo propuesto en el DBA con relación a:

Explica 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, 2010)

Este DBA tal y como está direccionado, puede sonar un tanto ambicioso, en cuanto explicar cómo influyen la luz, la temperatura, el aire y el agua, en el desarrollo de los seres vivos, además plantea otro tipo de conocimiento y saberes previos respecto al tema, que por demás requeriría de una vivencia más cercana a este tipo de procesos, en un espacio no limitado y por un largo periodo de tiempo en el que se logre observar que efectivamente sí existe una influencia de estos factores para que las plantas y los animales puedan desarrollarse, otro término bastante complejo. También, la forma como está formulado este DBA, muestra por un lado una lista de factores no vivos o abióticos que no están relacionados entre sí, y por otro, factores vivos o bióticos, es decir, unos organismos que además de estar clasificados según su organización interna en animal y vegetal según su tipo de células, tampoco parecieran estar relacionados.

Para la implementación de esta propuesta y debido a la coyuntura de salud por la que está atravesando el país desde principio de año, se pasó de la presencialidad en las aulas al trabajo virtual desde casa, lo que para el caso de estudiantes de estas edades y con todas las dificultades económicas de sus hogares, en los que

en muchos casos no cuentan sino solamente con un celular para enviar la evidencia de sus trabajos pero no para conectarse a una clase virtual, estas se realizaron con un promedio de 10 a 11 estudiantes, de los 34 del grado. Estas condiciones complejizaron la implementación de la ruta con todos los estudiantes, puesto que las actividades con los que no se podían conectar a las clases, se llevaban asincrónicamente, no se lograba un diálogo permanente y muchos realizaron el taller y los montajes como un requisito más del área para aprobarla.

Pese a todas estas dificultades en la implementación de la ruta, los resultados que se lograron obtener a partir de los diferentes ambientes comunicativos entre los que se cuentan la producción escrita, la producción verbal y el intercambio de algunas opiniones, se tomaron como suficientes y significativos para la sistematización de las experiencias.

#### **4.2.3. Descripción de fases**

Las fases diseñadas para la ruta de intervención en el aula se realizaron, como ya se había mencionado, desde la categoría problemas de conocimiento (PC) propuestas por Valencia, et al. (2003), y las estrategias en términos de: *el cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones*. Toda la ruta está sintetizada en la Tabla N°1., en la que se establecieron los propósitos de cada fase, la descripción, las actividades, los instrumentos y los registros, estos últimos insumos para la sistematización.

**Tabla N°1. Ruta de intervención en el aula**

TÍTULO TESIS		Estudio de la luz como condición ecológica que influye en el crecimiento de una planta de frijol <i>Phaseolus vulgaris</i> con niños de tercer grado				
PROPÓSITO RUTA		Diseñar y realizar seguimiento a montajes experimentales para estudiar la influencia de la luz en el crecimiento de la planta de frijol				
FASES	SESIONES	PROPÓSITOS	DESCRIPCIÓN DE LA FASE	ACTIVIDADES	INSTRUMENTOS	REGISTROS
FASE 1 RECONOCIENDO MI ENTORNO Y ESTABLECIENDO RELACIONES	Reconociendo mi entorno	Describir algunos ambientes naturales a partir de la caracterización de sus condiciones ecológicas.	Esta fase se inicia con una actividad desencadenante denominada " <b>Recorriendo mi entorno</b> ". Se hace una caracterización del municipio de Madrid y se socializa con los estudiantes algunos aspectos geográficos de la región mostrando ambientes naturales del municipio. Posteriormente se abordan asuntos relacionados con las condiciones ecológicas (Temperatura, luminosidad, lluvias, suelo y altitud) que determinan las características de un lugar.	Observación video de caracterización del municipio de Madrid con la herramienta Google Earth y guía de aplicación de ubicación geográfica	Vídeo "Reconociendo mi municipio"  Guía caracterización geográfica	Sesión grabada  Guía
	De la observación a la relación de conceptos			Observación video de condiciones ecológicas características de diferentes ambientes naturales muy cercanos al entorno de los estudiantes, en los que se reconoce la influencia de estas en la presencia de la flora y fauna propia de cada región.	Vídeo "Condiciones ecológicas" Guía de condiciones ecológicas e infografía	Sesión grabada  Guía
	Construyendo relatos de mi experiencia en un ambiente natural			Escrito a modo de cuento, narrando una salida a un paisaje natural, describiendo las condiciones ecológicas y estableciendo algunas relaciones entre estas y la flora y fauna característica.	Relato y dibujo	Socialización relatos en sesión grabada
FASE 2 SEMBRANDO Y OBSERVANDO VAMOS EXPLICANDO	Socialización de relatos	Construir montajes experimentales con plántulas de frijol para evidenciar la influencia de la luz en su crecimiento	Esta fase incluye acciones relacionadas con la caracterización de las diferentes etapas del crecimiento de la planta de frijol y el reconocimiento de las formas de trabajo requeridas para	Socialización de los relatos construidos y comentario acerca de los vínculos entre la experiencia personal con respecto a las condiciones ecológicas que favorecen el crecimiento de las plantas.  <b>Flash motion</b> crecimiento planta de frijol y presentación de la ficha con información	Vídeo flash motion  Historieta (ficha)	Relatos de los estudiantes  Sesión grabada

			la elaboración de montajes experimentales que involucren la luz como una condición ecológica que favorece el crecimiento de las plantas	acerca de las condiciones ecológicas que favorecen el proceso.  Recomendaciones de materiales, hidratación de las semillas, y variables a controlar, para el establecimiento de montajes experimentales y posterior estudio de las condiciones como la luz y su relación con el crecimiento.		
	Montajes experimentales			Tutorial para la siembra y construcción del cono para el montaje de oscuridad y presentación de la matriz para seguimiento del crecimiento del frijol	Video tutorial montajes  Ficha matriz de seguimiento	Sesión grabada
FASE 3  SOCIALIZANDO MIS RESULTADOS	Observando y registrando		En esta fase se realiza un seguimiento a los montajes experimentales, previo a la definición de criterios de observación y a la elaboración de un instrumento en el cual los estudiantes consignan datos cuantitativos y cualitativos, con los cuales elaboran tablas y gráficos para construir un relato que será socializado en sesión plenaria.	Clase magistral acerca de las condiciones y su relación con crecimiento incorporando elementos del lenguaje	Presentación condiciones ecológicas	Construcción de gráficos
	Socializando mis resultados	Caracterizar el crecimiento de la planta de frijol a partir del seguimiento a los montajes experimentales		Socialización de registros de crecimiento a partir de la observación en cuanto a la aparición de estructuras y características de estas en el tiempo  Construcción de libretos para la elaboración del video (nube palabras)  Presentación de los videos con la explicación sobre las relaciones que se lograron establecer entre la luz y su influencia en el crecimiento de las plantas.	Gráficos de crecimiento  Nubes de palabras sobre condiciones ecológicas y su influencia en las plantas	Registros ficha matriz de seguimiento  Videos de los estudiantes

### ***Fase I. Reconociendo mi entorno y estableciendo relaciones***

Con la implementación de esta primera fase se buscó que los estudiantes logaran describir algunos ambientes naturales de su contexto inmediato a partir de la caracterización de sus condiciones ecológicas, para lo cual se diseñaron tres actividades desencadenantes. Dichas actividades se basaron en la estrategia sobre el cuestionamiento de la experiencia básica enmarcada en la perspectiva de PC, en la que esta experiencia es la primera aproximación a los diferentes eventos del mundo natural, y en consecuencia permite sorprenderse con aquello que se reconoce novedoso, inquietarse con lo desconocido y maravillarse del universo que se habita (Valencia, et al. 2003).

En la primera actividad denominada ***“Recorriendo mi municipio”*** los estudiantes de grado tercero observaron un video realizado por la docente con la herramienta de Google Earth, denominado ***“Reconociendo mi entorno”*** en el que se socializan aspectos geográficos de la región mostrando algunos de los ambientes más representativos del municipio. En este video se hace un recorrido donde se enseña la ubicación de la Tierra en el espacio, y dentro de esta a los diferentes continentes, haciendo especial énfasis en América del sur. Posteriormente en el continente americano, se realiza un efecto zoom en el que se hace un acercamiento al territorio ocupado por Colombia y a las características que posibilitan la gran diversidad de ecosistemas en las cinco regiones en las que se ha dividido. Por último, y al hacer referencia a la región Andina, se ubica geográficamente al municipio de Madrid en el departamento de Cundinamarca. Una vez ubicados en Madrid, se señalan los lugares más representativos, que además incluyen ambientes tales como parques, lagunas, el río Subachoque y que termina con el reconocimiento de la sede Cortijo como parte del entorno con el que día a día interactúan los estudiantes.

El video “Reconociendo mi entorno” puede ser visitado en la siguiente dirección:

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

Con el propósito que los estudiantes reconocieran su entorno, se presenta otro video, realizado también por la docente y denominado “*Condiciones ecológicas*”, en el que se hace referencia al agua, suelo, temperatura, altitud y luminosidad y las cuales posibilitan que existan diferentes características propias de cada ambiente natural muy cercano al entorno de los estudiantes, en los que se pretende mostrar cómo la influencia de estas afectan la diversidad de flora y fauna presentes en estos lugares. El recorrido realizado con la misma herramienta de Google Earth, se hace por paisajes tales como el Desierto de Sabrinsky, El Bosque Alto Andino y por último en la Sabana de Occidente, nombre que se le ha asignado a la provincia que incluye a Madrid y a los municipios cercanos.

El video “Condiciones ecológicas” puede ser visitado en la siguiente dirección:

<https://www.youtube.com/watch?v=APCcvt3OTb8>

Estos dos videos fueron el insumo para que los estudiantes procedieron a desarrollar junto con sus familiares y/o acudientes el Taller (ver anexo 1). Este taller tiene como objetivo que los estudiantes reconozcan su entorno y establezcan algunas relaciones entre las condiciones ecológicas de un ambiente natural, en el que en los dos primeros puntos se brindaron las indicaciones para un ejercicio de ubicación y reconocimiento geográfico de su municipio y posteriormente de su sede educativa con la elaboración de un plano. En el tercer punto se solicitó completar información sobre las condiciones ecológicas de los tres ambientes naturales observados en el video, y con base en este desarrollar los puntos cuatro y cinco donde se pedía a los niños y niñas que describieron un ambiente natural que hubieran visitado recientemente y realizarán un ejercicio similar en el que identificarán las condiciones ecológicas presentes, las describieron y posteriormente las dibujaran.

Por último, se dieron las orientaciones para que nuevamente los estudiantes con ayuda de sus familiares construyeran un relato a forma de cuento, sobre el ambiente natural descrito en los puntos cuatro y cinco, en el que incluyeran la descripción de las condiciones ecológicas presentes, pero esta vez estableciendo algunas relaciones entre estas y la flora y fauna observada. Un material de apoyo que se incluyó en el taller fue una infografía (Ver anexo 2) que contenía información sobre la altitud, luminosidad, pluviosidad, temperatura y suelos y cómo estos influyen en las características de algunos ambientes naturales.

### ***Fase II. Sembrando y observando vamos explicando***

Aunque el propósito principal de esta fase es construir los montajes experimentales con semillas de frijol para hacer seguimiento y así estudiar la influencia de la condición ecológica de la luz y su influencia en el crecimiento de la plántula, esta fase se inicia retomando la construcción del relato como producto final de la anterior, los cuales son socializados en la clase virtual, como una actividad que busca que los estudiantes identifiquen vínculos entre la experiencia básica en un ambiente natural con respecto a aquellas condiciones que favorecen el crecimiento y la presencia de las plantas y cómo el establecimiento de los montajes favorecen el estudio de este proceso.

Antes de iniciar con los montajes experimentales, se muestra a los estudiantes un video en Flash motion, en el que de forma muy detallada y a través de un tiempo determinado, se puede observar la aparición de estructuras como raíces, tallo y hojas. Posterior a esto, se comparte con los estudiantes una ficha (Ver anexo 3), en la que a partir de la representación de una planta de frijol se hace la relación con las condiciones ecológicas con la que esta interactúa para llevar a cabo su proceso de crecimiento. Además, se acerca al estudiante a identificar estructuras propias de la plántula de frijol como lo son la radícula, el hipocótilo, las hojas primarias y la yema apical.

Finalmente, y para dar a paso a la construcción de los montajes que cada estudiante debía realizar en casa junto con la ayuda de un familiar o acudiente, se realiza un video tutorial en el que se dan las orientaciones para tres momentos específicos que tienen que ver con el antes, durante y después de la siembra. En el antes, se hacen recomendaciones en cuanto a los materiales, la hidratación de las semillas de frijol y la construcción del cono para el montaje de la oscuridad. Durante la siembra, se indica la forma de cortar las botellas, hasta donde se debe llenar el recipiente con tierra y cómo se deben sembrar las semillas de tal forma que faciliten la observación del crecimiento de las estructuras. Por último, y como parte del después de la siembra, se comparte la matriz de seguimiento (Ver anexo 4), en la que los estudiantes deben ir consignando las observaciones en cuanto a la aparición de estructuras con relación al tiempo y características físicas en cuanto a tamaño, color y textura.

El vídeo tutorial puede ser visitado en la siguiente dirección:

<https://www.youtube.com/watch?v=rGtVMs7w8Fk>

### ***Fase III. Socializando mis resultados***

En esta fase se realiza un seguimiento a los montajes experimentales, previo a la definición de criterios de observación y a la elaboración de una matriz de seguimiento en el cual los estudiantes consignan datos cuantitativos y cualitativos. Para el diligenciamiento de esta matriz de seguimiento, se refuerza en los estudiantes el uso de otros recursos tales como reglas, escalas de color, lupa y cámaras fotográficas, que les permitan realizar descripciones más detalladas en los diferentes momentos del crecimiento de la plántula de frijol con respecto a características físicas tales como tamaño, color y formas de las diferentes estructuras.

Esta matriz de seguimiento se convierte así en el insumo para que cada estudiante logre identificar diferencias a nivel de estructuras físicas entre las plántulas que crecen en la luz y las que crecen en la oscuridad, sin variación de ninguna otra condición ecológica. A partir de estas observaciones y con el apoyo de una nube de palabras con las que se pretende incorporar elementos del lenguaje con respecto al tema trabajado, los estudiantes construyen un relato en el que dan cuenta de su experiencia básica, pasando por la artificialización del mundo natural con la siembra de las semillas y la observación de la aparición de estructuras, y llegando finalmente a la complejización de las relaciones con respecto a la influencia de la luz en este proceso. En cada una de las fases se utilizan unos instrumentos específicos y se llevan a cabo registros a partir de evidencias escritas y orales, que permiten entonces realizar el ejercicio analítico sistemático para identificar cómo los estudiantes se aproximan a explicar la manera en que la luz influye en el crecimiento de la planta.

## 5. SISTEMATIZANDO LA EXPERIENCIA DE AULA

En el presente capítulo se retoman algunos apartes del capítulo de intervención en el aula, para contextualizar al lector sobre las actividades que se realizaron en los diferentes momentos de cada una de las fases. Posteriormente, se describe la manera en que los registros, producto de las actividades y del diálogo con los estudiantes, se leyeron y organizaron para constituir las agrupaciones a partir de las cuales se realiza un ejercicio de análisis que acude a la reflexión sobre las prácticas frecuentes de aula en la enseñanza de las ciencias naturales al respecto del estudio de la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas con estudiantes de grado tercero de básica primaria.

No es raro escuchar a las personas decir que *“el sol es la fuente de vida”*, seguramente porque por experiencia propia se han dado cuenta que sin este muchos organismos no pueden vivir, sobre todo si se trata de las plantas, ya que a través de sus prácticas cotidianas y la observación, es posible notar de forma más evidente los cambios que estas sufren por los efectos de la luz, por ejemplo, cuando están en ausencia de esta o no les llega con “suficiente fuerza”, se marchitan y se mueren, sumado a la falta de agua y abonos en el suelo, pero sin hacer referencia tal vez a otros factores como el aire, la temperatura y la altitud, que aun cuando no se pueden observar si están influyendo de forma directa en el crecimiento de estos seres que están por doquier y que en muchas ocasiones son desapercibidos. Este tipo de saber al que se le ha denominado común ha y sigue existiendo en las diferentes culturas como una forma de aproximarse a comprender el entorno inmediato.

Mucho antes de los comienzos de la civilización moderna, los hombres adquirieron una gran cantidad de información acerca de su medio ambiente. Descubrieron las aplicaciones del fuego, y adquirieron la habilidad de transformar materias primas en refugios, vestidos y utensilios. Inventaron las

artes de cultivar el suelo, de comunicarse entre sí y de gobernarse. (Nagel, 1981)

Para el sentido común la influencia de la luz en una planta puede llegar a ser muy sencilla de explicar desde la creencia que la función del sol es ser fuente de luz primaria, brindándole los nutrientes necesarios para que la planta se “alimente” y así pueda crecer sana y fuerte, sin peligro de que se amarille, se debilite y se muera. Estas consideraciones siguen presentes en ese conocimiento que se adquiere a través de la experiencia básica y directa con las prácticas frecuentes en el contexto inmediato. Desde que empezamos a tener conciencia sobre lo que pasa a nuestro alrededor, empezamos a hacer este tipo de relaciones que surgen primeramente de lo que observamos, de lo que nos dicen las personas mayores y de lo que logramos entender, o como lo define Morin (1996) sobre que lo que vemos del mundo son traducciones del mundo, traduciendo así la realidad en representaciones, conceptos, ideas, y finalmente, en teorías.

Las personas constantemente estamos en ese proceso de traducir la realidad y de buscar explicaciones sobre ciertos eventos de la naturaleza que a simple vista no resultan ser tan evidentes, pero a los que se les logra asignar un sentido y un significado a partir de nuestras vivencias. Sin embargo, estas evidencias se enriquecen o se nutren gracias a los diferentes espacios de significación que se elaboran en su historia de vida individual y colectiva, que les permiten así relacionarse con el mundo y por ende vincularse con la capacidad de construir conocimiento (Valencia, et al., 2003).

Aunque el propósito de la ruta de intervención en el aula no se centró precisamente en esa construcción de explicaciones, las actividades que se desarrollaron sí estuvieron enmarcadas desde los referentes epistemológicos de la perspectiva de problemas de conocimiento (PC), en las que el ejercicio académico realizado por los estudiantes tuvo como propósito el seguimiento a montajes experimentales para

estudiar la influencia de la luz en el crecimiento de la planta de frijol, a partir de las estrategias estructuradas sobre *el cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones* (Valencia, et al., 2003).

Una vez estructurada la ruta con base en estas tres estrategias, se procedió a diseñar actividades que por un lado permitieran a los estudiantes llevar a cabo un proceso desde la experiencia básica hasta la complejización de las relaciones, y por otro lado que las pudieran desarrollar de forma remota desde la modalidad de trabajo en casa. Fue así como se construyeron tres fases, cada una con actividades y propósitos bien definidos, las cuales, una vez desarrolladas por los estudiantes, se convirtieron en los registros que posteriormente fueron leídos y organizados para el ejercicio de sistematización basado en la constitución de agrupaciones.

La primera fase denominada "*Reconociendo mi entorno y estableciendo relaciones*" tiene como propósito describir algunos ambientes naturales a partir de la caracterización de sus condiciones ecológicas, iniciando con una actividad desencadenante denominada "*Recorriendo mi entorno*". En esta fase se hizo uso principalmente de la herramienta Google Earth, a través de la cual se realizaron dos recorridos virtuales: en el primero, se hizo énfasis en los aspectos geográficos del municipio de Madrid, y en el segundo, de otros ambientes naturales muy cercanos a este, pero con algunas condiciones ecológicas (temperatura, luminosidad, lluvias, suelo y altitud) diferentes, esto para poner en evidencia cómo estas influyen en la presencia o ausencia de flora y fauna característica de un lugar. Como actividad práctica para los estudiantes, se elabora un taller con un ejercicio de aplicación de ubicación geográfica basada en la observación de los videos y un escrito a modo de cuento en la que ellos narren una salida a un paisaje natural, y desde el cuestionamiento de su experiencia básica puedan describir algunas condiciones ecológicas estableciendo entonces algunas relaciones entre estas y los organismos presentes.

El propósito de la segunda fase denominada “*Sembrando y observando vamos explicando*” se basa en la artificialización del mundo natural a partir de la construcción de montajes experimentales con plántulas de frijol para evidenciar la influencia de la luz en su crecimiento. Esta fase inicia con la socialización en clase de los relatos construidos por los estudiantes, en la que se hacen comentarios acerca de los vínculos entre la experiencia básica con respecto a las condiciones ecológicas que favorecen el crecimiento de las plantas. Posteriormente a esto, se les indica a los niños y niñas de tercer grado que para observar específicamente la manera en que la condición de la luz influye en el crecimiento de las plantas, se deben construir unos montajes experimentales con la siembra en tierra de semillas de frijol, pero variando esta condición. Fue así como se dieron las orientaciones mediante un tutorial y se presentó la matriz para el seguimiento del crecimiento del frijol. Para que ellos tuvieran un referente de las observaciones que debían realizar, se les presentó en la misma sesión virtual un *Flash motion* con las diferentes etapas en el crecimiento del frijol y se les compartió una ficha con información de las partes de la plántula y de las condiciones ecológicas que favorecen el proceso de crecimiento.

La tercera fase de la ruta de intervención en el aula denominada “*Socializando mis resultados*” tiene como propósito caracterizar el crecimiento de la planta de frijol a partir de la observación y registro de los diferentes momentos en los montajes experimentales. En esta fase, y como actividad posterior al seguimiento del crecimiento de la plántula de frijol con base en la previa definición de los criterios de observación y la elaboración de la matriz de registro en la que los estudiantes consignan datos cualitativos y cuantitativos, se les solicita que a partir de una nube de palabras y de los datos recogidos construyan un nuevo relato en el que se evidencie la complejización con respecto a las explicaciones que logran establecer entre la condición ecológica de la luz, la aparición y crecimiento de estructuras y las características de estas en el tiempo.

Los resultados de las actividades propuestas en las tres fases se convierten así en la materia prima para el ejercicio de sistematización, el cual posibilita desarrollar en la docente esa reflexión sobre las prácticas frecuentes de aula en la enseñanza de las ciencias naturales y de esta manera, y gracias a los espacios de formación de la Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico (EDCNB), la necesidad de analizar este tipo de experiencias a partir de un ejercicio intencionado que busca comprender la manera en que los sujetos vivencian ciertas situaciones que son parte de su contexto inmediato y cómo a través de la artificialización de un objeto de estudio logran complejizar las relaciones basados en la experiencia básica (Valencia, et al., 2003).

### **5.1. Estudiando la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas**

Las actividades diseñadas para la ruta de intervención en el aula, como ya se mencionó en el capítulo de *“Intervención en el aula”*, se desarrollaron con estudiantes de tercer grado de la sede Cortijo de la Institución Educativa Departamental Tecnológico de Madrid, en donde a partir de la construcción y seguimiento a montajes experimentales se estudió la influencia de la luz en el crecimiento de la planta de frijol. Los resultados de estas actividades, se constituyeron así en los registros referentes al objeto de estudio, los cuales fueron leídos y organizados para realizar un ejercicio de sistematización basado en la constitución de agrupaciones, las cuales se establecen teniendo en cuenta algunos criterios que desde el punto de vista de la docente son necesarios, relevantes y pertinentes para hacer una interpretación de lo acontecido durante la implementación de la ruta y que se relacionan de manera directa con los sentidos orientadores de la propuesta y con el propósito de la misma.

De esta manera, y como se muestra en la Tabla N°2., la organización de los registros en estas tres agrupaciones<sup>7</sup> está en relación con el tipo de propósitos que se esperan alcanzar en la ruta de intervención en el aula, y cómo a partir de las actividades hechas por los estudiantes, se logra recuperar su experiencia cotidiana y enriquecer su conocimiento al respecto de un evento que les es tan familiar como el crecimiento de una planta.

**Tabla N°2.** Agrupaciones y descripción de criterios para la sistematización

AGRUPACIÓN	DESCRIPCIÓN DE CRITERIOS
<b>CONDICIONES ECOLÓGICAS Y AMBIENTES NATURALES</b>	La identificación de condiciones ecológicas como temperatura, luminosidad, lluvias, suelo y altitud, favorecen la caracterización de ambientes naturales; así el estudio de estas condiciones, particularmente la de la <b>luz</b> , aporta a la comprensión del crecimiento de las plantas.
<b>MONTAJES EXPERIMENTALES Y CONTROL DE CONDICIONES</b>	Los montajes experimentales son un ejercicio de artificialización de la naturaleza, a partir del cual se imponen restricciones a fenómenos naturales con el fin de acercarse a explicar las condiciones que hacen posible su desarrollo; así mediante la observación y toma de datos a dos tipos de montajes (plántulas de frijol expuestas a la luz y a la sombra) los estudiantes explicaran la influencia de la luz en el crecimiento de la planta de frijol.
<b>CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE FRIJOL Y</b>	Las observaciones y los registros permiten dar cuenta de los cambios en el tiempo que está presentando cada una de las plantas en los dos montajes y de las diferencias que se están presentando en el crecimiento en cuanto a la aparición de las

<sup>7</sup> Antes de iniciar con el ejercicio reflexivo de la sistematización de la experiencia, es importante dejar claro que, aunque se ejecutaron tres fases con propósitos específicos, las agrupaciones no responden directamente a cada una de las fases, es decir, la agrupación uno no hace referencia específicamente a la fase uno, sino que en esta se reúnen registros de toda la ruta que responden a la descripción de los criterios.

<b>CAMBIOS EN EL TIEMPO</b>	estructuras visibles como es el hipocótilo, las raíces, las hojas primarias y la yema apical.
---------------------------------	---

En la agrupación *“Condiciones ecológicas y ambientes naturales”* se hace referencia a aquellos resultados en donde los estudiantes lograron identificar desde su experiencia básica o desde la complejización de las relaciones, las condiciones ecológicas como temperatura, luminosidad, lluvias, suelo y altitud, que favorecen la caracterización de ambientes naturales de su contexto inmediato y que les permiten comprender cómo estas influyen en la presencia o ausencia de flora y fauna. En esta agrupación además se evidencia cómo el estudio de estas condiciones, particularmente la de la **luz**, aporta a la comprensión del crecimiento de las plantas.

Por su parte en la agrupación *“Montajes experimentales y control de condiciones”* se organizan aquellos resultados que dan cuenta de las explicaciones que los estudiantes configuran para comprender la influencia de la luz en el crecimiento de la planta de fríjol a partir de la artificialización del mundo natural con la construcción de montajes experimentales, observaciones orientadas y toma de registros desde el momento de la aparición de estructuras. Por último, en la agrupación *“Crecimiento de la planta de fríjol y cambios en el tiempo”* se organizan aquellos registros en los que los estudiantes a partir de las observaciones y los datos de la matriz de seguimiento, dan cuenta de los cambios en el tiempo que está presentando cada una de las plantas en los dos montajes y de las diferencias que se están presentando en el crecimiento en cuanto a la aparición de las estructuras visibles como es el hipocótilo, las raíces, las hojas primarias y la yema apical.

### **5.1.1. Agrupación Condiciones ecológicas y ambientes naturales**

En esta primera agrupación, la organización de los registros producto de las actividades de los estudiantes, dan cuenta de la forma cómo al describir un ambiente natural, estos hacen principal referencia a elementos que se pueden observar a simple vista y que les son más representativos o llamativos como las plantas y los animales, y no a las que no son visibles como las condiciones ecológicas del mismo ambiente, puesto que con los primeros elementos del paisaje, los niños y niñas de esta edad son más dados a describirlos desde la posibilidad que tienen de tocar, oler e identificar formas, tamaños, colores y hasta indicar su ubicación. De esta forma, los elementos que los estudiantes logran describir en un ambiente natural son aquellos que aparecen muy evidentes, lo que permite considerar como estos elementos visibles del paisaje los logran identificar desde la observación y de su experiencia básica.

La observación del vídeo “**Reconociendo mi municipio**” desde la herramienta de Google Earth, además de novedosa y diferente para los estudiantes, les ayudó a identificar algunos ambientes naturales presentes en su municipio, mucho más allá de sus casas y su colegio, y que de una u otra manera son relevantes en la dinámica de las relaciones que se establecen entre las personas y otro tipo de organismos. Aunque muchos solo reconocieron lugares entre el trayecto de la casa al colegio, el video les permitió ampliar su mirada con respecto a la ubicación geográfica de su municipio como parte de un departamento, un país, un continente y un planeta, conceptos que por sí solos terminan siendo abstractos y que no les facilita ubicarse espacialmente.

A través de la herramienta mencionada, en la que se muestra un panorama más real en relación con lo que observan a diario, y no como la que se representa en los mapas, los estudiantes reflejan su interés por ser consecuentes con las imágenes que observaron en el video y representar de esa misma forma la ubicación de su colegio, ya no solo como la estructura de muros y ladrillos, sino con plasmar tanto otras viviendas y calles y vegetación y fauna presente a su alrededor.



características del ambiente natural escogidos por ellos para ser representado posteriormente.



*Isabella: "Parque de las flores-Sabana: frío en la mañana y en la noche, templado en la tarde; poca nubosidad en la mañana y alta a mitad del día, lluvias frecuentes; pasto, flores, árboles, arbustos; suelo húmedo con presencia de lagunas"*



*Jhojan: "Parque de las Flores-tipo de paisaje natural: clima entre cálido y frío; suelos húmedos y planos; tipo de vegetación florística, árboles altos y bajos; poca lluvia y nubosidad"*



*Samuel: "Mirador del Cerro-paisaje natural montañoso: frío con lluvias; árboles y pinos; rocoso y montañoso; poca nubosidad"*



*Luciana: "El cerro bosque: clima frío en la mañana; suelo fértil y productivo; árboles, arbustos, hierba; poco lluvioso y nublado al amanecer"*

Ilustración 16. Representaciones de los estudiantes sobre un ambiente natural conocido

Con los registros anteriores, se establece que la observación de los vídeos se puede denominar una actividad desencadenante, en el sentido en que logra ser tan relevante para los estudiantes, que la información brindada en este material fue tomada en cuenta tanto para la elaboración de las representaciones como para la construcción de los relatos que hicieron con respecto a una salida a un ambiente natural, en los que si bien siguen prevaleciendo el nombrar más a los organismos, tratan de acercarse a describir las condiciones ecológicas presentes.

Por lo anterior, se rescata que existen otras cosas que también hacen parte de su experiencia inmediata, pero que definitivamente no son evidentes para ellos a través de la observación sino a partir de la percepción, es decir, a través de las sensaciones térmicas que percibe su cuerpo como el calor y el frío. Es así como se pueden identificar dos recursos que los estudiantes usan para hacer descripciones de las experiencias que han tenido con ambientes naturales: El primero es desde la observación, a la que Hanson (1977) se refiere como aquella experiencia visual que puede partir de los mismos o de diferentes datos visuales y que por ende pueden o no formar las mismas imágenes en la retina, y en consecuencia en el cerebro. Es por esto, que se puede inferir que la actividad intencionada de la observación hace que los relatos de los estudiantes sean muy parecidos en cuanto a enumerar, principalmente, las particularidades de los elementos del paisaje como plantas y animales, y de ríos, rocas, montañas, entre otros.

El segundo es desde la experiencia con esos ambientes naturales, pero que solo logran ser asequibles a ellos a través de la percepción o de las sensaciones, como por ejemplo el frío, el calor, la lluvia, el viento, las cuales están en relación con las sensaciones térmicas. Al respecto de la percepción, y desde la epistemología genética de Piaget (Sandoval, et al., 2018 como se citó en García, 1997) el conocimiento es un proceso continuo que está inicialmente supeditado al aparato o sistema sensoriomotor. Lo que quiere decir que cualquier forma de conocimiento que la especie desarrolle tiene su origen en la organización de las sensaciones, la

cual se inicia desde procesos que son puramente biológicos y se sigue reorganizando hasta generar las formas más abstractas de la ciencia.

Por lo anterior y resultado del ejercicio de interpretación a partir de los dibujos y relatos de los estudiantes y teniendo en cuenta los dos recursos principales de estos para describir los elementos del paisaje, surgen entonces tres subagrupaciones con relación a las descripciones que construyen los estudiantes:

**Descripciones “enumerativas” del ambiente:** En esta subagrupación se pone en evidencia cómo al caracterizar ambientes naturales los estudiantes se remiten en primer lugar a enunciar animales y plantas que observan a primera vista en el lugar, y en este sentido lo que ellos tienden a hacer es enumerar<sup>8</sup>. En consecuencia, los estudiantes en sus relatos tienden a escribir un listado de lo que encontraron, asumiendo que el hacer una descripción de un ambiente natural es sinónimo de realizar un inventario de lo que hay en el lugar, que para este caso sería nombrar a los animales y plantas presentes. Generalmente, en la caracterización de los ambientes naturales los estudiantes acuden principalmente a la descripción de objetos que pueden ver y que hacen parte de su experiencia inmediata, es decir, de los que pueden determinar su ubicación, su forma, tamaño y color, por ser parte de su cotidianidad, en cuanto los pueden señalar.

“...Salí del municipio de Madrid a tierra caliente donde vi avestruces, pavos reales, loros, cebras, caballos y patos, ellos compartían un lago. Hay muchos árboles, arbustos, flores de muchos colores, palmas, serpientes, ranas, grillos, colibríes...”<sup>9</sup> (Isabella)

---

<sup>8</sup> Los registros que se muestran en el presente ejercicio de sistematización, aunque están transcritos de los relatos escritos por los estudiantes, se les realizaron algunas adecuaciones de forma y ortografía, esto para facilitar su lectura.

<sup>9</sup> Tanto en esta transcripción como en las posteriores, los fragmentos subrayados se usan para resaltar el criterio definido en la subagrupación a la que se hace referencia.

“Una vez fui a la finca de mi abuela, el paisaje era muy bonito, la vegetación verde, observé muchos animales: gallinas, cerdos, perros, gatos, pájaros y arañas tejiendo su telaraña...” (Javier)

**Descripciones “perceptivas” del ambiente:** Para caracterizar ambientes naturales, algunos estudiantes hacen referencia a las sensaciones que les producen eventos tales como el calor, el frío, la lluvia y el viento. Es decir, además de hacer las enumeraciones de las plantas y los animales que encuentran allí, también hacen referencia a algunas condiciones, pero no a eventos que les son remotos o alejados a ellos, como por ejemplo la nubosidad, la velocidad de los vientos o la humedad en el aire, porque aunque están presentes en todo ambiente natural, no hacen parte de su experiencia cotidiana; sin embargo, si se refieren a la pluviosidad y a la neblina por ser condiciones particulares del lugar donde viven. Teniendo en cuenta que estos son registros que se tomaron del primer momento de la ruta, se nota como ellos desde su experiencia básica y desde lo que observaron en los videos, logran aproximarse a describir algunos eventos naturales con los que están en permanente contacto, pero de las que no establecen relaciones entre estas condiciones y la presencia o ausencia de flora y fauna característica del lugar.

A veces salimos a caminar con mi papá al cerro en la mañana, es un lugar bonito. Hace un poco de frío, hay muchos árboles, plantas y animalitos, vegetación, en el suelo hay hierbas y más animales. Al subir el cerro se ve todo Madrid. Cuando sale el sol es muy luminoso y respira aire fresco, a veces llovizna un poco en la mañana... (Luciana)

Un día fui a visitar a un tío...al llegar allí estaba haciendo mucho frío y había mucha neblina... (Jhonatan)

(...) caminamos hacia la montaña, pero hacía mucho frío ya que eran las dos de la tarde bajo la neblina y caían pequeñas gotas de rocío... (Kleyber)

**Descripción “estableciendo relaciones” del ambiente:** En esta agrupación se organizaron algunos comentarios de la clase o fragmentos de los relatos, en los que se evidencia cómo el estudiante se aproxima a establecer una relación entre un evento particular que es la lluvia y el calor, para dar cuenta de la presencia o ausencia de ciertas plantas en un ambiente específico, es decir, se puede evidenciar que aquí el niño logra darse cuenta de que ciertas condiciones ecológicas presentes en algunos ambientes naturales influyen en el proceso de crecimiento de las plantas.

“Las plantas no crecen en el desierto porque no hace casi lluvia y solo hace calor...” (Kleyber)

Es así como este registro resulta importante en cuanto al lenguaje que el estudiante incorpora y usa para dar cuenta del evento natural del crecimiento de las plantas que está estudiando, es decir, este registro permite interpretar cómo a partir de su experiencia básica y de la información de los videos, el niño empieza a construir el fenómeno, al concebirlo en su dimensión compleja lo que le demanda un cambio en las formas de mirar, de pensar y de hacer (Valencia, et al., 2003).

### **5.1.2. Agrupación Montajes experimentales y Control de condiciones**

Las actividades que realizaron los estudiantes de grado tercero en años anteriores poco o nada tuvieron que ver con lo experimental, esto debido a la falta de recursos de la institución o de las limitaciones económicas de los padres de familia. Sin embargo y pese a las dificultades, estas actividades siempre resultan ser muy novedosas y generan mucha curiosidad en los niños y niñas, principalmente por conocer cuál va a ser el resultado final. En este sentido, y para las actividades diseñadas en la ruta de intervención en el aula, los montajes experimentales se toman como un ejercicio de artificialización de la naturaleza, a partir de la cual se imponen restricciones a eventos naturales con el fin de explicar las condiciones que

hacen posible su desarrollo; así mediante la observación y toma de datos a dos tipos de montajes (plántulas de frijol expuestas a la luz y a la sombra) los estudiantes se aproximan a identificar las condiciones ecológicas que intervienen en el proceso de crecimiento de la planta de frijol y establecen relaciones específicamente con la influencia de la luz.

Para el análisis de los registros que se agrupan en esta categoría, se tuvo en cuenta que la actividad experimental realizada con los estudiantes no se orientó desde los pasos rigurosos del método científico a partir de los cuales se verifica o desmiente una hipótesis, que es a lo que generalmente apuntan los libros de texto y los currículos para ciencias naturales, en los que se asume el experimento como un simple recurso didáctico que respalda la enseñanza y que actúa como contingente a la construcción de explicaciones de los fenómenos naturales siguiendo protocolos altamente estandarizados que aseguran la comprobación o refutación de las teorías científicas (Romero, 2013 como se citó en Koponen y Mantyla, 2006 y Malagón et al., 2011). Sino que aquí, el experimento se propone con la intencionalidad de incentivar en los estudiantes la capacidad de establecer explicaciones a eventos naturales a partir de lo que se observa, lo que se percibe, lo que se nombra como hecho y lo que se pretende representar con ese hecho (Romero, et al., 2017 como se citó en Malagón, 2002 y García, 2011).

En referencia a lo anterior, los montajes experimentales hechos en casa con materiales del entorno se proponen en el sentido de artificializar el evento natural del crecimiento de una planta y a través de estos los estudiantes pudieran manejar y manipular variables, para posteriormente hacer seguimiento y registrar el proceso de aparición, crecimiento y cambios visibles en las estructuras de las plantas de frijol, unas que se encontraban en presencia y otras en ausencia de la condición ecológica de la luz, y que con esa observación guiada pudieran identificar esas diferencias que se generan al variar dicha condición. Sin embargo, y aunque el

propósito de la agrupación era recoger y organizar los registros que dieran cuenta del proceso de crecimiento de la planta bajo condiciones controladas, emergieron otros que se hace necesario interpretarlos para identificar además la importancia que algunos estudiantes le están otorgando al experimento y a los instrumentos. En consecuencia, surgen dos subagrupaciones que muestran las similitudes en las respuestas que dan los estudiantes al respecto:

### ***Importancia del experimento y la toma de registros en el tiempo***

Teniendo en cuenta que los estudiantes de grado tercero no habían hecho montajes experimentales, en un principio resultó complejo por la rigurosidad con que debían seguir las indicaciones para la siembra de las semillas de frijol en tierra y segundo por las particularidades de cada montaje para controlar la variable de la luz. Fue así que las orientaciones escritas en una guía no fueron de fácil aprehensión para los estudiantes, por lo que se hizo necesario recrear en un video tutorial la forma en que se debían disponer las semillas en la tierra y cuál era el propósito de dicha ubicación en la botella. Una vez superados los inconvenientes en referencia a la siembra, se les compartió la matriz de seguimiento y se explicó en qué momentos del proceso de crecimiento de la planta de frijol debían registrar la aparición de las estructuras, para lo cual hicieron uso de la observación directa y de diferentes instrumentos como la regla, la escala de colores, la cámara fotográfica y los dibujos.

Esta observación orientada y minuciosa de los momentos que registraron los estudiantes en todo el proceso de crecimiento de las plantas, los llevaron además a reconocer la importancia del experimento en el sentido de poder estar presentes en todo el proceso y ser testigos de cada uno de los cambios que iba presentando la planta y de los cuales podían dar cuenta posteriormente a través de la matriz de seguimiento, en lo que ellos mismo reconocen como una actividad que les posibilitará un mejor aprendizaje.

“Los experimentos son importantes, porque es muy chévere ver como las plantas crecen” (Isabella)

“sí es importante hacer el experimento, así aprendemos más, aprendemos mucho sobre el crecimiento de las plantas” (Laura)

“Los montajes son importantes porque así aprendemos más” (Jhojan)

Algunos estudiantes incluso se aventuran a mencionar cómo a través de los montajes de las semillas de fríjol que fueron sembradas en la luz y la oscuridad, les permitió identificar los cambios a nivel de estructuras que sufrían las plantas día a día, y que posiblemente no identificarán en sus vivencias diarias y menos en un libro de texto o en las representaciones hechas a través de las observaciones de otras personas, teniendo en cuenta que cada quien traduce el mundo a partir de lo que les es posible observar (Morin, 1996). Fue así que más allá de lo procedimental, para ellos, los montajes les implicaron además de tener control sobre las variables, registrar lo que a sus ojos iba apareciendo en cada momento para luego dar cuenta de los cambios que sufrían las plantas al pasar los días.

(...) y es muy importante porque tenemos que llevar un control (Luciana)

(...) es importante implementar montajes para así ver como crecen las semillas y mirar sus cambios día a día (Samuel)

### ***El papel del experimento en la artificialización de los eventos naturales***

El crecimiento de una planta no es un evento de la naturaleza que resulte ser ajeno a la experiencia básica del estudiante ni tampoco muy novedoso, puesto que es muy común escuchar hablar a las personas sobre este proceso, las condiciones que debe tener para que sea grande y saludable, entre las que se pueden encontrar el espacio donde debe estar ubicada, la cantidad de agua y de luz que debe recibir sin excederse, las fechas que son más aptas para sembrarlas e indiscutiblemente “la buena mano”, especialmente la de la abuela, para cuidarlas y que crezcan sanas y fuertes. Este saber común de los estudiantes, resulta ser la primera limitante al momento de proponer la actividad, puesto que en sus casas sembrar una semilla para tener una planta no es cosa del otro mundo, sin embargo y pese a la incredulidad de algunos, en la clase virtual se escuchó la siguiente pregunta y su posterior comentario:

¿profe, por qué a la semilla no se le puede echar mucha agua?, es que yo tengo una matica y cada lunes le echo agua (Sara)

Aunque Sara ha vivenciado el tener una planta y reconoce que necesita de ciertos “elementos para vivir”, todavía desconoce el por qué la planta, aunque necesita del agua, esta no se debe echar en exceso y mucho menos todos los días, para lo cual ha dispuesto de un día a la semana para regarla. Esta pregunta dio pie para que los demás estudiantes comentaran las experiencias que al respecto habían tenido y también, para aprovechar y mencionar la importancia del control de las condiciones en el experimento que estábamos realizando.

Por otra parte, el ejercicio de la artificialización les permite a los estudiantes en un primer momento establecer criterios para poder dar cuenta de cómo la condición de la luz está influyendo en el crecimiento de la planta, que aunque se conciben como producto de la experiencia y el saber común, como el caso anterior, y porque se los han enseñado en la casa o en la escuela, si lo identifican en una relación que

se tiene que dar, porque sin esta la planta que emerge de la semilla y crece, no lo hace de manera sana como si lo lograría en un ambiente iluminado.

La planta que está en la oscuridad se convierte a amarilla, aunque todavía no ha crecido, pero creo que va a crecer amarilla, y la planta que está en el sol está creciendo verde (Danna)

En este sentido, el montaje experimental juega un papel muy importante porque le permite al niño desde la manipulación de unas variables establecer contrastes a partir de las observaciones que realiza en aquellos montajes que tienen luz y en los que no la tienen, y el comentario que Danna hace al respecto ya no se puede considerar como desprevenido o deliberado a una primera observación, sino que es resultado de un seguimiento dirigido e intencionado en el que se referencian los cambios, para poder dar cuenta de que es lo que está ocurriendo, y así es como el niño puede empezar a elaborar algún tipo de descripción refiriéndose principalmente al color.

Por último, de los registros encontrados al respecto de la importancia que les dan los estudiantes a los montajes experimentales, también se puede inferir como la actividad de controlar variables les posibilita determinar en qué momento la planta creció mucho y ya no necesita continuar exponiéndose a esta, es decir, reconocen en qué momento su experimento logró alcanzar los objetivos que ellos se habían propuesto o lo que imaginaron que podría pasar basados en su experiencia y sus vivencias.

La planta que estaba en la oscuridad nos creció mucho entonces nos tocó quitarle el cono porque ya creció mucho la planta (Jhojan)

(...) pero en cambio esta matica si creció porque no está pálida, no se le fue la luz y fue muy exitoso, y aquí están sus hojas (Danna)

### **5.1.3. Agrupación Crecimiento de la planta de frijol y cambios en el tiempo**

La descripción de los criterios que definen esta categoría se estableció a partir de los registros que se encontraron principalmente en el desarrollo de las actividades inmersas en el seguimiento a los montajes experimentales y los datos consignados en la matriz. Posterior a este ejercicio, los estudiantes orientados a través de una nube de palabras elaboraron un relato que luego fue socializado de forma verbal en un vídeo. Una primera interpretación a estos registros, muestran que en general los estudiantes para hacer referencia al crecimiento de las plantas de frijol utilizan como elementos de explicación la aparición de estructuras, la variación de las cualidades en esas estructuras y los momentos que se presentan durante el crecimiento de la plántula de frijol, determinando entonces las diferentes velocidades en que se da el proceso, lo que permite además inferir la manera en que logran reconocer como el crecimiento no es un fenómeno que se da de forma similar en todos los montajes, sino que este varía de acuerdo a las condiciones en las que se encuentra, lo que se puede evidenciar en las características que exhiben las estructuras.

La organización e interpretación de los registros además permite identificar cómo los estudiantes basados en su experiencia básica y luego en la artificialización del mundo natural, logran construir unos relatos más elaborados, más descriptivos y más dicentes al respecto de complejizar relaciones en referencia a la influencia de las condiciones ecológicas en el crecimiento de las plantas, haciendo énfasis no solamente a la luz, sino a otro tipo de elementos del ambiente incluyendo las otras condiciones ecológicas. Estos registros que son producto principalmente de la observación y la percepción hacen referencia a la aparición de la raíz, las hojas y el tallo y sus características o cualidades con respecto al color, la forma, el tamaño y la rigidez. Por otro lado, se encontró como los estudiantes empiezan a usar otro tipo de descripciones para dar cuenta del crecimiento y que tienen que ver con

procesos implicados con el cambio en el tiempo, refiriéndose en específico al aumento de tamaño de las estructuras visibles día tras día.

Estas interpretaciones entonces dan paso para inferir que el estudiante ha identificado y reconocido el fenómeno, y en consecuencia ya puede hablar de este en el sentido que el fenómeno requiere de alguien ante quien aparecer, además no oculta un ser verdadero de carácter absoluto (Sandoval, et al., 2018). Estas similitudes que se encontraron en los relatos socializados por los estudiantes permitieron así establecer tres subagrupaciones al respecto de la influencia de la luz en el crecimiento de la planta de frijol.

### ***El crecimiento explicado desde la aparición de estructuras de la planta***

Una de las actividades que se realizó con los estudiantes de forma sincrónica, fue la proyección de un *Flash motion* en el que se mostraban los cambios que presentaba una semilla de frijol una vez se sembraba en tierra y cómo al pasar los días de ésta iban emergiendo estructuras tales como la radícula, el hipocótilo y las hojas primarias. Resulta para ellos un poco complejo entender cómo de la semilla “salen” estas estructuras que le dan forma a lo que sí podemos observar a simple vista, por esta razón la matriz de seguimiento se orientó al registro de momentos puntuales que iniciaba con la siembra y la descripción de la semilla y luego con la aparición de la radícula, el hipocótilo, las hojas primarias y la yema terminal, sin detenerse en el proceso de la germinación. Fue así como los relatos de algunos estudiantes se centraron en contar ordenadamente como aparecieron las estructuras, sin incorporar en ninguno de los casos los elementos del lenguaje técnico o científico que previamente se había compartido en la ficha del crecimiento del frijol.

(...) después de varios días me di de cuenta que la botella con tierra en el Sol brotó y estalló, salió su raíz y salió la planta de frijol (Javier)

Javier describe la aparición de la raíz de la planta con elementos propios del lenguaje común, haciendo referencia a un efecto causado por la exposición constante al Sol como lo es “brotar y estallar” algo de la tierra, sin mencionar en ninguna parte de su relato que esa raíz sale de la semilla que había sembrado. Es posible entonces interpretar que para Javier no toda causa produce un efecto, es decir, no por sembrar la semilla de frijol va a salir de esta una raíz y luego toda la planta, sino que hay algo más en la tierra que permite esta aparición. Esta forma de descripción es similar a la que hacen Isabella y Johan en la socialización de su relato.

La de la luz, le salieron primero las raíces, después el tallo. La de la oscuridad le nacieron primero las raíces, después el tallo, después las hojas (Isabella)

(...) y la de oscuridad, aquí está la raíz que salió por todos lados (Johan)

Por su parte Samuel, aunque es menos dicente al referirse sobre lo que apareció después de la siembra, si hace énfasis en que lo que está comunicando lo logró establecer a partir de la observación como instrumento de registro y de esta forma se siente seguro al identificar de entrada diferencias encontradas entre el montaje que estuvo en la luz y el de la oscuridad.

(...) pude observar en la semilla del frijol que en el montaje de luz apareció primero la raíz que en el montaje de la oscuridad (Samuel)

Esta subagrupación cobra importancia en el sentido que los estudiantes a través del seguimiento de los montajes logran aproximarse a explicar cómo algunas

condiciones del ambiente posibilitan la aparición de estructuras, que esto no ocurre siempre al mismo tiempo y que existen diferencias muy notorias entre los dos montajes. Sin embargo, en estos registros no se hacen evidentes la descripción de características en las estructuras ni tampoco se menciona el proceso de crecimiento de la planta.

### ***El crecimiento explicado desde las características de las estructuras de la planta***

Las descripciones de los estudiantes que se presentaron al inicio de este capítulo estaban más dadas a la enumeración de organismos presentes en el paisaje, pero haciendo poca referencia a las plantas, esto probablemente debido a que estas no se mueven, muchas veces las pisamos o les quitamos las hojas, y algunas veces solo notamos su presencia cuando queremos protegernos del Sol. Sin embargo, y luego de la construcción de los montajes, de colocarlos en diferentes lugares de la casa y de estar pendientes de los cambios que iban presentando, las descripciones ya abarcan más características de la planta, haciendo mayor énfasis en las cualidades de sus estructuras con respecto al color, el tamaño, la forma y la textura.

Es así como Isabella, Johan y Samuel nos cuentan las diferencias que observaron en los dos montajes, refiriéndose a las estructuras que les son más llamativas y que por ende sobresalen a simple vista, como lo son los tallos y las hojas. Generalmente en los libros de texto, cuando se trabaja el tema, se estandariza un modelo que deben seguir las plantas en cuanto a sus partes, nombrando siempre la raíz, el tallo, las hojas, las flores y los frutos. Con el seguimiento a los montajes, aunque logran identificar las tres primeras estructuras, no surgen preguntas al respecto del porque la planta que ellos observaron no tiene las otras dos, seguramente porque las que tienen en casa o en su entorno, tampoco presentan todas las mismas características.

Las de la luz, los tallos fueron de color verde, un poco oscuro; y también las hojas eran verdes y anchas, grandes y bonitas. La de la oscuridad, la diferencia fue el color amarillo y blanco, del tamaño de las hojas eran muy chiquitas y era mucho, mucho, mucho más alto...el tallo". (Isabella)

(...) voy a explicarle, a comentarle los cambios que vi en el experimento del frijol: el de la luz...aquí está la raíz, el tallo y las hojas color verde (Johan Smith)

(...) pude observar en la semilla del frijol: en el montaje de luz apareció primero la raíz que en el montaje de la oscuridad...sus hojas son más verdes que en el montaje de la oscuridad (Samuel)

Isabella, sin embargo, en su relato nos deja ver otra apreciación que ella hace al describir la planta que estaba en la luz, y es atribuirles a las hojas a parte de un color y un tamaño, un adjetivo al referirse a estas como "grandes y bonitas". Esta cualidad de "bonita" posiblemente la está relacionando con que, al crecer la planta bajo la condición de la luz esta si creció fuerte y saludable, lo que provocó que sus hojas fueran verdes y anchas, en comparación con las que crecieron en la oscuridad donde sus hojas amarillas, blancas y pequeñas le daban la impresión de estar poco saludable.

Por su parte Melany, aunque habla de la cantidad y el color "verde, muy verde" de las hojas, pareciera que lo que más le llamó la atención fue la estructura del tallo, sobre todo de la planta que creció en la oscuridad, puesto que desde la observación y la percepción lo noto "débil" en comparación con el de la luz donde este si estaba "grande y grueso". En su relato, además nos deja ver una relación causa efecto, es decir, al estar la semilla cubierta con cartulina negra este control en la condición provocó que el tallo de la planta, aunque creciera "estaba débil" y muy seguramente le pudo atribuir esta característica a la ausencia de la luz. En este sentido, la estudiante logró aproximarse a construir una explicación con base en la variación

de la condición de la luz, y ya no solamente hablando desde la experiencia básica sino desde la artificialización de un evento natural le permitió complejizar ciertas relaciones al respecto de la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas.

Después de sembrar las semillas, las plantas fueron creciendo hasta que crecieron las dos y una estuvo débil, la que estaba con la cartulina en la oscuridad el tallo estaba débil y la que estaba en la luz el tallo lo tenía grande y grueso y las plantas verdes, muy verdes, además ya tiene hartas hojas (Melany)<sup>10</sup>

Danna, así como Javier, en su relato hace uso de un lenguaje más común y basado en su experiencia al usar términos como “se apicho”, “quedó muy pálida” y “se dañaron”. Términos coloquiales que la gente usa normalmente para referirse a los cambios en las estructuras que presenta la planta luego de ser sometida al exceso o deficiencia de una condición ecológica, específicamente a la cantidad de agua y luz que reciben. Dichas palabras son repetidas por el niño como una manera de incorporar elementos a su lenguaje y con este poder explicar lo que está observando, reflexionando sobre ciertos hechos y objetos de su ambiente y complejizando ciertas relaciones, puesto que relaciona el hecho de no crecer por estar “dañada y pálida”.

Este es el montaje de mis plantas, esta es la primera de la oscuridad: este montaje no creció mucho, se apicho y quedó muy pálida y no creció, algunas se dañaron y algunas no (Danna)

### ***El crecimiento explicado desde los cambios en el tiempo***

En esta subagrupación se recogen elementos de los relatos contruidos por los estudiantes que dicen mucho en referencia al propósito que se estableció para la

---

<sup>10</sup> Este registro también se pudo haber incluido en la agrupación “Montajes experimentales y control de condiciones”, pero para la docente se hace más significativo analizarlo desde esta agrupación en el sentido de su pertinencia para dar cuenta de los cambios en las estructuras que la estudiante logra identificar en el proceso de crecimiento de la planta.

ruta de intervención en el aula y que dan cuenta de esa relación compleja que estos logran establecer alrededor de una actividad experimental que les permitió identificar los cambios que se dan en el crecimiento de las plantas al estar expuestas al control de la condición de la luz. Estas explicaciones que los estudiantes logran comprender y obtener a partir del estudio de la influencia de la luz en el crecimiento de la planta de frijol a través del montaje experimental, permite además identificar como ponen en juego diferentes elementos del lenguaje y de sus experiencias previas, pero además cómo la artificialización les posibilita poder dar cuenta de algunas situaciones del mundo natural y social (Valencia, et al., 2003).

En estos registros se evidencia cómo el estudiante da cuenta del crecimiento de la planta por los cambios que ésta presenta en sus estructuras con el paso de los días, hacen comparaciones entre los dos montajes y se arriesgan a dar explicaciones al respecto de las características visibles en las raíces, los tallos y las hojas. El relato de Javier, que ya se había referenciado en la subagrupación “*El crecimiento explicado desde la aparición de estructuras de la planta*”, muestra otros elementos que son importantes de resaltar como el hecho de mencionar el tiempo para explicar la velocidad con creció una planta con respecto a la otra.

“...después de varios días me di de cuenta que la botella con tierra en el Sol brotó y estalló, salió su raíz y salió la planta de frijol más rápido que la que estaba en la sombra. ¿por qué? Porque la luz es necesaria para las plantas” (Javier)

En sus resultados, Javier además nos cuenta que la semilla por estar expuesta al sol, le salió más rápido la raíz, dando una justificación con respecto a que “la luz es necesaria para las plantas”. Sin embargo, y siendo el único que dijo que las semillas que estaban en la luz crecieron más rápido, se interpreta que su explicación, aunque no se toma como errónea, si refleja mucho de lo que dicen los libros y sus vivencias, sobre la indiscutible necesidad de la luz para las plantas.

Isabella, Laura y Samuel, también establecen una relación tiempo-condición, en la que acuden a interpretar sus observaciones otorgándoles una cualidad al respecto del tiempo que tardan en crecer “lento” y “rápido” con respecto a la velocidad con que la planta lleva a cabo este proceso al estar sometida a la ausencia o presencia de la luz. Al contrario de lo expresado por Javier, estos tres estudiantes coinciden en que las semillas que se dejaron en la oscuridad crecieron más rápido que las que estaban en la luz y que una “nació” primero que la otra, sin embargo, Samuel trato de dar una explicación a este comportamiento de la planta que está en la oscuridad y es a su afán por buscar la luz, como si la planta de alguna manera fuera un ser racional que va en “busca” de lo que sea más beneficioso para poder crecer.

La de la luz, las semillas fueron muy lentas al crecer. La de la oscuridad, nacieron muy, muy, más rápido (Isabella)

(...) hoy voy a hablar sobre el experimento del frijol y las plantas: primero, la diferencia es que una planta nació primero que la otra, mientras que estuve mirando las plantas note que la de la oscuridad nació primero que la de la luz; la de la luz se demoró más, entonces lo que note fue que una nació primero que la otra (Laura)

Lo que descubrí fue que las plantas que se ponen en la oscuridad crecen más rápido por buscar la luz, y crecen 25 cm, mientras que las que están en la luz crecen más lento y crecen solo 20 cm (Samuel)

Algo similar a lo que socializo Samuel, lo hicieron Luciana y Johan en sus relatos verbales. Luciana, aunque identifica la relación que se está presentando entre la luz y cómo esta afecta o influye en la velocidad con la que están creciendo las plantas, lo hace explícito de una manera muy particular, dándole la capacidad de “pensar” a estos organismos, cuando se refiere a que la que estaba en presencia de la luz no crecía tan rápido “porque ya sabía que tenía el Sol”. Este tipo de

registros no son fáciles de interpretar, porque la estudiante está identificando el fenómeno en términos de “que la planta ya sabe lo que tiene que hacer para crecer”, como si ya estuviera predeterminada por algún programa específico, que es su propósito de vida y que lo hacen de manera mecánica. En este sentido, se puede inferir muy por encima, que la estudiante está concibiendo el proceso de crecimiento como un evento de la naturaleza que ocurre de la misma manera en todas las plantas que están en presencia de la luz, y que las que están en la oscuridad, pues sencillamente deben salir a buscarlo.

La que estaba tapada como no tenía sol salía más rápido a buscar el Sol, en cambio la que, la que tenía el sol pues no crecía tan rápido porque ya sabía que tenía el sol...la que estaba tapada pues salía más rápido para buscar el Sol, en cambio la de luz pues no porque ya lo tenía” (Luciana)

Voy a explicarle, a comentarle los cambios que vi en el experimento del fríjol: el de la luz...aquí está la raíz el tallo y las hojas color verde...y aquí hay diferencias como que la de oscuridad creció más porque busca luz...y la de luz creció poco porque le cae luz, entonces va creciendo poco a poco (Johan Smith)

Este último registro, muestra una interpretación que va más allá de lo que se esperaba encontrar y es que aparte de hacer referencia a la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas, se le atribuye el color verde que tienen las plantas a la presencia del Sol, proceso que está en relación con uno de los procesos más complejos e importantes en la naturaleza como es la fotosíntesis.

Pues la de la luz nació verde y las hojas fueron muy grandes y anchas, fue gracias al Sol porque le ayuda a producir ese color verde, en cambio las de la oscuridad como no tenían rayos del Sol pues apuraron a crecer para que le lleguen los rayos del Sol y nacieron con blanco y amarillo” (Isabella)

Como se mencionó en el contexto teórico, en los libros de texto se describe el proceso de la fotosíntesis desde la capacidad que tienen las plantas para “fabricar su propio alimento” denominándose así, como seres autótrofos. Pero esta estudiante al igual que lo hizo Aristóteles (350 a.C) en su momento, se refirió al color verde de las hojas de las plantas por estar en presencia de la luz solar, y que al contrario de las que estaban en la oscuridad, estas no se apuraron en crecer. Por su parte, las que estaban en la oscuridad como no le llegaron los rayos del Sol, entonces esta nació con las hojas blancas y amarillas. Es una relación que muestra un nivel de complejización que establece la estudiante a partir de su experiencia básica al relacionar el color verde de las plantas con la presencia de la luz del Sol, y a partir de la artificialización porque los montajes realizados y la observación realizada, le permitió llegar con toda seguridad a esa conclusión que corrobora lo que ella ya había presenciado en su entorno.

## **6. REFLEXIONES FINALES**

El ejercicio de diseñar, implementar y sistematizar una experiencia de aula, más que un requisito para optar por el título de especialista en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico, se convirtió en la oportunidad para hacer del análisis reflexivo un elemento de enriquecimiento en las prácticas frecuentes de aula en mi quehacer docente, y cómo todo lo que encierra esa práctica sobre una temática específica incide de manera significativa en la manera en que los estudiantes están en ese proceso de interpretar el mundo y en consecuencia de aproximarse a establecer explicaciones desde su propio conocimiento, entendiendo que esto no se lleva al mismo ritmo ni de la misma manera en todos los sujetos. Hablar de la forma como un sujeto está en esa construcción de conocimiento resulta ser tan atrevido como interpretar las representaciones que éste ha elaborado del mundo a partir de las traducciones que hace de lo que observa, teniendo en cuenta que cada quien observa desde lo que conoce y en ese sentido es capaz de establecer relaciones complejas para entender situaciones del mundo natural y social.

Por lo anterior, es importante dejar claro que el análisis sistemático que se realizó de los registros obtenidos con la implementación de la ruta no consistió en interpretar la construcción de explicaciones de los estudiantes sobre la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas, sino que se buscó reconocer cómo el diseño y desarrollo de prácticas experimentales favorece el estudio y la comprensión que al respecto hacen los estudiantes sobre la influencia de la luz en el crecimiento de las plantas. Aunque la experiencia de diseñar y realizar seguimiento a montajes experimentales para estudiar la influencia de la luz en el crecimiento de la planta de frijol con estudiantes de grado tercero se implementó de manera sincrónica y asincrónica, y en un tiempo limitado de clases al verse afectado este por la reducción del horario como parte de las reestructuraciones que se tuvieron que hacer en las mallas curriculares para hacer frente a la situación de la pandemia que se estaba afrontando, los estudiantes estuvieron prestos a desarrollar todas las actividades planteadas en la ruta de intervención y de esta manera se lograron recoger diferentes registros en cada una de las fases de la ruta que dieron cuenta del propósito de la misma.

En este punto y para hablar del propósito que cruzó toda la ruta de intervención en el aula y su posterior sistematización, es importante resaltar cómo la construcción de un contexto disciplinar y pedagógico brindaron tantos elementos desde lo epistemológico y lo didáctico, para reconocer por un lado el objeto de estudio como un problema de conocimiento y por otro que cada actividad planteada debe tener una intencionalidad clara y definida sobre lo que se pretende abordar con los estudiantes. En este sentido, reconocer la construcción que a nivel histórico se tejió alrededor del fenómeno de la fotosíntesis como un proceso en el que la condición de la luz es fundamental para que la planta crezca, favoreció la organización y lectura de los registros que se desprendieron del desarrollo de las actividades de cada una de las fases, y permitió configurar la sistematización en un ejercicio reflexivo de la práctica de aula que al respecto se hace sobre el tema.

El ejercicio de sistematización se configura en un principio con una lectura e interpretación de los registros obtenidos y con base en estos se constituyen unas agrupaciones que se etiquetan según la definición de unos criterios. A partir de estas agrupaciones, que cruzan toda la ruta, se puede ir evidenciando la forma en la que se enriquece, se complejiza y se hace cada vez más explícito lo que los niños y niñas dicen y hacen con respecto a las comprensiones que establece para dar cuenta de unos efectos como la aparición de estructuras, y un fenómeno como la presencia y ausencia de la luz. En este sentido, las explicaciones que estos configuran para reconocer una relación causa - efecto en referencia a los cambios que se presentan durante el crecimiento de la planta de frijol al ser evidentes, estos los logran cuantificar y describir no solamente desde el cambio entendido como la aparición de estructuras, sino el cambio comprendido desde las características particulares de esa estructura que está apareciendo.

Sin embargo y al leer los primeros registros, que resultaron tanto de las actividades iniciales como de las finales, surgen varios interrogantes al respecto de las descripciones que hacen los estudiantes sobre un ambiente pero que pocas veces hacen referencia a las condiciones ecológicas: ¿por qué los niños no hacen referencia a las condiciones? ¿por qué las condiciones no hacen parte de la experiencia de los niños? Posiblemente porque estas no son evidentes, porque con las condiciones ecológicas se puede describir una serie de situaciones que afectan un lugar particular, es una cantidad física, es un concepto, y más específicamente es un concepto científico para hablar de temperatura, de humedad, de altura, de vientos y de luminosidad, es decir, con este concepto se está haciendo referencia a una serie de magnitudes y de variables, que no es a través de la experiencia que los estudiantes pueden dar cuenta de ellas y por tanto se hace necesario artificializar esa experiencia, con el objetivo de que los estudiantes puedan dar cuenta y empiecen a construir la magnitud, la cantidad o el factor, y así poder describir lo que le acontece a las plantas por efecto de las condiciones.

Es así entonces, que el papel que juega la observación y la percepción es fundamental en la experiencia básica que tienen los estudiantes en ambientes cotidianos, y cómo desde allí ellos hacen descripciones que son ricas e interesantes para construir relatos muy hermosos pero que no dan cuenta de las condiciones ecológicas que determinan un lugar. Para que esa descripción se logre dar esta se debe orientar, y es desde la escuela que se deben generar una serie de contextos de aprendizaje para favorecer y motivar a los estudiantes en trascender esa experiencia cotidiana y empiecen a hacer descripciones de lo que acontece en los ambientes naturales con otros recursos distintos en donde se cualifique la observación y la percepción.

Es así y como se mencionó en el capítulo de sistematización, en un primer momento el criterio que tiene el estudiante para poder dar cuenta de cómo es que la luz está influyendo en el crecimiento de la planta, es por sentido común, porque se le ha enseñado en la escuela que la luz es un factor que incide en el crecimiento de las plantas porque pareciera ser algo obvio, como una relación directamente proporcional entre la luz y la planta. Para estudiar entonces este evento, el montaje experimental también juega un papel muy importante, porque le permite al estudiante a través de la manipulación de unas variables establecer contrastes a partir de la observación entre aquellos que tienen luz y los que no la tienen, y está ya no es una evidencia de una observación desprevenida, sino que es dirigida e intencionada para entender el cambio, para poder dar cuenta de que es lo que está ocurriendo, y es de esta manera como el estudiante puede empezar a elaborar algún tipo de descripción más detallada en cuanto a establecer etapas en el proceso de crecimiento y sobre lo ocurrido en el tiempo.

Es así como a través de los relatos socializados en los videos, se puede evidenciar la forma en que los estudiantes logran distanciarse de esa experiencia y empiezan a usar otros términos y otros significados para establecer unas relaciones en donde surge la necesidad de formularse preguntas que pongan en cuestión esa

experiencia cotidiana. Entonces se reconoce la importancia de generar otros espacios en las prácticas de la enseñanza de las ciencias en la educación básica en las cuales a través de elementos como la artificialización, en este caso los montajes experimentales, y el uso de los instrumentos los estudiantes logren configurar una idea con respecto a lo que son las condiciones ambientales y enriquecer esa idea de evento natural que son observados en su cotidianidad y que se constituyen como fenómenos de indagación dentro de la clase de ciencias naturales.

Por último, y con el desarrollo de todas las actividades se puede concluir como los estudiantes ya usan cierto lenguaje o términos técnicos o científicos para referirse a un cambio y que tienen un significado para ellos y ya no simplemente un contenido que tienen que aprender. Esto se logra interpretar a partir del tipo de formas de redacción y del ejercicio que se les propone a los niños y niñas del que surge el interés en ellos de tratar de manifestar y comunicar a sus compañeros lo aprendido, lo que termina constituyéndose en una exigencia o en un logro para que ellos mejoren sus niveles de escritura haciendo un uso más específico del lenguaje y los sentidos que los estudiantes le están dando a la forma de nombrar las cosas que ellos están viendo.

## REFERENCIAS

- 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/>
- Candela, A. (1999). Evidencias y hechos. En: Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso. México: Paidòs Educador. 45-98.
- Derechos Básicos de Aprendizaje. (2017). Ciencias Naturales. Vol.1. Ministerio de Educación Nacional.
- Fernández de C., Gepts, P. y López, M. (1986). Etapas de desarrollo de la planta de frijol 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.
- Greulach, V. y Adams, J. (1980). Las plantas. Introducción a la Botánica Moderna. México: Editorial Limusa.
- 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: practica 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 Autónoma de Barcelona. doi: [http://www.paidopsiquiatria.cat/files/teorias\\_desarrollo\\_cognitivo\\_0.pdf](http://www.paidopsiquiatria.cat/files/teorias_desarrollo_cognitivo_0.pdf)
- 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.

- 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.
- 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.
- 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](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.

- 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>

## ANEXOS

**Anexo 1.** Taller N°1. Reconociendo mi entorno y estableciendo relaciones entre las condiciones ecológicas

TALLER No. 1			
TERCER TRIMESTRE			
<b>SEDE: CORTIJO</b>	<b>JORNADA: MAÑANA</b>	<b>GRADO: TERCERO</b>	<b>AREA: CIENCIAS NATURALES</b>
<b>DOCENTE: <u>KAROL VIVIANA MARTÍNEZ RODRIGUEZ</u></b>			
<b>NOMBRE DE LA UNIDAD:</b> Reconociendo mi entorno y estableciendo relaciones entre las condiciones ecológicas.			
<b>OBJETIVO:</b>			
1. Explica la influencia de los factores abióticos (luz, temperatura, suelo y aire) en el desarrollo de los factores bióticos (fauna y flora) de un ecosistema.			
<b>INSTRUCCIONES:</b>			
1. Leer atentamente los requerimientos de cada punto.			
2. <b><u>Desarrollar el taller en el cuaderno de ciencias naturales</u></b> , con buena letra y ortografía, incluyendo los conceptos de explicación.			
3. Después de desarrollar completo el taller, tomé fotos nítidas y envíe en un solo archivo. Puede usar las aplicaciones CamScanner o Adobe Scan.			
4. Enviar el documento al correo <a href="mailto:karoldrive21@gmail.com">karoldrive21@gmail.com</a> y en asunto colocar: apellidos, nombres, curso y área. ( <b>Ejemplo:</b> Martínez Rodríguez, Karol Viviana, 302, Ciencias naturales).			
5. La fecha de entrega para este taller es el martes <b><u>18 de agosto.</u></b>			
<b>CONTENIDOS:</b>			
1. Reconociendo mi entorno.			
2. Identifica las condiciones ecológicas de un paisaje natural.			
<b>METODOLOGÍA:</b>			
1. Lee atentamente las definiciones y lecturas anexas, escríbelas en tu cuaderno y con base en estas desarrolla las actividades.			
2. Usa el diccionario para buscar las palabras que no conozcas.			
3. Los dibujos deben estar coloreados.			
4. Si se solicita investigar sobre algún tema, debes leer, analizar y escribir con tus propias palabras lo que entendiste.			

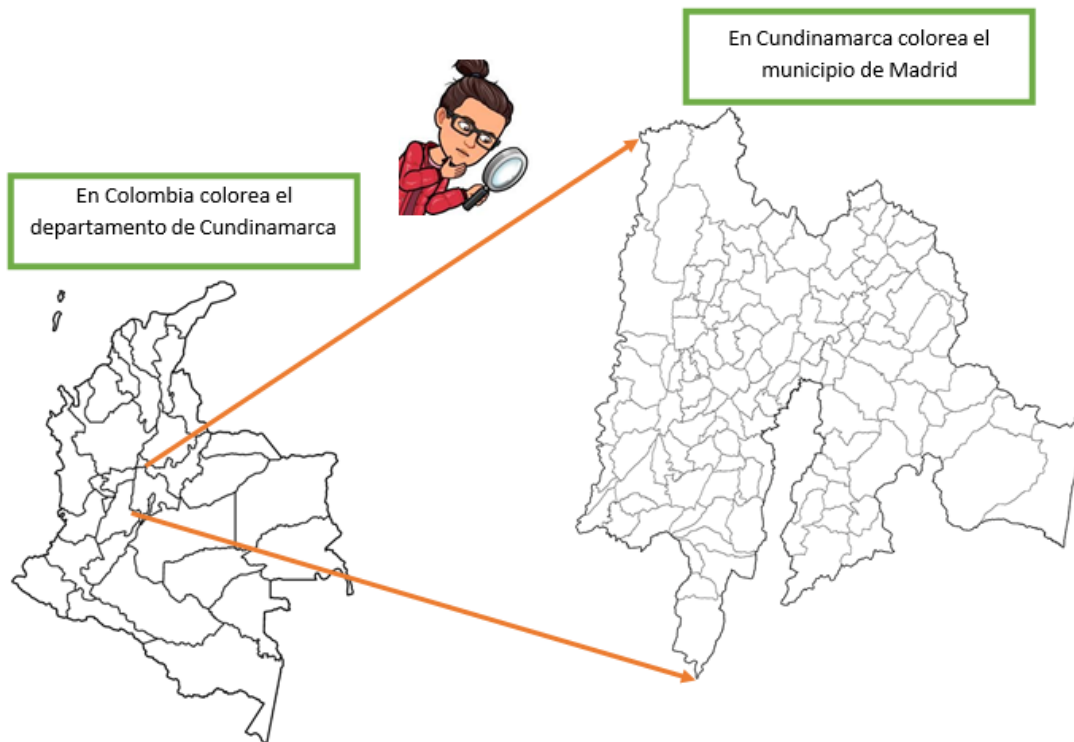
## ACTIVIDADES

### RE-CONOCIENDO MI MUNICIPIO.

Madrid está ubicado en el departamento de Cundinamarca, en la provincia de Sabana de Occidente. Los municipios con los que limita son: al norte con Subachoque, por el noroeste con Facatativá y el Rosal, por el occidente con Bojacá; por el oriente con Mosquera y Funza, y por el noreste con Tenjo.

Seguramente has visitado alguno de estos municipios y habrás notado que son muy parecidos a Madrid, sobre todo en su clima puesto que hace bastante frío temprano en la mañana e iniciando la noche, pero durante el día hace un fuerte sol, aunque el frío persista. Estas temperaturas propias de tu municipio se deben a que nuestro país tiene una posición privilegiada en el planeta que hace que nuestro clima sea especial, con relación a otros países del mundo. Te has preguntado alguna vez ¿por qué Madrid presenta esos cambios de temperatura en un solo día?; ¿por qué tienes sensaciones de frío muy temprano en la mañana y ya entrando la noche; y un fuerte sol al medio día? Coloca mucha atención al video en el que te contare algunos datos interesantes y luego realiza las actividades.

1. Teniendo en cuenta las indicaciones, ubica y colorea en Colombia a Cundinamarca, y en Cundinamarca a Madrid:



2. En una hoja de block Din A4 dibuja el plano del colegio y los lugares que se encuentran alrededor. No olvides tener en cuenta la información que observaste en el video.

## **LAS CONDICIONES ECOLÓGICAS**

Los ambientes naturales tienen unas condiciones ecológicas particulares que lo afectan y que permiten que exista una flora y fauna características en cada lugar. Estas condiciones ecológicas son la temperatura, la luminosidad, las lluvias, el suelo y la altitud.

3. Observa las siguientes imágenes y completa el cuadro, con base a la información que observaste en el video sobre las condiciones ecológicas que los caracterizan. Sigue los ejemplos:



Desierto de Sabrinsky



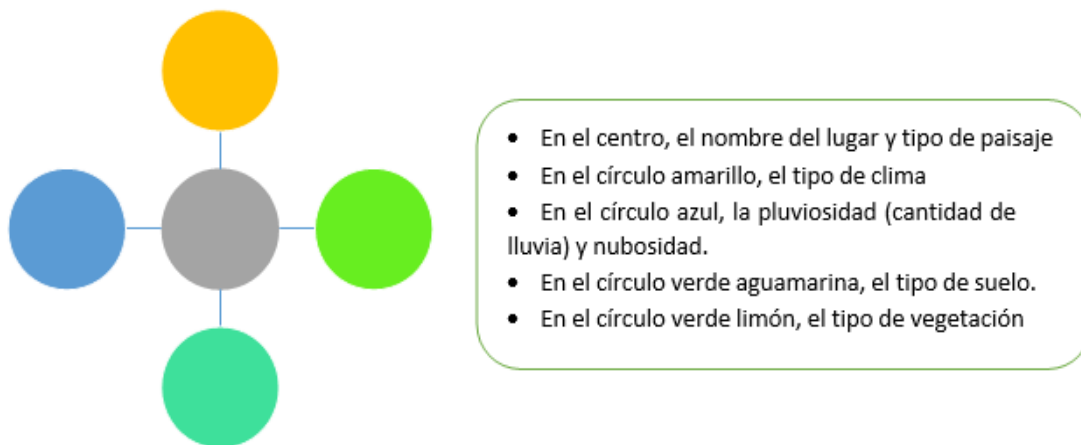
Bosque de niebla



Sabana de Madrid

CONDICIÓN ECOLÓGICA	PAISAJE		
	DESIERTO	BOSQUE DE NIEBLA	SABANA
Temperatura	Templada-fría con humedad y lluvias		
Tipo de suelo		Suelos profundos y húmedos	
Nubosidad			Poca nubosidad en la mañana y alta a mitad del día
Tipo de Vegetación	Plantas herbáceas y arbustivas.		

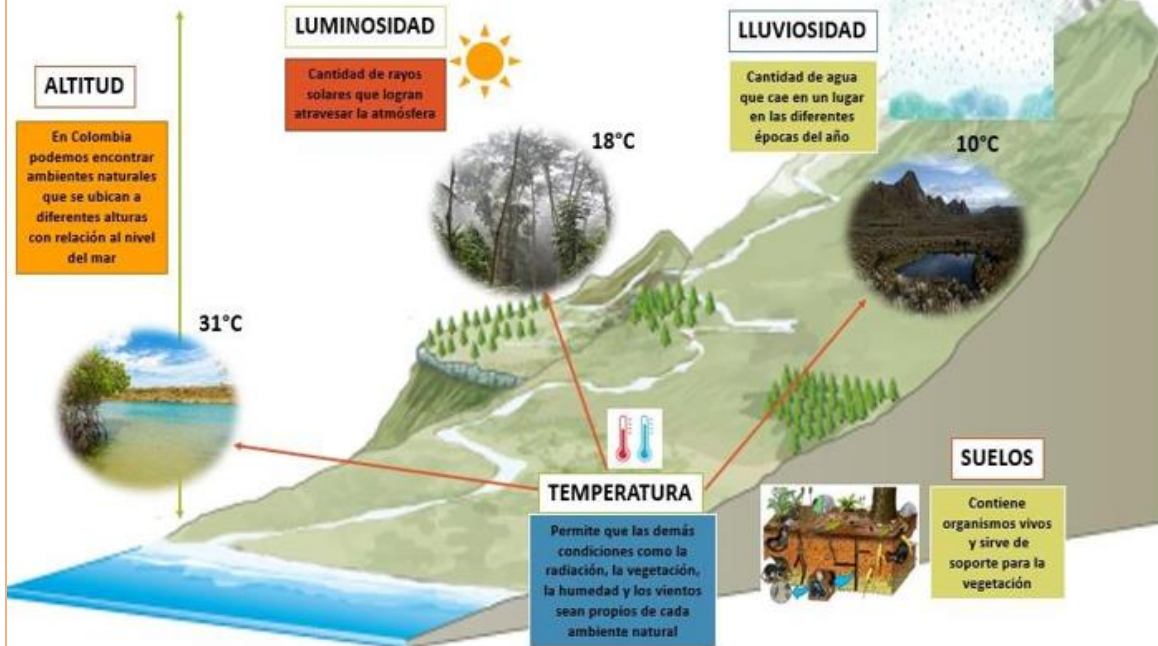
4. Realiza un esquema en tu cuaderno (en una hoja completa) como el siguiente y escribe en los círculos la información de un paisaje natural que conozcas de Madrid y las condiciones ecológicas que lo caracterizan. Sigue las indicaciones:



5. Revisa la información sobre las condiciones ecológicas en el siguiente infograma, y con base en esté, dibuja en el cuaderno el paisaje natural que describiste en el diagrama:

### Condiciones Ecológicas

Los ambientes naturales tienen unas condiciones ecológicas particulares que lo afectan y que permiten una flora y fauna características de cada región. Estas condiciones ecológicas son la temperatura, la luminosidad, las lluvias, el suelo y la altitud.



6. Escribe en forma de cuento un relato sobre una salida que hayas realizado cerca o dentro de tu municipio, cuenta ¿cómo es el paisaje?, ¿qué condiciones ecológicas observaste y sentiste?, ¿qué tipo de vegetación había?, ¿qué animales observaste?



---

---

---

---

---

---

---

---

**RECURSOS:** Taller No. 3, cuaderno, diccionario, cartuchera, computador (opcional).

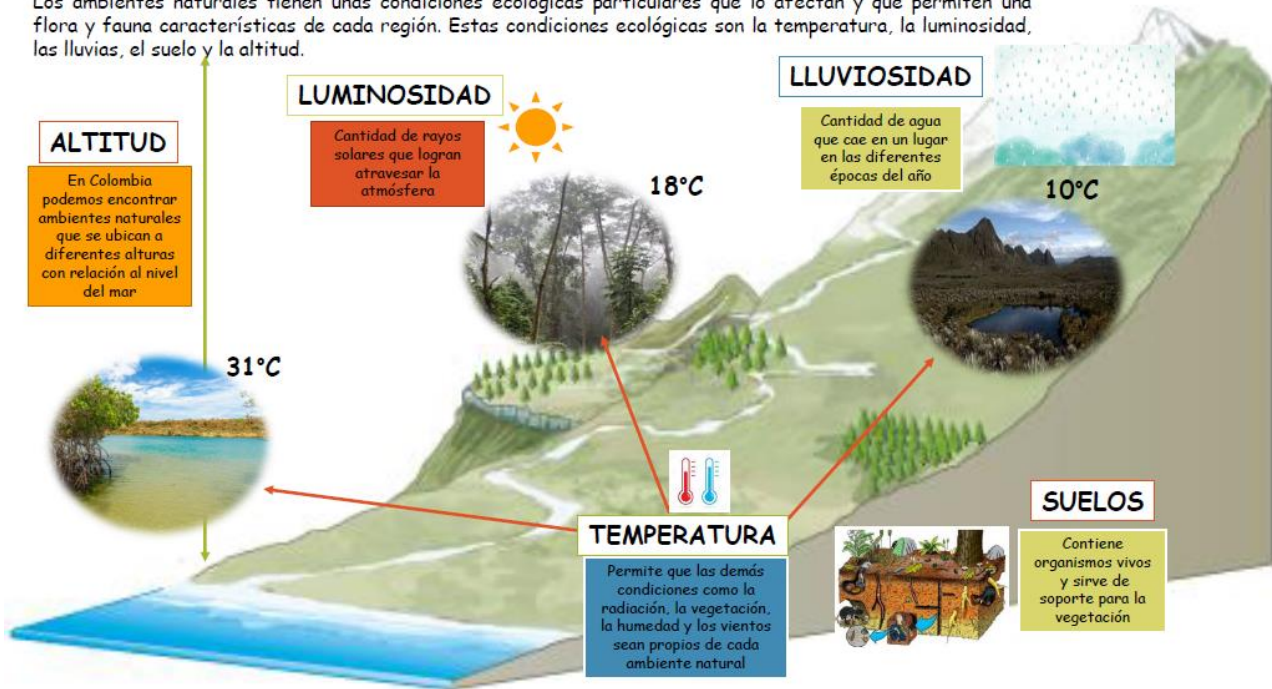
**CRITERIOS DE EVALUACIÓN:** Se tendrá en cuenta el desarrollo de cada punto según las instrucciones dadas, letra legible, correcta ortografía y la puntualidad en la entrega.

Se socializará el taller desarrollado a través de una clase virtual organizada y programada con anticipación.

## Anexo 2. Infografía condiciones ecológicas

### Condiciones Ecológicas

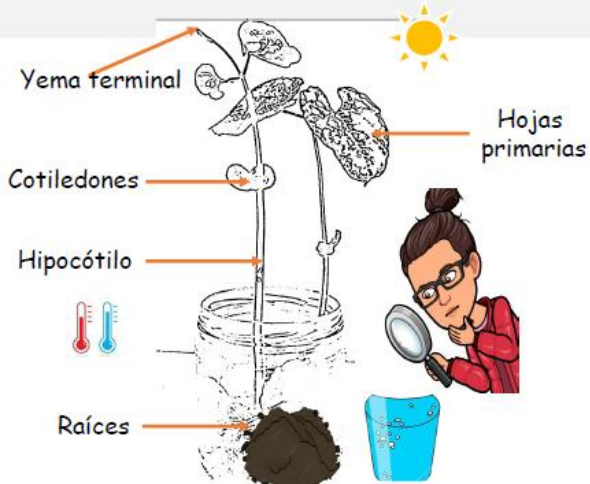
Los ambientes naturales tienen unas condiciones ecológicas particulares que lo afectan y que permiten una flora y fauna características de cada región. Estas condiciones ecológicas son la temperatura, la luminosidad, las lluvias, el suelo y la altitud.



### Anexo 3. Ficha crecimiento del fríjol

## CRECIMIENTO DEL FRÍJOL

La planta de fríjol 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 20 cm 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 cotiledones se abren y emerge la primer radícula para convertirse en raíz primaria y se observa el hipocótilo.



Luego empezarás a notar que el hipocótilo 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.

#### Anexo 4. Matriz de seguimiento del crecimiento del frijol

MOMENTOS	DESCRIPCIONES	
	MONTAJE LUZ	MONTAJE OSCURIDAD
<b>Siembra</b> Fecha: _____	Tamaño de la semilla en cm: Color: Forma:	Tamaño de la semilla en cm: Color: Forma:
<b>Aparición de la radícula o raíz primaria</b>	Fecha: Tamaño de la radícula en cm: Color: Forma:	Fecha: Tamaño de la radícula en cm: Color: Forma:
<b>Aparición de hipocótilo o tallo</b>	Fecha: Tamaño del hipocótilo en cm: Color: Forma:	Fecha: Tamaño del hipocótilo en cm: Color: Forma:
<b>Aparición hojas primarias</b>	Fecha: Tamaño de la hoja en cm: Color: Forma:	Fecha: Tamaño de la hoja en cm: Color: Forma:
<b>Planta con yema terminal</b>	Fecha: Tamaño de la planta (altura) en cm: Color: Forma:	Fecha: Tamaño de la planta (altura) en cm: Color: Forma: