

**GERMINACIÓN EN PLANTAS: UNA PROFUNDIZACIÓN TEÓRICA Y EXPERIMENTAL
SOBRE EL CRECIMIENTO Y EL DESARROLLO VINCULADO A CONDICIONES DIVERSAS
DE TEMPERATURA Y AGUA EN *Phaseolus vulgaris* (FRIJOL)**

LILIAN BENITEZ RODAS

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ, D. C.
2024**

**GERMINACIÓN EN PLANTAS: UNA PROFUNDIZACIÓN TEÓRICA Y EXPERIMENTAL
SOBRE EL CRECIMIENTO Y EL DESARROLLO VINCULADO A CONDICIONES DIVERSAS
DE TEMPERATURA Y AGUA EN *Phaseolus vulgaris* (FRIJOL)**

LILIAN BENITEZ RODAS

**TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MAGISTER
EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES**

**ASESORADO POR:
JUAN ALBERTO ALDANA GONZÁLEZ
ANDREA TOLEDO ARANDA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ, D. C.
2024**

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

BOGOTÁ, D.C., 2024

Dedicatoria

“A mis amados hijos, Carlos David, Jorge Martín y Víctor Hernán, ustedes son la luz de mi vida y mi mayor inspiración.

Carlos David, aunque ya no estés físicamente, tu recuerdo sigue siendo mi faro en la oscuridad, llenando mi vida de luz y amor.

Jorge Martín, gracias por ser mi ancla en momentos de tormenta; tu presencia me ofrece una estabilidad invaluable. En los momentos difíciles, cuando las olas de la vida amenazan con desbordarme, tú me recuerdas que siempre hay un puerto seguro al que regresar. Tu abrazo cálido me reconforta y me impulsa a seguir adelante.

Víctor Hernán, gracias por ser la fuerza que ilumina mis días. Tu alegría y entusiasmo son contagiosos; cada vez que enfrento un desafío, tu apoyo me motiva a seguir luchando. Eres mi compañero en esta travesía de la vida, siempre dispuesto a ofrecerme una sonrisa y palabras de aliento. Tu capacidad para ver lo positivo en cada situación me inspira a encontrar la luz incluso en los momentos más oscuros.

Al igual que la radícula y la plúmula son esenciales en el crecimiento de una planta, ustedes son fundamentales en mi vida. Con todo mi amor.”

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 o investigadores, he dado los respectivos créditos.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I – Contexto Problemático	14
Contexto de origen.....	14
Políticas Educativas del Paraguay en relación con la enseñanza de la germinación y los procesos de crecimiento y desarrollo de plantas.	15
Delimitación del Problema.....	17
Objetivos	18
Objetivo General	18
Objetivos Específicos	18
Justificación	19
Antecedentes	21
CAPITULO II – Proceder Metodológico	23
CAPITULO III – Profundización Teórica.....	25
Profundización teórica a partir de Jacob (1999)	25
Organización de los seres vivos	25
La continuidad de la vida vegetal	27
La discontinuidad en la naturaleza	27
Evolución y tiempo	28
La arquitectura de la vida: Organización interna y externa en las plantas	29
Profundización teórica a partir de Bidwell (1993), Baker & Allen (1970)	31
Crecimiento y desarrollo, dos conceptos fundamentales para la comprensión de la historia de vida de las plantas durante la germinación.....	32

Ciclo de vida de la planta: La Germinación.....	33
Estructura Interna de las semillas y su vinculación con el crecimiento y desarrollo	35
Desarrollo de la estructura externa de la semilla y los factores ambientales que influyen en su germinación.....	37
Las etapas del desarrollo de la semilla.....	37
Descripción del momento inicial hasta los tejidos visibles en el desarrollo de la semilla....	38
Germinación de <i>Phaseolus vulgaris</i> (frijol): crecimiento y desarrollo vinculado a condiciones ambientales de temperatura y agua	44
Procesos de crecimiento, desarrollo y germinación en plantas	45
CAPITULO IV – Actividades Experimentales	49
Germinación de semillas de <i>Phaseolus Vulgaris</i> (frijol) bajo diversas condiciones de temperatura y agua.....	49
Germinador Casero con Sistema de Riego por Goteo.....	51
Descripción de los elementos del germinador casero con sistema de riego por goteo	53
Propuesta Experimental N° 1: Germinación de semillas bajo diversas condiciones de temperatura.....	53
Análisis de las actividades experimentales vinculadas con el crecimiento y desarrollo de las semillas de <i>Phaseolus vulgaris</i> (frijol) bajo diversas condiciones de temperatura.....	64
Propuesta Experimental N° 2: Germinación de semillas bajo diversas condiciones de agua 65	
Análisis de las actividades experimentales vinculadas con el crecimiento y desarrollo de las semillas de <i>Phaseolus vulgaris</i> bajo diversas condiciones de agua.	82
CAPITULO V – Propuesta de Intervención Pedagógica y Didáctica.....	84
Justificación del Proyecto.....	85
PROYECTO DE AULA: "Semillas en Acción: Explorando el crecimiento y desarrollo de las plantas durante la fase de germinación a partir de variaciones en las condiciones de agua y temperatura"	87
Contexto Institucional	87
CAPITULO VI - PRODUCCION DISCURSIVA	93
BIBLIOGRAFÍA.....	95

ANEXO:	97
Cartilla 1: "El secreto del frijol Fabián".....	97
Cartilla 2: "El Tiempo y las condiciones en la Germinación: Diálogo entre Jacob y Bidwell" 108	
Cartilla 3: "Fases de la Germinación: Experimento y observación".....	110
Cartilla 4: "Conclusión y reflexión sobre la Germinación del Frijol"	121
"El viaje de Fabián el Frijol"	121

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Germinación de una semilla de haba	36
Ilustración 2. Estructura gráfica para Proyecto de Ciencias.....	98
Ilustración 3. Imagen semilla de frijol, Fabián.....	101
Ilustración 4. Imagen del gusano Jacinto.....	101
Ilustración 5. Imagen de Fabián bajo la lluvia.....	102
Ilustración 6. Imagen del frijol Fabián en proceso de germinación.....	103
Ilustración 7. Imagen del frijol Fabián germinado.	104
Ilustración 8. Infografía Proceso de germinación del frijol Fabián.....	107
Ilustración 9. Imagen representativa de Jacob y Bidwell conversando.	108

Tabla de fotografías

Fotografía 1. Estados de germinación de una semilla de frijol en unos periodos de tiempo, particulares 0,3 y 6 días.....	39
Fotografía 2. Collage de diferentes fotografías que contienen tejidos que se desarrollan durante la germinación del frijol.	41
Fotografía 3. Proceso de germinación del frijol.	106

Tabla de tablas

Tabla 1. Cuadro sobre las condiciones de agua y la temperatura que influyen en la germinación, y los tejidos específicos que activan.	43
Tabla 2. Modelo de germinador con sistema de riego por goteo.....	52
Tabla 3. Registro fotográfico de los montajes	54
Tabla 4. Germinadores en condiciones diversas de temperatura	55
Tabla 5. Germinación de semillas a temperatura elevada, baja y ambiente.....	56
Tabla 6. Control de semillas..	61
Tabla 7. Registros de masa de las semillas de frijol ubicadas a diversas condiciones de temperatura	62
Tabla 8. Registro fotográfico de los montajes utilizados	65
Tabla 9. Germinadores en condiciones diversas de agua.....	66
Tabla 10. Semillas de frijol expuestas a riego elevado.....	68
Tabla 11. Semillas de frijol expuestas a riego escaso.....	72
Tabla 12. Semillas de frijol sin riego	76
Tabla 13. Registro de semillas expuestas a diversas condiciones de riego y sin riego	79
Tabla 14. Descripción general del proyecto "Semillas en Acción".....	88
Tabla 15. Descripción de las fases del proyecto.....	89
Tabla 16. Tabla de observaciones de germinación en algodón humedecido.	99
Tabla 17. Tabla de observaciones de germinación en tierra humedecida.....	99
Tabla 18. Tiempos de comparación de semillas.	109
Tabla 19. Materiales requeridos para el montaje del germinador.....	110
Tabla 20. Germinadores en diversas condiciones de temperatura.....	111
Tabla 21. Tabla para registro de observaciones..	113
Tabla 22. Fases de germinación.....	115
Tabla 23. Materiales requeridos para montar germinador.....	116
Tabla 24. Germinadores en diversas condiciones de agua.....	117
Tabla 25. Tabla para registro de observaciones.	118
Tabla 26. Fases de la germinación.....	119

Tabla de gráficos

Gráfico 1. Desarrollo de la semilla.....	38
Gráfico 2. Organización de los procesos de crecimiento, desarrollo	47
Gráfico 3. La germinación, procesos y condiciones	48
Gráfico 4. Germinador casero con sistema de riego por goteo.....	53
Gráfico 5. Semillas expuestas a diversas condiciones de temperatura	63
Gráfico 6. Semillas expuestas a diversas condiciones de Agua	81
Gráfico 7. Contexto nacional del Paraguay para elaboración de proyectos áulicos.....	85

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de profundización cuya denominación es Germinación en plantas: un estudio de caso sobre el crecimiento y el desarrollo vinculado a condiciones diversas de temperatura y agua se plantea dentro del programa de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales cursado en la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Este trabajo surge a partir de mi experiencia como docente del área de Ciencias de la Naturaleza en el Tercer Ciclo de la Educación Escolar Básica en instituciones educativas oficiales de la República del Paraguay, donde he observado que los estudiantes presentan dificultades en la comprensión de los procesos de germinación y su relación con el crecimiento y desarrollo de las plantas. El enfoque tradicional utilizado en las aulas, basado mayoritariamente en descripciones verbales, ilustraciones y textos teóricos, no logra generar una comprensión completa y profunda de estos fenómenos. En muchos casos, los conceptos de crecimiento y desarrollo se enseñan de manera indistinta, lo que contribuye a una confusión conceptual en los estudiantes. La escasez de actividades experimentales en el aula también limita la capacidad de los estudiantes para interactuar activamente con los procesos naturales que se abordan. Ante la casi ausencia de experiencias prácticas suficientes que conecten la teoría con la realidad observable, los alumnos no desarrollan las habilidades de pensamiento crítico y científico necesarias para comprender fenómenos tan esenciales como la germinación. En este contexto, surgen las siguientes interrogantes iniciales ¿Cuáles son las dificultades disciplinares que se presentan al enseñar la germinación de plantas en relación con su crecimiento y desarrollo bajo diferentes condiciones ambientales de temperatura? ¿Cómo puedo mejorar mi práctica docente, especialmente en la enseñanza de la germinación de las plantas vinculado al crecimiento y desarrollo de esta?

Por consiguiente, con esta realidad, se hace necesario transformar las prácticas del docente, para lo cual se requiere profundizar en sus concepciones sobre el fenómeno en cuestión. Un punto de partida constituye reflexionar sobre las dificultades que afronta al enseñar ciencias naturales, para promover un aprendizaje donde los estudiantes se involucren directamente en actividades que les permitan experimentar y observar estos procesos, especialmente aquellos vinculados a la germinación, el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Este trabajo a la vez se encuentra orientado desde aspectos relacionados a la profundización de corte teórico y experimental que han permitido consolidar el objeto de estudio, dando origen como propuesta de intervención pedagógica y didáctica al diseño de un proyecto de aula, el cual se estructura en tres fases en torno a la germinación de la semilla de frijol, el crecimiento y desarrollo

bajo condiciones diversas de temperatura y agua, que aportará a los procesos de enseñanza de las ciencias naturales dentro del aula a los jóvenes de séptimo grado de la Educación Escolar Básica del Tercer Ciclo del Colegio Nacional Enrique Soler en la República del Paraguay en el contexto educativo paraguayo, el cual se caracteriza por un sistema de enseñanza pública con recursos limitados y una diversidad sociocultural significativa. A través de la intervención propuesta, se espera no solo contribuir al mejoramiento de las prácticas de enseñanza de las ciencias naturales, sino también proporcionar herramientas pedagógicas que permitan al docente replicar este enfoque en otros temas del ámbito de las ciencias naturales. De este modo, se busca promover la oportunidad de desarrollar una comprensión profunda de los fenómenos naturales que rigen la vida en el planeta.

El escrito desarrolla diferentes elementos de profundización de corte teórico, entre ellos son considerados los aportes de los autores Jacob (1999) que brinda aspectos relevantes para la comprensión de cómo se estructuran y evolucionan los seres vivos a lo largo del tiempo, la organización de lo vivo, las nociones de continuidad y discontinuidad en los organismos. Otros autores como Bidwell (1993), Baker y Allen (1970), Azcón-Bieto y Talón (2013) contribuyen con elementos conceptuales relacionados con el crecimiento, desarrollo, la germinación y las condiciones que se requieren para que estos procesos ocurran. Por otro lado, Malagón y Ayala (2013), brindan elementos relacionados a lo experimental que constituye un aspecto importante dentro del trabajo abordado. Esto permite elaborar concepciones nuevas sobre el fenómeno de estudio, lo que resulta fundamental para su posterior incorporación en la enseñanza de las ciencias naturales en la Educación Escolar Básica en Paraguay.

En este sentido, el objetivo principal de este trabajo de grado consiste en profundizar en aspectos de corte teórico y experimental sobre el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* (frijol) durante la germinación, vinculado a condiciones de temperatura y agua, consolidándolo como un objeto de la enseñanza en un proyecto de aula dirigido a estudiantes de Séptimo Grado de la Educación Escolar Básica del Tercer Ciclo en Paraguay. Se busca, por tanto, que el docente realice un análisis teórico profundo sobre el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* (frijol) durante la germinación, diseñando actividades experimentales que permitan a los estudiantes explorar cómo factores como la temperatura y el agua influyen en estos procesos. Las actividades experimentales propuestas no solo están diseñadas para la comprensión del fenómeno, sino también para fomentar en los estudiantes competencias como la observación, la formulación de hipótesis, la recolección de datos y la interpretación de resultados.

La propuesta didáctica de intervención planteada en el trabajo de grado como se mencionó anteriormente constituye un proyecto de aula que lleva por denominación “Semillas en Acción”, siendo así una estrategia que está diseñada para vincular la teoría con la práctica mediante actividades experimentales que permitan a los estudiantes profundizar en la comprensión de la germinación, el crecimiento y el desarrollo de las plantas. La misma está dirigida a estudiantes cuyas edades oscilan entre los 12 y 13 años que cursan el 7° grado del Tercer Ciclo de la Educación Escolar Básica dentro de la disciplina curricular Ciencias de la Naturaleza, y se basa en la realización de experimentos prácticos en los que los estudiantes podrán observar cómo las variaciones en la temperatura y la cantidad de agua influyen en la germinación de las semillas de *Phaseolus vulgaris* (frijol).

Para introducir a los estudiantes en el tema de la germinación, se utiliza una narrativa reflexiva a través del cuento El Secreto del Frijol Fabián. Este recurso didáctico tiene como objetivo presentar de manera accesible el proceso de germinación, vinculándolo con elementos como el tiempo biológico, la adaptación y la transformación gradual de las plantas. Fabián, una semilla de frijol que tarda en germinar, representa el ciclo de vida de las plantas, y a través de su historia los estudiantes pueden reflexionar sobre los factores que intervienen en la germinación, tales como el agua y la temperatura.

El diseño del proyecto de aula no se limita a la narración, sino que se complementa con la realización de actividades experimentales prácticos en germinadores, donde los estudiantes registran el crecimiento y desarrollo de las semillas de frijol en diversas condiciones de temperatura y agua. Utilizando herramientas como balanzas para medir la masa de las semillas y reglas para registrar su longitud, los estudiantes podrán observar cómo los cambios en el ambiente afectan el proceso de la germinación. Además, se les pedirá que elaboren informes y pósteres donde analicen sus hallazgos y reflexionen sobre las diferencias entre el crecimiento y el desarrollo de las plantas.

El objetivo del proyecto de aula es que, al finalizar las actividades propuestas, los estudiantes comprendan cómo el proceso de la germinación de plantas está relacionado tanto con el crecimiento, medido en términos de masa y longitud, como con el desarrollo, entendido como la diferenciación celular que ocurre a nivel estructural dentro de la semilla. Se espera que los estudiantes reconozcan que ambos procesos, aunque distintos, están interrelacionados y no ocurren de manera aislada.

La intervención didáctica se llevará a cabo como se mencionó anteriormente en el Colegio Nacional Enrique Soler, una institución pública ubicada en la ciudad de Capiatá, zona urbana, en

el Departamento Central de la República del Paraguay. Los estudiantes de esta institución educativa provienen de un entorno socioeconómico diverso, lo que genera desafíos adicionales en términos de equidad educativa.

El enfoque tradicional de enseñanza, basado principalmente en la transmisión de conocimientos teóricos, ha limitado la capacidad de los estudiantes para desarrollar una comprensión integral de los fenómenos biológicos. Por ello, la implementación de esta propuesta busca mejorar la calidad del aprendizaje, promoviendo la participación y el desarrollo de habilidades científicas en un contexto educativo que históricamente ha tenido acceso limitado a recursos y propuestas experimentales.

A lo largo de la implementación del proyecto se pretende que identifiquen varios referentes técnicos que sustentan la intervención como lo son el crecimiento de las plantas, el cual implica un aumento en tamaño, longitud, y masa, aspectos que los estudiantes podrán observar y medir durante la actividad experimental, como también al que se refiere a desarrollo como la diferenciación celular y la formación de órganos como raíces, tallos y hojas, proceso que los estudiantes abordarán a través de la observación de los cambios estructurales en las semillas durante la germinación, el cual constituye un proceso importante por el cual pasa del estado de latencia y se transforma en una planta, siempre que las condiciones de temperatura y agua sean adecuadas.

Desde un punto de vista teórico-pedagógico, el proyecto de aula enfatiza la participación de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje orientados por la docente. La realización de actividades experimentales bajo diversas condiciones de agua y temperatura permite a los estudiantes no solo observar los fenómenos abordados, sino también reflexionar sobre las condiciones que los facilitan y sus implicaciones en el crecimiento y desarrollo de la planta.

CAPÍTULO I – Contexto Problemático

Contexto de origen

El trabajo de grado surge desde mi interés como docente del área de Ciencias de la Naturaleza del Tercer Ciclo de la Educación Escolar Básica en instituciones educativas de gestión oficial de la República del Paraguay. He observado algunas dificultades cuando enseño específicamente la germinación de las plantas y su relación con el crecimiento y desarrollo de estas, evidenciándose una brecha significativa entre los conocimientos teóricos que presento a mis estudiantes y la comprensión que adquieren sobre estos procesos fundamentales. Una de las principales causas de esta situación radica en la limitada implementación de actividades experimentales en el aula, así como la enseñanza centrada en la transmisión de conocimientos a través de explicaciones verbales y la utilización de materiales didácticos que se centra en la literatura sugerida por el Ministerio de Educación y Ciencias del Paraguay.

A su vez, la escasa propuesta de actividades experimentales dentro de mi labor como docente en mi práctica limita la capacidad de los estudiantes para desarrollar una comprensión profunda y reflexiva del fenómeno abordado. Es importante destacar que el enfoque tradicional utilizado se basa en descripciones de láminas, dibujos de los procesos, lectura y análisis de información, lo que resulta insuficiente para fomentar una comprensión completa. En mi práctica docente, he enseñado el crecimiento y desarrollo de las plantas como conceptos sinónimos, sin profundizar en las diferencias entre ambos procesos, lo que limita la comprensión de las condiciones específicas que influyen en cada uno. Esta falta de comprensión integral se debe en parte a la ausencia de un enfoque que permita a los estudiantes explorar estos procesos de manera activa y significativa.

Es fundamental diferenciar estos procesos, ya que el crecimiento se refiere al aumento en tamaño y masa, mientras que el desarrollo implica la diferenciación y maduración de estructuras y funciones en la planta (Bidwell, 1993). Por ello, un aspecto importante que considera este trabajo de grado es la germinación de semillas, ya que este proceso inicial es fundamental para entender cómo las plantas crecen y se desarrollan.

La germinación de semillas no solo implica procesos biológicos intrínsecos, sino que también está influenciada por condiciones ambientales específicas como la temperatura y el agua. Es importante profundizar en estos aspectos para consolidar el objeto de estudio. Reflexionando

sobre mis métodos de enseñanza, reconociendo al mismo tiempo la necesidad de incorporar actividades prácticas con una mayor profundización de corte teórico y experimental que aporten a la comprensión de los procesos relacionados con la germinación de la planta y su vinculación con el crecimiento y desarrollo. Para abordar estas dificultades y mejorar mi práctica docente, considero necesario incorporar actividades que enriquezcan mis prácticas experimentales. Estas actividades me permitirán profundizar en la observación y diferenciación de los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas. Finalmente, se trazaré un proyecto de aula que contenga propuestas didácticas que aborden las condiciones diversas de la temperatura y agua, que influyen en la germinación de la planta, permitiendo establecer relaciones con el crecimiento y desarrollo de estas.

Políticas Educativas del Paraguay en relación con la enseñanza de la germinación y los procesos de crecimiento y desarrollo de plantas.

La educación en el Paraguay de las últimas décadas ha experimentado cambios significativos, buscando así adaptarse a las necesidades de una sociedad que se encuentra en constante demanda de transformaciones. En ese contexto las políticas educativas han establecido la enseñanza de las ciencias naturales, específicamente la enseñanza de la germinación y crecimiento de las plantas dentro del currículo nacional tal como se menciona en las características que orientan el currículum en la Educación Escolar Básica.

La educación se concibe como un proceso formativo permanente que es inherente a la persona humana y como un proceso social mediante el cual el educando vivencia experiencias de aprendizaje que contribuyen a la formación de capacidades y valores que facilitarán su integración social y lo harán partícipe del mejoramiento de la calidad de vida. (MEC, Programa de Estudio: Ciencias de la Naturaleza y de la Salud - 7º Grado Educación Escolar Básica, 2014, pág. 20)

El documento del Ministerio de Educación y Ciencias de Paraguay establece que la educación debe ser un proceso formativo permanente, inherente a la persona humana, que fomente la integración social y el mejoramiento de la calidad de vida. En este sentido, la enseñanza de la germinación, el crecimiento y desarrollo de las plantas no solo se presentan como un contenido académico, sino como una oportunidad para que los estudiantes comprendan su entorno natural y desarrollen una conciencia crítica sobre la importancia de la biodiversidad y la sostenibilidad.

El currículo nacional establece para el Área Ciencias de la Naturaleza y Salud, Séptimo grado incluye competencias específicas que buscan que los estudiantes comprendan los procesos

biológicos fundamentales, como la germinación de semillas y el desarrollo de las plantas (MEC, Programa de Estudio: Ciencias de la Naturaleza y de la Salud - 7º Grado Educación Escolar Básica, 2014, pág. 53) Estas competencias están alineadas con los objetivos generales de la educación paraguaya, que promueven la formación de ciudadanos críticos y responsables, capaces de interactuar de manera consciente con su entorno (MEC, Programa de Estudio: Ciencias de la Naturaleza y de la Salud - 7º Grado Educación Escolar Básica, 2014, pág. 20). La enseñanza de estos procesos biológicos permite a los estudiantes observar y experimentar directamente con la naturaleza, fomentando un aprendizaje significativo que trasciende la mera memorización de conceptos relacionados con los fenómenos naturales.

Las orientaciones metodológicas propuestas en el currículo sugieren el uso de estrategias activas y participativas que involucren a los estudiantes en la observación y experimentación (MEC, Programa de Estudio: Ciencias de la Naturaleza y de la Salud - 7º Grado Educación Escolar Básica, 2014, pág. 61). Por ejemplo, realizar actividades prácticas como la siembra de semillas y el seguimiento de su crecimiento y desarrollo permite a los estudiantes aplicar conceptos teóricos en un contexto real, desarrollando habilidades y un sentido de responsabilidad hacia el ambiente. Estas experiencias prácticas son fundamentales para cultivar una actitud positiva hacia la ciencia y la naturaleza.

Sin embargo, es necesario que las políticas educativas también aborden los desafíos que enfrentan los docentes en la implementación de estos contenidos, muchos han señalado la necesidad de contar con materiales de apoyo y recursos didácticos que faciliten la enseñanza de las ciencias naturales (MEC, Programa de Estudio: Ciencias de la Naturaleza y de la Salud - 7º Grado Educación Escolar Básica, 2014, pág. 46). La formación continua de los docentes y el acceso a recursos adecuados son elementos importantes para garantizar que la enseñanza de la germinación y el crecimiento de las plantas sean efectiva y significativa.

Las políticas educativas del Paraguay han establecido un marco que promueve la enseñanza de la germinación, el crecimiento y desarrollo de las plantas como parte integral del currículo de Ciencias de la Naturaleza y Salud, al fomentar un aprendizaje activo y contextualizado, estas políticas no solo contribuyen al desarrollo académico de los estudiantes, sino que también promueven una conciencia crítica y responsable hacia el ambiente preparando a las nuevas generaciones para enfrentar los desafíos del futuro.

Delimitación del Problema

El problema se delimita a partir de las reflexiones sobre la práctica docente, especialmente en cómo enseña y comprende la germinación, así como los procesos relacionados al crecimiento y desarrollo de las plantas. Esta situación dificulta la comprensión de los estudiantes de séptimo grado, debido a la falta de experiencias prácticas y dinámicas en la enseñanza de las ciencias naturales.

Ante lo expuesto, surgen las siguientes interrogantes iniciales:

1- ¿Cuáles son las dificultades disciplinares que se presentan al enseñar la germinación de plantas en relación con su crecimiento y desarrollo bajo diferentes condiciones ambientales, como temperatura y disponibilidad de agua?

2- ¿Cómo puedo mejorar mi práctica docente, especialmente en la enseñanza de la germinación de las plantas vinculado al crecimiento y desarrollo de estas?

A partir de las preguntas iniciales se delimita la siguiente afirmación:

La profundización de corte teórico y la implementación de actividades experimentales proporcionan elementos para la comprensión y enseñanza del crecimiento y desarrollo durante la germinación en las plantas.

Objetivos

Objetivo General

Profundizar en aspectos de corte teórico y experimental sobre el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* (frijol) durante la germinación, vinculado a condiciones de temperatura y agua, para su enseñanza en un proyecto de aula dirigido a estudiantes de Séptimo Grado de la Educación Escolar Básica del Tercer Ciclo en Paraguay.

Objetivos Específicos

1. Desarrollar un estudio de corte teórico y experimental referente al crecimiento y desarrollo durante la germinación de las plantas y las condiciones ambientales vinculadas a estos.
2. Diseñar e implementar actividades experimentales en torno al crecimiento y desarrollo durante la germinación de *Phaseolus vulgaris* (frijol) vinculando a condiciones como la temperatura y el agua.
3. Diseñar un proyecto de aula dirigido a estudiantes de Séptimo Grado de la Educación Escolar Básica del Tercer Ciclo en torno a los procesos de crecimiento y desarrollo durante la germinación de *Phaseolus vulgaris* (frijol), teniendo en cuenta la temperatura y el agua.

Justificación

Este trabajo de grado, titulado "Germinación en plantas: una profundización teórica y experimental sobre el crecimiento y el desarrollo vinculado a condiciones diversas de temperatura y agua en *Phaseolus vulgaris* (frijol)", refleja mi interés como docente en el área de Ciencias de la Naturaleza en instituciones educativas del Paraguay. He observado dificultades en la enseñanza de la germinación y su relación con el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que evidencia una brecha entre los conocimientos teóricos impartidos y la comprensión que logran alcanzar mis estudiantes de séptimo grado. Esta situación se debe, en gran medida a la escasa implementación de actividades experimentales y a un enfoque tradicional que prioriza la transmisión verbal del conocimiento. Por ello, este trabajo busca integrar la profundización de corte teórica y experimental que permita a los estudiantes explorar estos procesos de manera significativa, mejorando así su comprensión sobre la germinación y los factores ambientales que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los seminarios del programa de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales han sido fundamentales para enriquecer mi comprensión sobre la enseñanza de la germinación. Estos espacios me han permitido problematizar las prácticas tradicionales, cuestionando enfoques convencionales y explorando nuevas estrategias para abordar el fenómeno en estudio. A través del análisis de los procesos biológicos subyacentes a la germinación, así como de los retos que enfrentamos como docentes en el aula, he podido identificar oportunidades valiosas para mejorar la enseñanza de las ciencias naturales. Cada seminario ha aportado elementos significativos que profundizan en la comprensión de fenómenos como el crecimiento y desarrollo de las plantas, destacando la importancia de integrar actividades experimentales que fomenten un aprendizaje activo y significativo.

El seminario **La comprensión de lo vivo** brindó una nueva perspectiva sobre los procesos biológicos, combinando teoría y práctica. Con lo cual amplió significativamente los conocimientos sobre los organismos, sus estructuras y funciones, transformando así las concepciones iniciales. Desde una perspectiva biológica, la estructura y la disposición de los componentes de un organismo son fundamentales para comprender su funcionamiento. El seminario propuso aplicar este principio al estudio de la germinación, revelando la complejidad de este proceso y su relevancia con el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los seminarios sobre **Ciencia como actividad cultural y el Aula como sistema de relaciones** han proporcionado herramientas para analizar de manera crítica mi práctica docente en el área de ciencias naturales. A través de estas reflexiones, he identificado tanto las fortalezas como las

limitaciones de las estrategias de enseñanza, lo que ha permitido replantear mis acciones en el aula.

Mientras que los seminarios **Fenomenología de la transformación de las sustancias y la Experimentación en la enseñanza de las ciencias** han destacado la importancia de la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales. Al ofrecer experiencias prácticas, los docentes promovemos que los estudiantes construyan conocimientos significativos, lo que les permite una comprensión más profunda de los fenómenos.

La actividad académica del programa de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales se basa en un enfoque que reconoce la dimensión cultural de la actividad científica como esencial en los procesos educativos. Este enfoque busca asegurar la interrelación entre la cultura científica y la cultura local, promoviendo así una recontextualización de los saberes científicos en el ámbito escolar, en este sentido, los seminarios del programa han sido valiosos para enriquecer mi comprensión sobre la enseñanza de procesos biológicos, como la germinación y su relación con el crecimiento y desarrollo de las plantas.

A su vez el presente trabajo de grado se plantea ante la necesidad de mejorar la calidad de la enseñanza del docente de las ciencias naturales en el Tercer Ciclo de la Educación Escolar Básica en Paraguay. Al abordar la germinación de las plantas a procesos vinculados como el crecimiento y el desarrollo, se busca fortalecer los aprendizajes establecidos en el Currículo Nacional del Paraguay, promoviendo una comprensión profunda de los fenómenos naturales y el desarrollo de competencias. A su vez, brindar oportunidades para el desarrollo de habilidades como la observación, la experimentación, el análisis de datos, la comunicación científica y establecer conexiones entre los conceptos teóricos.

La propuesta de trabajo de grado posee relación directa con los objetivos del Tercer Ciclo de la Educación Escolar Básica en Paraguay, que buscan fomentar en los estudiantes una comprensión profunda de los fenómenos naturales y el desarrollo de habilidades científicas. (MEC, Programa de Estudio: Ciencias de la Naturaleza y de la Salud - 7º Grado Educación Escolar Básica, 2014) En particular, los contenidos relacionados con la botánica y los procesos vitales de las plantas se encuentran explícitamente contemplados en el Currículo Nacional del sistema educativo del Paraguay. Al incorporar actividades experimentales centradas en la germinación, el crecimiento y el desarrollo de las plantas, se contribuye así a fortalecer estos aprendizajes y a desarrollar competencias que constituyen la observación, la formulación de hipótesis, además a la interpretación de resultados obtenidos.

Antecedentes

La germinación, el crecimiento y desarrollo de las plantas son temas esenciales en la enseñanza de las ciencias naturales en la Educación Escolar Básica, ya que ofrecen la oportunidad de comprender procesos biológicos fundamentales y su relación con el ambiente. La enseñanza experimental de estos procesos brinda un aprendizaje profundo al vincular conceptos teóricos con prácticas experimentales.

Este trabajo de grado se enfoca en estudiar el proceso de germinación de *Phaseolus vulgaris* (frijol), así como su crecimiento y desarrollo bajo diversas condiciones de temperatura y agua, para luego explorar cómo estos conocimientos pueden integrarse en el aula a través de un proyecto de aula que conlleve actividades experimentales. Para los efectos, se han revisado estudios previos que abordan los conceptos de germinación, crecimiento y modelos didácticos, cada uno con aportes relevantes en la enseñanza de la biología y las ciencias naturales en la Educación Escolar Básica.

A continuación, se presentan antecedentes que proporcionan un contexto relevante para este trabajo, destacando estudios en la enseñanza de la germinación y su relación con el crecimiento de las plantas

El primer antecedente es el trabajo de grado titulado "Estudio de los procesos y condiciones en la germinación de la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y su aporte para la enseñanza de la biología en educación básica" (Martínez Morales, 2022), este trabajo ofrece una revisión de la literatura científica sobre la germinación, los procesos de cambio en la semilla y su relación con el crecimiento y desarrollo de las plantas. Proporciona una base para comprender los conceptos fundamentales y las teorías científicas relacionadas con la germinación, contribuyendo así a mejorar la enseñanza de la biología en la educación básica.

El segundo antecedente es el estudio realizado por Martínez Rodríguez (2023), titulado "*El estudio de la fotosíntesis como problema de conocimiento y su aporte a la comprensión del crecimiento en plantas en la educación básica primaria*". Este trabajo es fundamental porque aborda las interrelaciones entre la fotosíntesis y el crecimiento, mostrando cómo este proceso no solo nutre a las plantas, sino que está vinculado a la formación de estructuras y al aumento de masa, aportando a una enseñanza más profunda en la Educación Básica, presenta varios aspectos para la enseñanza de la biología en la Educación Básica. Presenta la integración de la fotosíntesis con el proceso de crecimiento en las plantas, un aspecto que como menciona la autora, suele abordarse de forma aislada en las prácticas educativas tradicionales. Esto permite

a los estudiantes comprender cómo la energía solar, captada a través de la fotosíntesis, se transforma en energía química necesaria para el crecimiento celular, la diferenciación de tejidos y la producción de biomasa. Además, el trabajo enfatiza la importancia del contexto pedagógico, proponiendo que el aprendizaje de la fotosíntesis y su relación con el crecimiento sean abordados mediante actividades experimentales.

CAPITULO II – Proceder Metodológico

El proceder metodológico de este trabajo de grado se encuentra enmarcado bajo los lineamientos de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Nacional Pedagógica, para la profundización de corte teórico y experimental, orientada a la enseñanza de la germinación, el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* (frijol).

En primer lugar, se realiza una reflexión profunda sobre las prácticas comunes en el aula, específicamente en torno a la enseñanza de la germinación de plantas vinculado a los procesos de crecimiento y desarrollo, las problemáticas asociadas, tal como se indicó en el capítulo del contexto problemático.

En segundo lugar, el trabajo incluye un ejercicio de profundización que ha permitido una documentación en dos vertientes. La primera se enfoca en los aspectos de corte teórico, desde Jacob (1999), sobre tiempo, organización de lo vivo, la continuidad y discontinuidad; Bidwell (1993), Baker y Allen (1970) , Azcon-Bieto y Talón (2013), brindan aportes relacionados a la germinación, el crecimiento, desarrollo en plantas, y sobre las condiciones de agua y temperatura.

La segunda vertiente aborda el enfoque experimental, que ha sido importante para configurar la germinación de plantas como un fenómeno de estudio que contribuye a una comprensión más profunda del crecimiento y desarrollo de la planta. Este enfoque permite no solo superar las explicaciones superficiales que a menudo se presentan, sino también brindar un marco fundamentado para la enseñanza de este fenómeno en el aula, a su vez organizar la estructura del trabajo de grado orientado por el objetivo general: Profundizar en aspectos de corte teórico y experimental sobre el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* (frijol) durante la germinación, vinculado a condiciones de temperatura y agua, para su enseñanza en un proyecto de aula dirigido a estudiantes de Séptimo Grado de la Educación Escolar Básica del Tercer Ciclo en Paraguay.

Y, en tercer lugar, el trabajo desarrolla un diseño de intervención pedagógica y didáctica que se concreta en un proyecto de aula, que se generó con base en las reflexiones y diálogos establecidos con los autores como Jacob (1999), Bidwell (1993) , Baker y Allen (Baker & Allen, 1970), Azcón-Bieto y Talón (2013) para plantear actividades que promueven la autonomía y el trabajo en equipo, además que permitan a los estudiantes formular hipótesis y analizar resultados, utilizando recursos didácticos variados que complementen las actividades experimentales que han surgido luego del diálogo con los autores mencionados en el aspecto

teórico y experimental, como el diseño de germinadores en distintas condiciones de agua y temperatura. Esto incluye materiales visuales, termómetro, balanza, que faciliten realización de las propuestas que contiene las cartillas para la comprensión de conceptos abordados como la germinación, crecimiento y desarrollo.

La propuesta de aula se consolida a partir de los elementos teóricos y experimentales profundizados, se otorga especial importancia a los procesos de observación, toma de datos, comparaciones y establecimiento de explicaciones en torno a los momentos o etapas de la germinación. Así se desarrollan talleres, lecturas guiadas, actividades experimentales que buscan enriquecer la enseñanza.

Por último, el conocimiento se considera un proceso en construcción colectiva que se encuentra vinculado a la enseñanza de las ciencias. En ese sentido, el trabajo reconoce los problemas del conocimiento y las imágenes de la ciencia que construyen los estudiantes, replanteándolas mediante estrategias pedagógicas para promover una comprensión de los fenómenos naturales en el aula.

Para desarrollar este aspecto se discuten diversos conceptos del autor François Jacob relacionados a la continuidad, discontinuidad, y la organización de lo vivo en el tiempo, tal como lo menciona en su obra "La lógica de lo viviente" (Jacob, 1999).

Este marco teórico guía así la comprensión de los procesos biológicos de la germinación y sus conexiones con el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Así mismo, el trabajo profundiza además en el estudio de la germinación de *Phaseolus vulgaris* (frijol) y en los procesos de crecimiento y desarrollo en diversas condiciones de agua y temperatura. Se mencionan aspectos relacionados con la diferenciación celular y formación de órganos (raíces, tallos, hojas) que son fundamentales en el desarrollo de las plantas.

CAPITULO III – Profundización Teórica

El estudio del crecimiento y desarrollo en plantas contribuye a la comprensión de los procesos que determinan la germinación. Este capítulo está estructurado en tres secciones, en la primera se desarrollan los elementos de profundización teórica a partir de referentes como Jacob, Bidwell y Baker y Allen a partir de los cuales se retoman elementos fundamentales para ampliar las comprensiones en torno a el crecimiento y desarrollo como procesos vinculados con la germinación de plantas, así desde Jacob se desarrolla una profundización en elementos tales como: tiempo, continuidad, discontinuidad y organización. Con autores como Bidwell (1993), y Baker & Allen (1970) se profundiza en elementos relacionados con la caracterización de la noción de crecimiento y desarrollo, la diferenciación celular, la formación de órganos (raíces, tallos, hojas) y los factores ambientales como la temperatura y el agua, que influyen directamente en la germinación y crecimiento de las plantas, . Y, por último, la tercera sección en donde se presenta la especie de estudio *Phaseolus vulgaris* (frijol), crecimiento y desarrollo vinculado a condiciones ambientales de temperatura y agua.

Profundización teórica a partir de Jacob (1999)

El conocimiento sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas se construye a través de la observación, experimentación y teorización. Por ello, la comprensión de estos procesos requiere una revisión de las fuentes científicas para contextualizar el estudio en cuestión sobre el crecimiento y desarrollo, que permitan identificar elementos conceptuales relacionados. Esta revisión es esencial para construir un marco que guíe el trabajo de grado.

Para comprender el crecimiento y desarrollo de las plantas, se hace necesario vincular algunos elementos de corte teórico que son fundamentales para la construcción de estos procesos que están relacionados con la organización, el cambio, la continuidad, el tiempo y la discontinuidad.

A continuación, se describirán cada uno de estos elementos y su vínculo con los procesos de crecimiento y desarrollo durante la germinación de las plantas:

Organización de los seres vivos

Anteriormente se pensaba que los seres vivos estaban compuestos únicamente de estructuras visibles y que estas estructuras se mantenían y se transmitían de generación en generación, pero según Jacob (Jacob, 1999, pág. 7) “Al sustituir progresivamente a la estructura visible, proporciona un fundamento oculto a los datos inmediatos de la descripción, a la totalidad del ser y de funcionamiento” se hace alusión así a los elementos o estructuras que son fundamentales

que permanecen constantes y están programados genéticamente en los seres vivos. Estas estructuras internas no son visibles a simple vista, pero son esenciales para el funcionamiento y la existencia de los organismos. Cuando estas estructuras ocultas reemplazan gradualmente a las visibles, constituyen la base fundamental para los datos que obtenemos de la observación directa, aunque no las veamos, lo que percibimos exteriormente y describimos se apoya en esta infraestructura genética invisible que regula y mantiene el ser y el funcionamiento de los organismos. Además, es constante.

Según (Jacob, 1999, pág. 11) "Detrás de las formas visibles se perfila una arquitectura secreta impuesta por la necesidad de vivir. Esta estructura de segundo orden es la organización que reúne en una misma coherencia lo visible y lo oculto". Mientras que la "estructura externa" hace referencia a las características que son visibles y observables de los seres vivos las cuales cambian con el tiempo debido a varios factores como lo son la diferenciación el cual tiene que ver con que a medida que el organismo vaya creciendo y desarrollándose sus estructuras internas que constituyen las células, a su vez los tejidos se especializan en diferentes funciones específicas, además las interacciones con el ambiente influyen en el cambio de la estructura externa ya que los organismos están en interacción constante con su entorno causando así modificaciones en su apariencia y comportamiento, y por último las condiciones internas de lo vivo.

De todo ello se puede mencionar cuanto sigue, que la estructura externa no es fija, estática porque cambia y se adapta continuamente. (Jacob, 1999, pág. 7) (Jacob, 1999, pág. 11) La organización de los seres vivos establece que detrás de las estructuras visibles de los organismos existe una "arquitectura secreta" que regula y sostiene su funcionamiento, incluso cuando no es observable a simple vista (Jacob, 1999). Esta organización interna, compuesta por elementos fundamentales que se encuentran programados genéticamente, es constante y esencial para el desarrollo de los seres vivos. Relacionando esto con el proceso de germinación de una semilla, podemos entender que la semilla contiene una organización interna que, aunque oculta en su estado latente, permite el crecimiento y desarrollo de la futura planta. Durante la germinación, esta organización interna se activa cuando la semilla absorbe agua y si las condiciones son adecuadas.

El crecimiento de la semilla se relaciona con la capacidad de esta organización interna para coordinar las divisiones celulares y la expansión de los tejidos. La estructura externa de la semilla, inicialmente rígida, cambia progresivamente conforme emerge la radícula y se desarrolla la plántula, resultado de la diferenciación de las células y la especialización de los tejidos en

funciones específicas, como la formación de las raíces, tallos y hojas. La diferenciación celular es importante en este proceso porque es lo que permite a los tejidos especializados surgir a partir de las células embrionarias de la semilla, cumpliendo funciones específicas dentro del crecimiento de la planta. A medida que el embrión crece esta diferenciación se manifiesta en la formación de estructuras visibles y en la capacidad de la planta para interactuar con el ambiente, adaptándose y modificándose. Por lo tanto, la organización interna de la semilla regula tanto el crecimiento como la diferenciación, que juntos permiten que el organismo visible (la planta) surja de su estado latente.

La continuidad de la vida vegetal

El concepto de continuidad en el desarrollo de las estructuras naturales, según Jacob, (1999), se refiere a aquellos elementos constantes que permanecen en los seres vivos a lo largo del tiempo a pesar de los cambios y evoluciones que puedan ocurrir. En el contexto de la germinación de una semilla, esta continuidad está representada por los procesos y las estructuras internas que se encuentran programadas genéticamente, las que se activan, y sostienen el crecimiento de la planta desde el estado latente de la semilla hasta su desarrollo completo. A pesar de las transformaciones que son visibles experimentadas por la semilla durante la germinación, como el crecimiento de la radícula y la aparición de las primeras hojas, su arquitectura interna permanece constante, regulando y controlando el proceso. Esta continuidad es para asegurar que independientemente de las condiciones externas, las funciones básicas de crecimiento y desarrollo se mantengan organizadas y efectivas.

El crecimiento y desarrollo de la planta no son procesos caóticos; ya que están guiados por esta continuidad interna que, aunque no visible, organiza los eventos celulares y metabólicos permitiendo la diferenciación de las estructuras visibles de la planta.

La discontinuidad en la naturaleza

La discontinuidad en el desarrollo de las estructuras naturales se refiere a las variaciones y cambios que las estructuras de los seres vivos experimentan a lo largo del tiempo (Jacob, 1999). Estas variaciones pueden ser influidas por las condiciones del ambiente y, en algunos casos, pueden ser heredadas, lo que lleva a cambios significativos en la forma y función de los organismos. Estos cambios no siempre siguen una progresión continua y lineal, sino que pueden ocurrir en saltos o etapas diferenciadas. Al relacionar la discontinuidad con el desarrollo el cual no es un proceso uniforme, aunque el desarrollo se entiende como un cambio ordenado hacia un estado más avanzado, organizado o complejo, este proceso puede incluir momentos de rápida

transformación, reorganización y adaptación. Estos momentos de discontinuidad reflejan la capacidad de los organismos para adaptarse a nuevas condiciones ambientales, aprovechar nuevas oportunidades o superar desafíos. Las estructuras y funciones de los organismos no son fijas, sino que pueden adaptarse o modificarse en respuesta a las condiciones cambiantes del ambiente lo cual es crucial para la supervivencia y el éxito reproductivo de las plantas, permitiéndoles evolucionar y diversificarse a lo largo del tiempo.

Evolución y tiempo

Según Jacob (1999), el concepto de tiempo en el contexto de los seres vivos tiene dos dimensiones importantes que se deben considerar: el "tiempo profundo" el cual hace relación a la escala temporal vasta y extensa en la que ocurren las transformaciones evolutivas abarcando eras geológicas mostrando así que las especies cambian de manera lenta pero continua a lo largo de generaciones y el "tiempo propio de la especie" se refiere a la forma específica y característica de los cambios y las transformaciones que ocurren dentro de una especie a lo largo de su ciclo de vida, el cual es más inmediato y se manifiesta en los procesos biológicos que ocurren desde el nacimiento hasta la muerte de un organismo. En este orden de ideas, el crecimiento y el desarrollo de los seres vivos no se limitan a la vida individual de un organismo, sino que se extienden a la evolución de las especies en el tiempo, cabe destacar que las especies cambian de manera lenta pero continua, adaptándose a su entorno y desarrollando nuevas características a través de generaciones. Este tipo de tiempo nos ayuda a entender que el crecimiento y el desarrollo no son procesos estáticos, sino dinámicos y sujetos a cambios constantes en respuesta a los procesos evolutivos.

El tiempo como elemento relevante en los procesos de crecimiento y desarrollo de los organismos

A lo largo del tiempo, los seres vivos experimentan una serie de cambios que los llevan desde etapas simples hasta formas más complejas y desarrolladas. En las plantas, estos procesos de crecimiento y desarrollo ocurren de manera gradual, permitiendo así la identificación de patrones, ritmos de crecimiento y momentos críticos en su ciclo vital. Sin la dimensión temporal, no podríamos entender cómo las plantas crecen, se desarrollan y evolucionan (Jacob, 1999).

Por lo tanto, el tiempo es un elemento importante a considerar en los procesos de crecimiento y desarrollo de los organismos, especialmente en las plantas porque a lo largo del mismo pasan por una serie de cambios, que las llevan desde etapas simples como la semilla, hasta convertirse en organismos complejos. Durante la germinación, la semilla inicia su ciclo vital mediante la activación de su metabolismo, un proceso que solo se desencadena cuando las condiciones

externas, como la temperatura y el agua, son adecuadas; el tiempo regula estos procesos, determinando cuándo se inician, cuánto duran y cómo evolucionan (Bidwell, 1993).

Es importante también determinar que la germinación ocurre de manera gradual, permitiendo la identificación de ritmos de crecimiento, como la absorción de agua, la ruptura de la cubierta seminal, y la aparición de la radícula. A medida que la plántula crece, se van marcando momentos críticos que influyen en su desarrollo, como la expansión de los tejidos y la diferenciación celular. Estos momentos reflejan la importancia del tiempo en la coordinación de las respuestas internas de la planta frente a las condiciones ambientales.

Sin la dimensión temporal, no podríamos comprender cómo las semillas inician su ciclo de vida, ni cómo progresan desde un estado latente hacia un organismo maduro. El tiempo actúa como un marco regulador, asegurando que los procesos de crecimiento y desarrollo se produzcan de forma ordenada, lo que garantiza que la planta pueda adaptarse, crecer y evolucionar. En este sentido, el tiempo es un factor fundamental que interrelaciona el crecimiento continuo y la evolución de las estructuras vivientes, especialmente durante la germinación.

La arquitectura de la vida: Organización interna y externa en las plantas

La organización tanto interna como externa de las plantas es fundamental en su capacidad para responder a estímulos y en su desarrollo general. La organización interna incluye células, tejidos y órganos que coordinan procesos biológicos esenciales como la división, elongación y diferenciación celular. En cambio, la organización externa se refiere a la estructura visible de la planta, que está en constante interacción con el entorno. La macro organización abarca cómo se coordina el funcionamiento global de los organismos, mientras que la micro organización, basada en la teoría celular, revela la unidad básica de los seres vivos lo cual es importante para entender la diversidad biológica (Jacob, 1999).

La organización interna y externa es crucial para el crecimiento y desarrollo de las semillas, ya que determina cómo responden a los estímulos del ambiente y cómo inician su ciclo vital. En el caso de la semilla la organización interna incluye estructuras fundamentales como el embrión, los cotiledones y los tejidos de reserva que almacenan nutrientes esenciales para el crecimiento inicial, lo que permite una vez activada la germinación por la absorción de agua y la temperatura adecuada, que las células comiencen a dividirse, alongarse y diferenciarse para formar las primeras estructuras visibles de la planta. La organización externa, en las primeras etapas de la germinación, se manifiesta a través de la radícula (la raíz embrionaria) y los cotiledones (las primeras hojas). Estas estructuras permiten a la semilla interactuar con su entorno, anclándose

al suelo y absorbiendo nutrientes y agua para posibilitar su desarrollo. A medida que el crecimiento progresa, la semilla coordina sus procesos biológicos internos de manera que las estructuras externas, como el tallo y las raíces, continúan diferenciándose y adaptándose al ambiente (Jacob, 1999).

La macro organización de la semilla refiere al modo en que todos estos procesos están integrados de forma global, mientras que la micro organización, basada en la teoría celular, explica cómo cada célula individual contribuye a la especialización de tejidos y órganos que sostienen el crecimiento. Ambos niveles de organización son esenciales para que la semilla evolucione de un estado latente a una plántula completa, capaz de sostenerse y desarrollarse en el ambiente (Jacob, 1999).

En ese orden de ideas cuya referencia es Jacob (1999), se estructura en torno a cuatro elementos importantes que son el tiempo, la organización, continuidad y discontinuidad, todos vinculados al proceso de germinación de las plantas, su crecimiento y desarrollo. En conjunto estos conceptos ofrecen una visión integral del crecimiento y desarrollo de las plantas. Estos factores no solo explican cómo las plantas crecen y se vuelven más complejas, sino también cómo logran adaptarse y mantener sus características esenciales a lo largo de las generaciones, garantizando así su evolución y permanencia en el tiempo.

El tiempo es un factor esencial en la germinación, porque regula las etapas del desarrollo de la planta que van desde la absorción de agua por la semilla hasta la aparición de las primeras raíces y hojas, marcando la secuencia de eventos biológicos. En el proceso de germinación, no solo guía el desarrollo individual de la plántula, sino que refleja una historia evolutiva donde las plantas han desarrollado mecanismos adaptativos que les permiten germinar bajo condiciones específicas de temperatura y agua (Jacob, 1999).

La organización de la semilla, tanto interna como externa, juega un papel crucial en su desarrollo, internamente, la semilla contiene estructuras especializadas como el embrión, los cotiledones y el endospermo, que almacenan los nutrientes necesarios para el crecimiento inicial. Durante la germinación, esta organización interna permite que los procesos celulares, como la división y la elongación, activen el crecimiento de la radícula y el brote; también se observa en el nivel celular (microorganización), donde cada célula se especializa y contribuye al desarrollo de tejidos y órganos de la planta (Jacob, 1999).

La continuidad en la germinación está ligada tanto al crecimiento constante de la plántula como a los mecanismos hereditarios que la semilla transmite de una generación a otra. Este proceso

asegura que las plantas mantengan un patrón de crecimiento predecible y repetido, donde las funciones biológicas vitales se preservan a lo largo del tiempo. A medida que la planta crece, la continuidad se observa en la repetición de ciclos biológicos fundamentales, como la división celular y la diferenciación de tejidos. Por otro lado, la discontinuidad se manifiesta en los cambios y adaptaciones que la planta experimenta en respuesta a condiciones ambientales adversas. Durante la germinación, estos momentos de discontinuidad pueden ser provocados por variaciones en el agua o la temperatura, lo que obliga a la planta a modificar su ritmo de crecimiento o a activar estrategias para su supervivencia. Esta capacidad de adaptación permite a la planta enfrentar los desafíos de su entorno y asegurar su desarrollo en circunstancias cambiantes (Jacob, 1999).

En conjunto, estos elementos permiten comprender cómo la germinación de las plantas y su crecimiento y desarrollo están integrados en un ciclo natural, donde el tiempo, la organización, la continuidad y la discontinuidad juegan roles interdependientes. El mapa conceptual proporciona una visión integral del proceso, explicando cómo las plantas no solo crecen y se desarrollan, sino que también se adaptan y evolucionan en respuesta a su entorno.

Ante estos conceptos teóricos, surge la pregunta: ¿Cuáles son las dificultades disciplinares que se presentan al enseñar la germinación de plantas en relación con su crecimiento y desarrollo bajo diferentes condiciones ambientales de temperatura y agua? Esta pregunta busca vincular el análisis teórico con el diseño experimental de este trabajo de grado, considerando las condiciones de enseñanza de los procesos naturales.

Profundización teórica a partir de Bidwell (1993), Baker & Allen (1970)

En esta sección, se desarrollan los fundamentos teóricos relacionados con los procesos de germinación, crecimiento y desarrollo de las plantas, particularmente de *Phaseolus vulgaris* (frijol). Se retoman autores referenciales en la fisiología vegetal, como Bidwell (1993) y Baker (1970), quienes describen el crecimiento en términos de aumento en la masa y longitud, y el desarrollo como un proceso de cambio hacia una mayor organización y complejidad. A lo largo del capítulo, se abordan elementos fundamentales, tales como la diferenciación celular, la formación de órganos (raíces, tallos, hojas) y los factores ambientales como la temperatura y el agua, que influyen directamente en la germinación y crecimiento de las plantas. También explora los procesos internos de la semilla y su vinculación con la teoría celular, la fisiología de las plantas, y cómo estas interacciones internas permiten que la planta responda a estímulos ambientales. Al desarrollar estos conceptos, se proporciona una base teórica para comprender

los factores biológicos que afectan el crecimiento y desarrollo durante la germinación de las plantas, y su relevancia para el contexto educativo.

Crecimiento y desarrollo, dos conceptos fundamentales para la comprensión de la historia de vida de las plantas durante la germinación

Para Bidwell, (1993, pág. 5) "la palabra crecimiento involucra conceptos diferentes y debe definirse explícitamente; así en fisiología vegetal se usa como aumento de peso o longitud u otro parámetro mensurable." En ese sentido el proceso de crecimiento, se requiere definirlo de manera clara. En el caso de las plantas, estos cambios son evidentes desde el momento en que la semilla inicia su germinación, comenzando con la absorción de agua, que activa el metabolismo y provoca el aumento de tamaño de la radícula y los cotiledones, que se expanden a medida que la plántula comienza a crecer (Bidwell, 1993).

En fisiología vegetal, el término crecimiento se refiere al incremento en masa, longitud u otro parámetro que se pueda medir o que pueda ser cuantificable (Baker & Allen, 1970). A su vez Bidwell (1993, pág. 410) destaca que "El desarrollo puede definirse como cambio ordenado o progreso, a menudo (aunque no siempre) hacia un estado superior, más ordenado o más complejo". Este concepto no se limita al incremento de tamaño, implica una transformación sistemática en la estructura y función del organismo, que incluye la diferenciación celular y la especialización de tejidos.

El desarrollo puede entenderse entonces como un progreso, una transformación sistemática que generalmente lleva a un estado más avanzado, organizado, complejo que implica cambios graduales o abruptos dentro de eventos como la germinación, floración o senectud (Bidwell, 1993). Además, se debe considerar que el crecimiento y desarrollo están interrelacionados y no pueden analizarse por separado (Baker & Allen, 1970). Por otro lado, existen dificultades para definir y medir el crecimiento debido a la variabilidad en los parámetros utilizados. Como también se hace difícil medir el desarrollo porque tiende a producirse por una serie de eventos más o menos discretos (Bidwell, 1993).

Ante la complejidad para entender el crecimiento y el desarrollo de las plantas, luego de leer a los autores Bidwell (1993), Baker y Allen (1970) se puede enunciar que el crecimiento es el incremento, aumento en la masa, tamaño, longitud, grosor, área y volumen de un organismo, evaluado mediante diversos parámetros que permiten medir y hacer cuantificable este proceso. Mientras que el desarrollo constituye un cambio ordenado, un progreso que lleva a un estado complejo y organizado, transformación sistemática que implica cambios graduales y abruptos en

la estructura y función de un organismo, incluyendo la diferenciación de las células, los tejidos y las funciones.

Durante la germinación, el desarrollo se manifiesta cuando la semilla pasa de ser una estructura latente a una planta activa en crecimiento, con la formación de órganos especializados como raíces, tallos y hojas, los cuales se diferencian para cumplir funciones vitales (Bidwell, 1993). Ambos procesos, el crecimiento y el desarrollo se encuentran así interrelacionados, no pueden analizarse de manera aislada, ya que el crecimiento de las plantas depende de su capacidad para organizar y coordinar cambios internos (Baker & Allen, 1970). Estos procesos son dinámicos, durante la germinación, el crecimiento se observa en el aumento físico de la plántula, mientras que el desarrollo implica el avance hacia una organización más compleja y funcional (Bidwell, 1993).

Tal como mencionan Baker y Allen (1970, pág. 3), “la mayoría de los seres vivos se caracterizan por tener una organización química y estructural específica.” Se señala así que la mayoría de los seres vivos posee una composición química y una estructura interna únicas y definidas, esto implica que, a nivel molecular y celular, los organismos están organizados de una forma precisa. En el caso de la germinación, esta organización comienza a manifestarse a nivel molecular, activando procesos que permiten el crecimiento físico, pero también el desarrollo estructural. Durante la germinación, la organización interna de la semilla coordina cómo las células se diferencian y se especializan en tejidos funcionales, permitiendo a la planta desarrollar las estructuras necesarias para su crecimiento continuo que dependen de condiciones óptimas para que se lleven a cabo correctamente (Bidwell, 1993).

Así, la comprensión de estos conceptos gracias a los autores Bidwell (1993), Baker y Allen (1970) aportan una visión integrada de cómo las plantas, en su historia de vida durante la germinación, mantienen un equilibrio entre crecimiento y desarrollo, en el que ambos procesos avanzan conjuntamente, guiados por una compleja organización interna que responde a condiciones ambientales óptimas.

Ciclo de vida de la planta: La Germinación

Para que se produzcan los procesos de crecimiento y desarrollo, es esencial que ocurra la germinación de la semilla, evento que marca el inicio del ciclo de vida de una planta. Durante la germinación, la semilla absorbe agua, lo cual provoca su hinchazón y la ruptura de su estado de reposo.

Como menciona Bidwell (1993, pág. 75) “El proceso de germinación consiste en la absorción de agua, la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento” con ello se establece entonces que para que una semilla germine, se debe considerar tres etapas, el primer paso esencial es que absorba agua, reactivación metabólica y crecimiento. Dependen de condiciones como el agua que es esencial para la rehidratación de la semilla, permitiendo las reacciones metabólicas, la temperatura constituye la condición externa determinada como el rango óptimo específico para cada especie.

La germinación de la semilla es, por tanto, un proceso biológico crítico en el ciclo de vida de las plantas, que transforma una semilla en una plántula capaz de crecer y desarrollarse de manera autónoma, a su vez involucra etapas esenciales, cada una con sus propias condiciones necesarias. Esta se inicia cuando la semilla absorbe agua, rehidratándose y activando sus procesos metabólicos, lo que provoca la hinchazón de la semilla y la ruptura de su estado de reposo, marcando el inicio del crecimiento lo cual es importante para reactivar el metabolismo de la semilla, permitiendo que las enzimas descompongan las reservas de nutrientes almacenadas. A medida que esto ocurre, la radícula o raíz embrionaria emerge, permitiendo que la plántula se ancle en el suelo y comience a absorber nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo (Bidwell, 1993).

Además del agua, la temperatura juega un papel determinante en la germinación, ya que regula la tasa de las reacciones metabólicas. Si la temperatura es inadecuada, el metabolismo de la semilla puede ralentizarse, afectando el crecimiento. Tanto el agua como la temperatura son condiciones indispensables que, al actuar conjuntamente, permiten un crecimiento sostenido y un desarrollo estructural continuo (Bidwell, 1993).

A continuación, se describen los procesos que se llevan a cabo en la germinación.

Activación metabólica: Una vez que la semilla ha absorbido suficiente agua, su metabolismo se reactiva, las enzimas dentro de la semilla comienzan a descomponer las reservas de nutrientes almacenadas en el endospermo o cotiledones, convirtiéndolas en formas utilizables por el embrión. Esta movilización de nutrientes es crucial para sustentar el crecimiento inicial del embrión (Bidwell, 1993).

Crecimiento del embrión: La primera estructura en emerger es la radícula, que es la raíz embrionaria que ancla la plántula en el suelo y comienza a absorber nutrientes y agua, elementos esenciales para el crecimiento. Posteriormente, el brote embrionario, conocido como plúmula,

emerge y se desarrolla hacia arriba, formando lo que será el tallo y las hojas de la futura planta (Bidwell, 1993).

Formación de la plántula: La plántula, que ahora consiste en la raíz y el brote, continúa su crecimiento y desarrollo. Durante esta etapa, la plántula se establece como una entidad autónoma, capaz de realizar fotosíntesis y continuar su desarrollo hasta convertirse en una planta madura (Bidwell, 1993).

El crecimiento y desarrollo de las plantas durante la germinación dependen de condiciones internas de la semilla, así como la adecuada absorción de agua y condiciones de temperatura óptimas, que aseguran el avance desde una simple semilla hasta una planta compleja, capaz de adaptarse y prosperar en su entorno (Bidwell, 1993).

Estructura Interna de las semillas y su vinculación con el crecimiento y desarrollo

La estructura interna de las semillas constituye un aspecto importante en el proceso de la germinación y en el desarrollo inicial de la planta. Se puede enunciar que las principales estructuras internas de las semillas constituyen el embrión, el endospermo y los cotiledones, que contienen las reservas necesarias para que la semilla comience su crecimiento ya que trabajan en conjunto para activar los procesos que permiten que una semilla se transforme en una plántula. El embrión está rodeado de reservas alimenticias que permiten su desarrollo durante los primeros días de vida (Bidwell, 1993).

Cabe resaltar que, durante la germinación, la activación de los procesos internos da inicio con la imbibición, que es la etapa en la cual la semilla realiza la absorción de agua por parte de los tejidos secos como testa o cubierta seminal, tegmen, embrión, tejidos de reserva como el endospermo o los cotiledones con lo cual se inicia la activación de enzimas hidrolíticas como las amilasas y las proteasas, que descomponen las reservas de almidón, lípidos y proteínas almacenadas en el endospermo o cotiledones con lo cual el embrión acceda a los nutrientes necesarios para su crecimiento inicial (Azcón Bieto & Talón, 2013).

Además, se activan las hormonas vegetales como las giberelinas (GA), que juegan un papel crucial en el proceso de germinación ya que estimulan la producción de enzimas hidrolíticas que movilizan los nutrientes almacenados hacia el embrión en crecimiento, facilitando la elongación celular y el crecimiento radicular (Azcón Bieto & Talón, 2013).

El proceso de activación se desencadena por la absorción de agua, que rehidrata los tejidos de la semilla y aumenta su turgencia, permitiendo la expansión celular para que el embrión comience a dividir sus células y forme las primeras estructuras visibles, como la radícula (raíz embrionaria).

Además, la absorción de agua genera presión interna que rompe la testa (cubierta de la semilla), lo que permite la emergencia de los primeros tejidos visibles como la radícula, el hipocótilo es el tallo embrionario que conecta la radícula con los cotiledones (las primeras hojas de la planta), (Azcón Bieto & Talón, 2013).

Dependiendo de la especie de planta, pueden aparecer otros tejidos visibles durante la germinación, como el epicótilo que es la parte del tallo embrionario que se encuentra por encima de los cotiledones. Además el coleótilo es una vaina protectora que cubre el primer brote de las gramíneas, protegiendo el meristemo apical (la región de crecimiento activo) y las primeras hojas verdaderas (Azcón Bieto & Talón, 2013).

El tiempo necesario para que una semilla germine varía considerablemente entre especies y depende de las condiciones ambientales. En general, el tiempo de activación de las semillas puede ir desde unas pocas horas hasta varios días. Los factores internos, como el estado de las reservas alimenticias y la viabilidad del embrión, determinan en gran medida el ritmo de germinación. Además, algunas semillas requieren un periodo de dormancia antes de poder germinar, el cual es controlado por la presencia de ciertas hormonas, como el ácido abscísico (ABA) (Azcón Bieto & Talón, 2013). Por otro lado, las condiciones ambientales también influyen significativamente en el tiempo de germinación. La temperatura al igual que la disponibilidad de agua son los dos factores importantes. Las semillas necesitan un suministro adecuado de agua para la imbibición, mientras que la temperatura regula la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren durante la germinación (Azcón Bieto & Talón, 2013).

Ilustración 1. Germinación de una semilla de haba



Fuente: Tomado ilustración de Digitaces.

Desarrollo de la estructura externa de la semilla y los factores ambientales que influyen en su germinación

La semilla representa un avance evolutivo en las plantas, constituyendo el órgano de dispersión y perpetuación de las angiospermas. En el proceso de desarrollo de la semilla, se distinguen varias etapas que van desde la embriogénesis hasta la germinación, con un papel determinante tanto de los factores internos como externos. De acuerdo con Azcón Bieto y Talón (2013, pág. 537) el proceso comienza con la fecundación y se desarrolla mediante una embriogénesis cigótica que culmina en la formación de un embrión maduro, listo para germinar cuando las condiciones internas y ambientales son adecuadas.

Las etapas del desarrollo de la semilla

En el desarrollo de una semilla, cada fase es relevante para que un embrión alcance la madurez necesaria y pueda germinar con éxito en el futuro. La etapa inicial, conocida como histodiferenciación, marca el comienzo de la vida con una intensa actividad celular regulada por hormonas que impulsan su crecimiento inicial. Luego, en la fase de expansión, el embrión continúa desarrollándose, esta vez a través de la elongación celular y la acumulación de nutrientes esenciales. Finalmente, en la fase de maduración y desecación, la semilla se prepara para enfrentar el entorno exterior, logrando la resistencia necesaria para esperar las condiciones óptimas de germinación (Azcón Bieto & Talón, 2013).

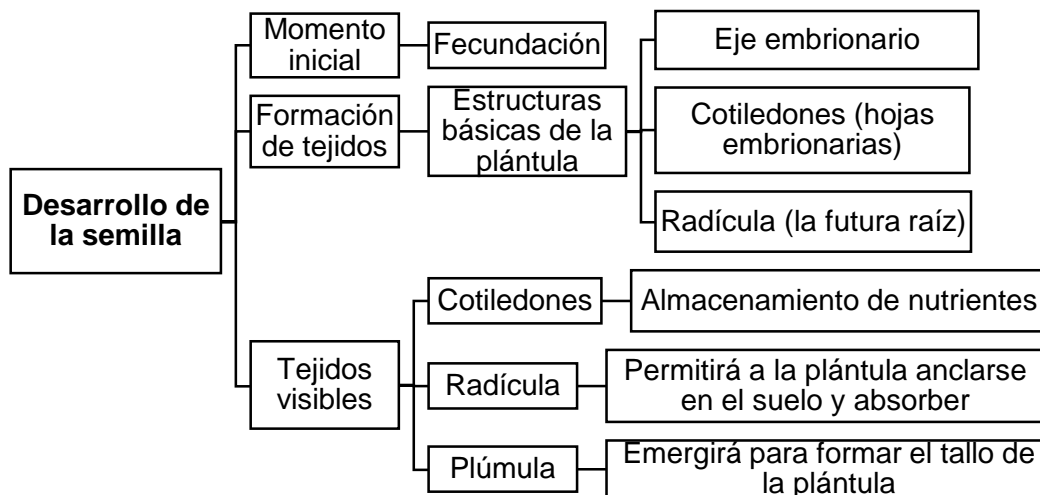
1. **Fase de histodiferenciación o periodo embriogénico temprano o inicial:** Es la etapa inicial, caracterizada por una alta tasa de divisiones nucleares y la formación de paredes celulares. En esta fase, el embrión aumenta significativamente en tamaño, y las fitohormonas, especialmente auxinas y citoquininas, juegan un papel crucial en la regulación de la división celular. Esta etapa prepara el embrión para las siguientes fases de desarrollo (Azcón Bieto & Talón, 2013, pág. 538).
2. **Fase de expansión:** En esta etapa, se detiene la división celular, y el crecimiento se da principalmente por elongación celular. Las auxinas continúan siendo las hormonas dominantes, promoviendo el crecimiento del embrión y del endospermo, mientras que la acumulación de sustancias de reserva como lípidos, proteínas y carbohidratos se vuelve más significativa. Estas reservas se almacenan en los cotiledones o en el endospermo, dependiendo del tipo de semilla (Azcón Bieto & Talón, 2013, pág. 540).

3. **Fase de maduración y desecación:** Durante la maduración, la semilla acumula reservas nutritivas y adquiere tolerancia a la desecación, lo que le permite sobrevivir en condiciones adversas hasta que se den las condiciones adecuadas para la germinación. El ácido abscísico (ABA) juega un papel importante en esta etapa, inhibiendo la germinación prematura y promoviendo la dormición primaria (Azcón Bieto & Talón, 2013, pág. 544).

Descripción del momento inicial hasta los tejidos visibles en el desarrollo de la semilla.

El proceso de desarrollo de una semilla comienza desde la fecundación del óvulo y avanza a través de diversas fases hasta que emergen los tejidos visibles que formarán parte de la nueva planta. (Ver Ilustración 5) Este proceso involucra cambios estructurales y bioquímicos cuidadosamente regulados que se dan durante la embriogénesis y que se manifiestan en la formación de tejidos embrionarios y de reserva.

Gráfico 1. Desarrollo de la semilla



Fuente: Adaptado de Fundamentos de Fisiología Vegetal, de J. Azcón-Bieto y M. Talón, 2013.

1. Momento inicial: la fecundación y las primeras divisiones celulares.

El desarrollo de la semilla se inicia con la fecundación, donde el cigoto es el punto de partida. Este se divide asimétricamente en dos células: una pequeña célula apical y una célula basal alargada. La célula apical se dividirá sucesivamente para dar lugar al embrión, mientras que la célula basal formará el suspensor, una estructura temporal que transporta nutrientes desde los tejidos maternos hacia el embrión en desarrollo (Azcón Bieto & Talón, 2013).

Durante las primeras divisiones, conocidas como fase de histodiferenciación, el embrión experimenta una rápida proliferación celular. Aunque en este punto los tejidos no son todavía visibles externamente, ya se están organizando los patrones que determinarán la polaridad del

embrión y su estructura futura. En esta fase temprana, las fitohormonas, principalmente las auxinas y las citoquininas, juegan un papel crucial, regulando las divisiones celulares y el desarrollo del suspensor, lo que permitirá el suministro de nutrientes al embrión (Azcón Bieto & Talón, 2013).

2. Formación de los primeros tejidos visibles.

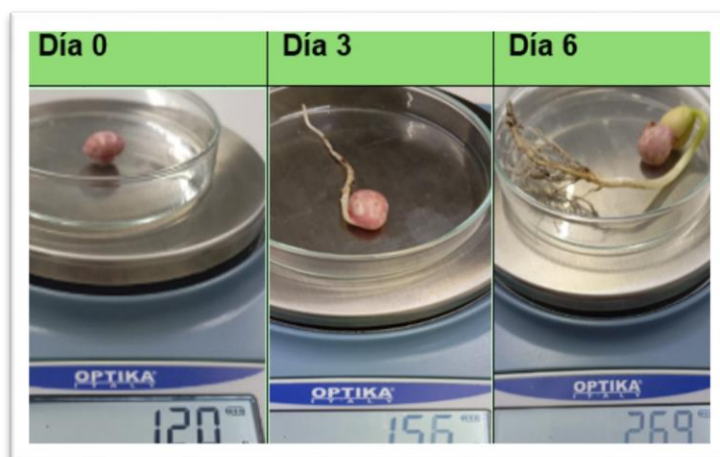
Cuando se establece la polaridad del embrión y el número de células ha aumentado significativamente, aparecen los primeros tejidos reconocibles. En esta etapa, el embrión pasa de ser una masa de células indiferenciadas a formar las estructuras básicas de la plántula: el eje embrionario, los cotiledones (hojas embrionarias), y la radícula (la futura raíz).

Este proceso ocurre en la fase de expansión, donde las células crecen más por elongación que por división, y la acumulación de sustancias de reserva, como lípidos, proteínas y almidón, comienza a tener lugar en los cotiledones y el endospermo (Azcón Bieto & Talón, 2013).

3. Tejidos visibles que se desarrollan.

En la fase inicial de germinación, diversas estructuras y tejidos se activan para dar soporte al desarrollo de la plántula entre ellas se encuentran los cotiledones, que son las primeras hojas del embrión, cumplen la función de almacenamiento de nutrientes, los cuales serán vitales para el crecimiento temprano de la planta. La radícula, que es la estructura inicial de la raíz, permitirá a la plántula anclarse en el suelo y absorber agua, mientras que la plúmula, el brote primario, emergerá para formar el tallo de la plántula (Azcón Bieto & Talón, 2013). (Ver Fotografía 1 y 2).

Fotografía 1. Estados de germinación de una semilla de frijol en unos periodos de tiempo, particulares 0,3 y 6 días.¹



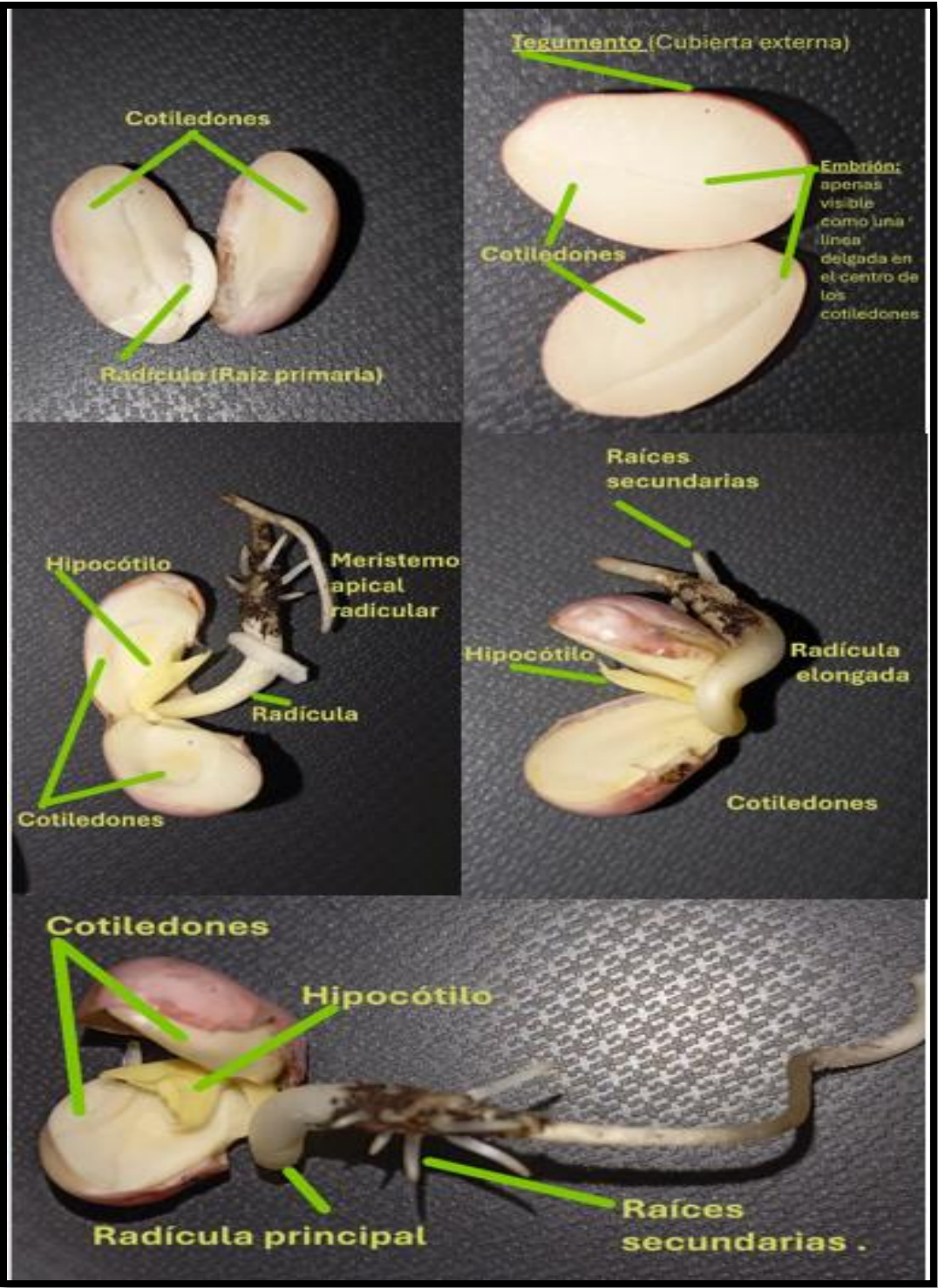
¹ Proceso de germinación de *Phaseolus vulgaris* (frijol) en condiciones de temperatura elevada, observada desde el día 0 hasta el día 6. Día 0: La semilla permanece en estado de latencia. Día 3: La semilla ha absorbido agua y ha comenzado a hincharse. La radícula emerge y comienza a crecer hacia abajo. Día 6: La radícula se ha alargado considerablemente y la plúmula ha emergido, indicando que la germinación ha avanzado significativamente.

Visibilidad externa y condiciones ambientales

La semilla, ahora con sus tejidos formados, comienza su preparación para la germinación, sin embargo, esta no ocurrirá hasta que las condiciones ambientales sean favorables. Factores como la temperatura y la disponibilidad de agua influirán en el momento en que la semilla emerja del estado de latencia para iniciar la germinación. (Ver Fotografía 2) En este momento, aunque los tejidos de la semilla no se ven externamente, los cotiledones y la radícula están completamente formados en la cubierta seminal.

En semillas de leguminosas, por ejemplo, los cotiledones acumulan proteínas y carbohidratos que serán utilizados para sostener el crecimiento de la plántula hasta que esta sea capaz de realizar la fotosíntesis por sí misma (Azcón Bieto & Talón, 2013). El desarrollo de los tejidos visibles en la semilla comienza inmediatamente después de la fecundación, con la división asimétrica del cigoto y la formación del embrión. Durante la fase de histodiferenciación, los tejidos comienzan a organizarse, y en la fase de expansión, estos tejidos se hacen visibles y comienzan a acumular reservas. Las fitohormonas juegan un papel fundamental en cada una de estas fases, y la germinación no ocurrirá hasta que las condiciones ambientales sean las adecuadas (Azcón Bieto & Talón, 2013).

Fotografía 2. Collage de diferentes fotografías que contienen tejidos que se desarrollan durante la germinación del frijol.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Condiciones de agua y temperatura en la germinación de la semilla

La germinación de semillas es un proceso fundamental en el ciclo de vida de las plantas, que depende de diversas condiciones ambientales, entre las cuales el agua y la temperatura juegan un papel crucial. (Ver Tabla 1) La hidratación activa los tejidos esenciales de la semilla, permitiendo la rehidratación de los cotiledones y el desarrollo de la radícula y la plúmula. Por otro lado, la temperatura influye en las reacciones metabólicas y en la actividad celular, determinando la rapidez y eficacia del crecimiento (Azcón Bieto & Talón, 2013).

Tabla 1. Cuadro sobre las condiciones de agua y la temperatura que influyen en la germinación, y los tejidos específicos que activan.

Factor	Tejidos activados	Procesos	Efectos de las condiciones
Hidratación	- Cotiledones: Proporcionan nutrientes almacenados.	- La absorción de agua rehidrata los cotiledones y activa el embrión.	- Sin suficiente agua, los tejidos no se activan, lo que resulta en una germinación incompleta.
	- Radícula: Se expande para formar la raíz primaria.	- La radícula comienza a crecer rápidamente, rompiendo la cubierta de la semilla.	- La deshidratación impide la expansión de la radícula y el crecimiento de la plúmula.
	- Plúmula: Se desarrolla hacia arriba, formando tallo y hojas.	- La plúmula se desarrolla mientras los cotiledones la protegen.	- Suficiente agua: Activa todos los tejidos necesarios para el crecimiento inicial de la plántula.
	- Meristemos apicales: En radícula y plúmula, activación de crecimiento.	- Los meristemos apicales: En radícula y plúmula, iniciación y mantenimiento del crecimiento primario. Producción de nuevas células que permiten el alargamiento de la raíz y del tallo, respectivamente.	- Establecimiento de una plántula saludable capaz de crecer y desarrollarse adecuadamente.
Temperatura	- Cotiledones: Actúan al liberar enzimas para descomponer nutrientes.	-Las temperaturas óptimas: Estimulan la actividad enzimática y el metabolismo celular.	- Temperaturas bajas: Ralentizan el metabolismo y la actividad celular, causando germinación más lenta.
	- Radícula: Aumenta la actividad celular y el crecimiento.	- Temperaturas subóptimas: Hacen que el metabolismo sea ralentizado en cotiledones y embrión.	- Temperaturas altas: Desnaturalización de proteínas y daño celular, comprometiendo la viabilidad de la semilla.
	- Plúmula: Crecimiento incrementado hacia la superficie.	- Temperaturas excesivas: Pueden causar daño a la radícula y plúmula.	- Rango de temperatura óptimo: Facilita la activación de enzimas y la división celular en la radícula y plúmula.
	- Endospermo: En monocotiledóneas, libera nutrientes esenciales.		- Un rango de temperatura adecuado asegura una germinación eficiente y un desarrollo robusto de la plántula.

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se puede observar en la Tabla 1, cómo estas dos condiciones, agua y temperatura interaccionan y afectan los tejidos involucrados en la germinación, destacando su importancia. La germinación no se producirá hasta que las condiciones ambientales coincidan con las necesidades fisiológicas de la semilla. Los factores internos como la acumulación de fitohormonas (ABA, auxinas, giberelinas) y las reservas nutritivas interactúan con las condiciones ambientales. La regulación de estos procesos depende de señales internas que activan o inhiben el crecimiento embrionario (Azcón Bieto & Talón, 2013).

El desarrollo de la semilla es un proceso complejo que involucra una secuencia coordinada de eventos regulados por factores internos como las fitohormonas y externos como la temperatura, agua, los cuales determinan el éxito de la germinación y la capacidad de la semilla para adaptarse a diferentes condiciones ambientales en el establecimiento de plántulas saludables y en el éxito del ciclo de vida vegetal (Azcón Bieto & Talón, 2013).

Germinación de *Phaseolus vulgaris* (frijol): crecimiento y desarrollo vinculado a condiciones ambientales de temperatura y agua

El frijol pertenece a la familia Fabácea, siendo subfamilia Faboideae y del género *Phaseolus*. Es una planta anual de crecimiento rápido con un sistema radicular poco profundo constituido por raíces secundarias con alta ramificación de tallo herbáceo, hojas simples, lanceolada y aguada, presenta flores multicolores de fruto en vaina (Espinoza Bello & Castillo Moreno, 2024).

El embrión del frijol *Phaseolus vulgaris* (frijol) está compuesto por dos cotiledones y el complejo del eje embrionario (CEE), que incluye las primeras hojas y el eje embrionario en sí. En el ápice del eje embrionario, sobre el nudo cotiledonal, se encuentra la plúmula, compuesta por un meristemo apical y hojas primarias. La testa de la semilla representa el 8.9% de la estructura, mientras que el 89.9% corresponde a los cotiledones y el 1.2% al eje embrionario (Barrios Gómez, y otros, 2014).

Explican Barrios Gómez, y otros (2014) que el embrión del *Phaseolus vulgaris* (frijol) está compuesto principalmente por cotiledones que se encuentran acompañados del eje embrionario, el cual presenta una estructura de plúmula en el ápice y un meristemo apical con hojas primarias. Este embrión representa así la mayor parte de la semilla, descartando la testa, la cual constituye menos del 10% de su masa total. Los cotiledones ocupan la mayor parte de la biomasa, mientras que el eje embrionario representa solo una pequeña fracción, estando protegidos por una testa que varía en grosor según la variedad.

Como mencionara Fernández (1986) sobre el desarrollo de la planta del frijol, este posee dos fases que son sucesivas siendo ellas la vegetativa y reproductiva. Sobre la fase vegetativa menciona que se inicia en el instante que la semilla posee disponibles las condiciones que sean favorables para iniciar su germinación y acaba cuando aparecen los primeros botones florales. A su vez, se destaca que el proceso de germinación comienza en el momento que la semilla sembrada absorbe agua y se hincha, por otro lado, cuando se siembra en suelo seco, se considera el primer día como siembra. Solo cuando disponga las condiciones para germinar, en este caso el agua, emerge primeramente la radícula que es la raíz primaria.

Durante la germinación de la semilla de *Phaseolus vulgaris* (frijol), las etapas del proceso comienzan con la absorción de agua, provocando la hinchazón y la preparación para su activación metabólica, cuando las reservas nutricionales de los cotiledones se movilizan para sostener el crecimiento inicial. A continuación, la radícula emerge y crece hacia abajo, estableciendo una conexión vital con el suelo, mientras que los cotiledones se elevan por encima del suelo, aportando los primeros nutrientes a la plántula. Finalmente, la plántula desarrolla el tallo y las primeras hojas, completando la germinación y avanzando hacia un crecimiento y desarrollo continuo (Fernández de C., Gepts, & López, 1986).

Este proceso de germinación es fundamental para el ciclo de vida de las plantas y demuestra cómo las condiciones ambientales, especialmente la disponibilidad de agua y temperatura adecuada, son cruciales para el éxito de la germinación y el establecimiento de una nueva planta (Fernández de C., Gepts, & López, 1986).

Procesos de crecimiento, desarrollo y germinación en plantas

Los esquemas 3 y 4, destacan elementos de la obra de Bidwell (1993), se presenta los procesos de crecimiento, desarrollo y germinación en las plantas. Su estructura visual facilita la comprensión de las relaciones entre los diferentes conceptos involucrados entre los cuales tenemos el de crecimiento, que se refiere al aumento en tamaño y masa de la planta, cuantificado a través de parámetros como peso, longitud y grosor. Es un proceso cuantitativo que se relaciona directamente con la división y expansión celulares mientras que el desarrollo, entendido como un cambio ordenado hacia un estado más complejo. Este proceso implica transformaciones en la estructura y diferenciación de células y tejidos para funciones específicas. El desarrollo no se limita al aumento de tamaño (crecimiento); también involucra la especialización celular para llevar a cabo funciones particulares en el organismo vegetal. La diferenciación por ende implica la especialización de las células para funciones específicas, es decir que a medida que la planta crece, las células se diferencian para formar tejidos como el epidermis, parénquima,

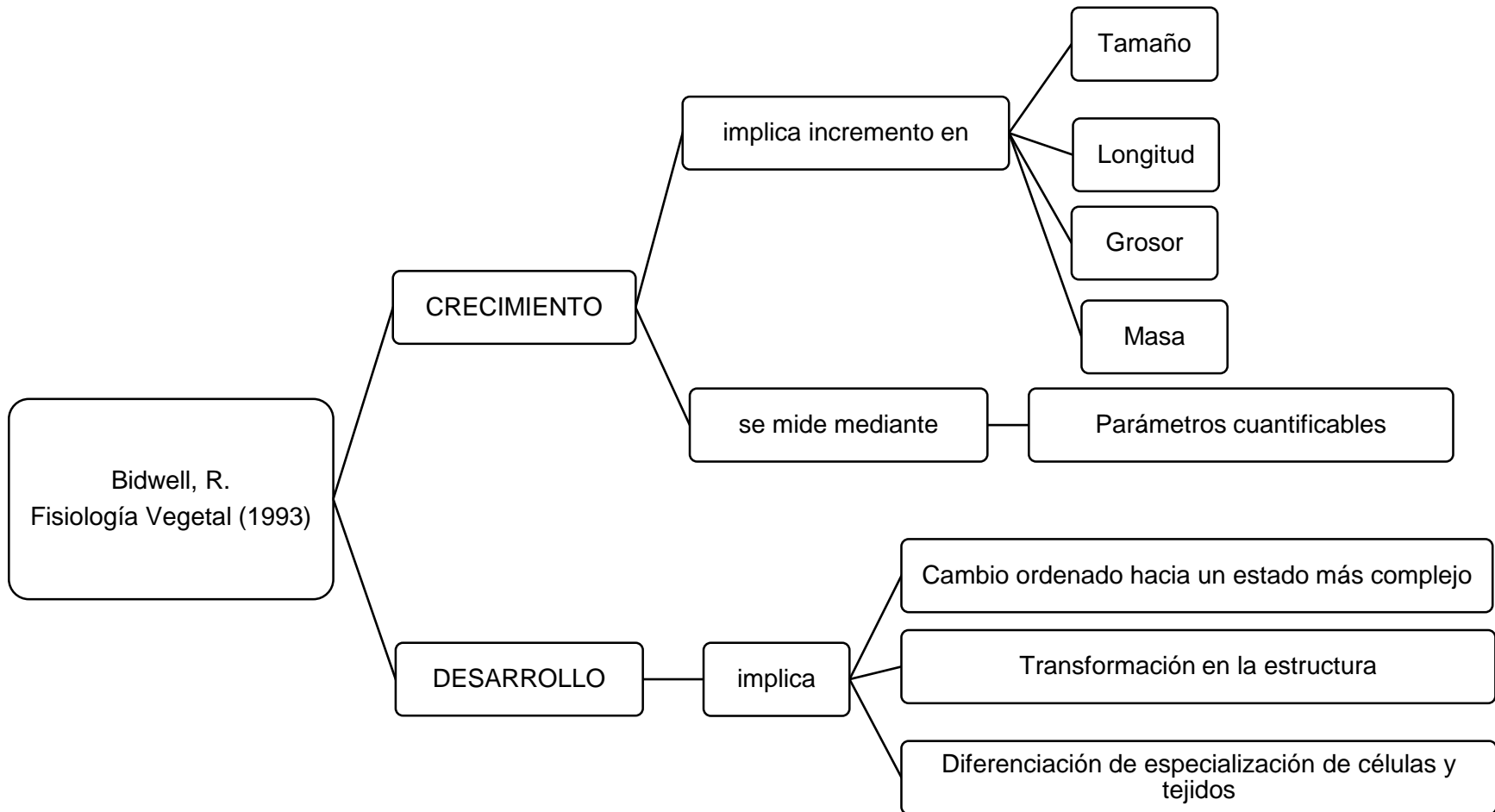
esclerénquima y floema, cada uno con funciones específicas en el organismo. La germinación, por otra parte, es un proceso biológico complejo que involucra varias etapas y requiere condiciones ambientales adecuadas. La primera etapa es la absorción de agua, que es esencial para rehidratar la semilla y activar el metabolismo. Esta reactivación consiste en que la absorción de agua desencadena reacciones bioquímicas que permiten a la semilla utilizar las reservas de nutrientes almacenadas. La energía obtenida de las reservas impulsa el crecimiento de la radícula y el epicótilo, que son las primeras estructuras en emerger de la semilla.

Los factores que influyen en la germinación que se destacan son el agua, el cual es esencial para la rehidratación de la semilla y para activar los procesos metabólicos necesarios y por otra parte la temperatura que afecta la velocidad de las reacciones químicas y enzimáticas durante la germinación; cada especie tiene un rango óptimo de temperatura para germinar (Azcón Bieto & Talón, 2013).

El crecimiento y el desarrollo están estrechamente relacionados. El crecimiento proporciona la materia prima necesaria para el desarrollo, mientras que este último dirige el crecimiento hacia la formación de estructuras y órganos especializados.

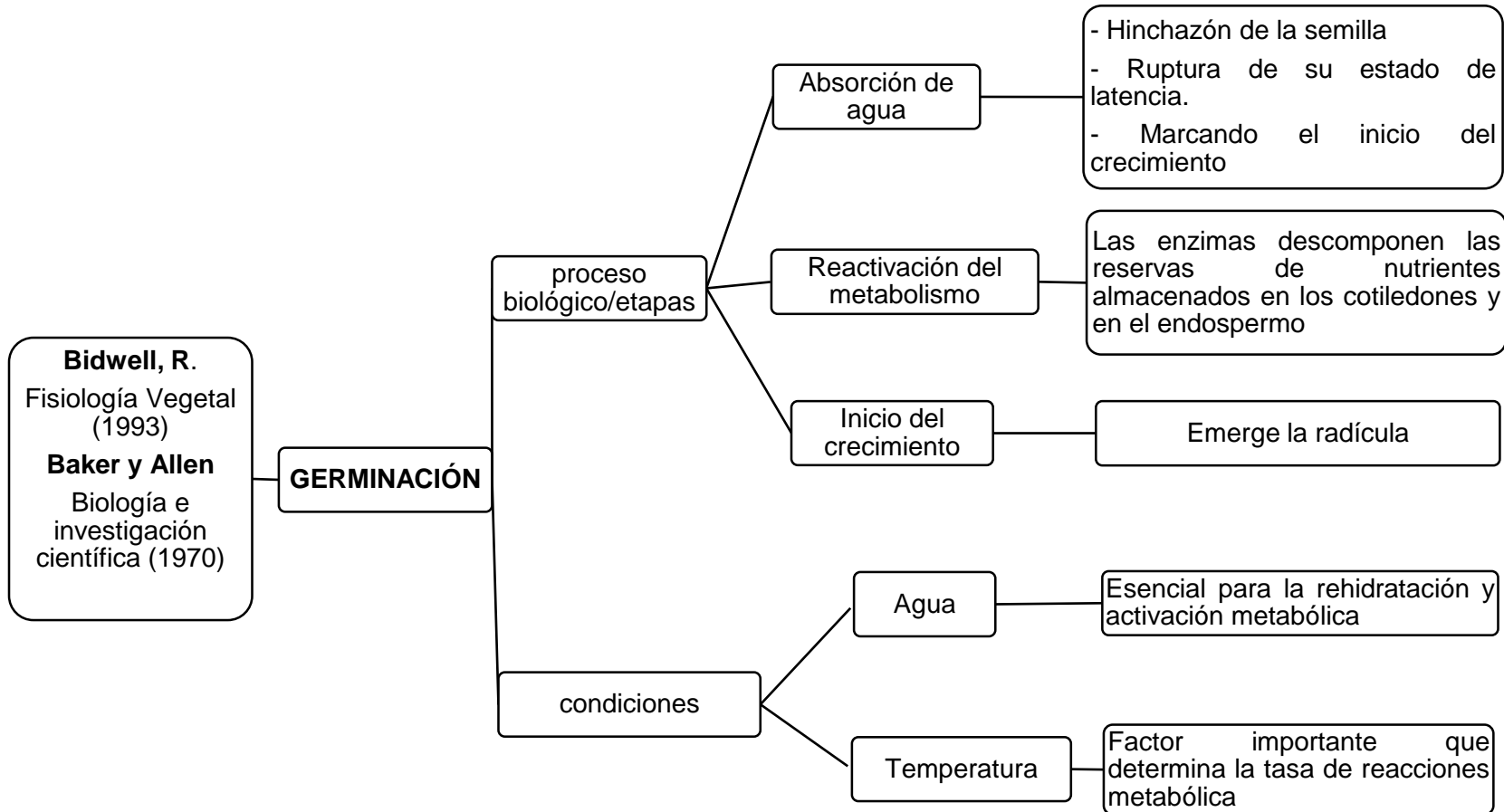
A partir de la revisión teórica sobre la germinación y desarrollo en *Phaseolus vulgaris* (frijol), la pregunta **¿Cómo puedo mejorar mi práctica docente, especialmente en la enseñanza de la germinación de las plantas vinculada al crecimiento y desarrollo?** se plantea como guía para diseñar actividades que vinculen estos conceptos con la práctica educativa en aula.

Gráfico 2. Organización de los procesos de crecimiento, desarrollo



Fuente: Adaptado de Fisiología Vegetal. Bidwell (1993)

Gráfico 3. La germinación, procesos y condiciones



Fuente: Adaptado de Fisiología Vegetal de Bidwell (1993), Biología e investigación científica de Baker y Allen (1970)

CAPITULO IV – Actividades Experimentales

Germinación de semillas de *Phaseolus Vulgaris* (frijol) bajo diversas condiciones de temperatura y agua

En este apartado del trabajo de profundización se destaca la importancia del desarrollo de actividades experimentales en la enseñanza de las ciencias, ya que estas actividades son fundamentales para la construcción de conocimiento y la comprensión de fenómenos científicos. Según los autores Malagón Sánchez, Sandoval Osorio y Ayala Manrique (2013), la actividad experimental no debe ser vista solo como una verificación de relaciones conceptuales, sino que debe contribuir a las búsquedas y posibilidades de comprensión, enriqueciendo la experiencia y organización del conocimiento. Por su parte Ayala et al. (2011) también enfatizan que los esquemas conceptuales, que son el resultado de la organización de la experiencia previa, orientan la actividad experimental. Esto significa que la experimentación no solo amplía la experiencia, sino que también dinamiza la teorización de esa experiencia, permitiendo una mejor comprensión de los fenómenos físicos.

Con este fundamento teórico, el propósito de las actividades experimentales en este capítulo consiste en profundizar en la comprensión del crecimiento y desarrollo de las plantas durante la germinación, a través de un estudio que integra los aspectos de profundización teórica y experimental. La germinación, crecimiento y el desarrollo de las semillas de *Phaseolus vulgaris* (frijol) son estudiados bajo diversas condiciones de temperatura y agua, condiciones ambientales esenciales que impactan directamente en la germinación, el crecimiento y el desarrollo de la planta.

Las primeras actividades experimentales surgen a partir de la reflexión teórica con los autores Bidwell (1993), Jacob (1999), Baker y Allen (1970) quienes proporcionan una base para la comprensión de los procesos de germinación, crecimiento y desarrollo de las plantas. En este contexto, se plantean las siguientes interrogantes: **¿Cómo los estímulos ambientales o externos como la temperatura y el agua intervienen en el crecimiento y desarrollo de las plantas en la fase de germinación? y ¿De qué manera las interacciones con el ambiente (agua y temperatura) y las condiciones internas afectan la estructura externa y visible de los organismos vivos como las plantas en su fase de germinación?**

Estas preguntas destacan la importancia de los factores ambientales que influyen en el crecimiento y desarrollo de la planta durante la germinación, constituyéndose así en el punto de

partida para establecer los montajes experimentales diseñados con la finalidad de explorar cómo variables como la temperatura y la disponibilidad de agua impactan directamente en la germinación, crecimiento y desarrollo de las semillas de *Phaseolus vulgaris* (frijol). Estas actividades permiten así observar cómo factores relevantes, tales como la temperatura y la disponibilidad de agua, influyen en la velocidad de germinación, el crecimiento de la radícula y el desarrollo de la plántula, además de una conexión con los elementos teóricos enunciados por Jacob (1999), tiempo, la continuidad, discontinuidad y organización de lo vivo.

El uso de germinadores es esencial en este contexto, ya que permiten controlar de manera precisa las condiciones ambientales que afectan la germinación. Como señala Bidwell (1993) los factores externos como la temperatura y el agua son críticos para la activación metabólica en las semillas, por lo que un germinador ofrece un entorno adecuado para monitorear y ajustar estas variables. En el diseño de estas actividades experimentales, se establecieron tres variantes de germinadores, cada uno con diferentes condiciones de temperatura para observar el impacto sobre el proceso de germinación de las semillas de frijol.

Germinador a temperatura ambiente: Este germinador se ubicó en el balcón, donde la temperatura variaba entre 8°C en las horas de la mañana y la noche, y alcanzó un promedio de 20°C durante el día. Estas condiciones simulan un entorno natural en el que las semillas están expuestas a variaciones moderadas en la temperatura diaria, siendo 8°C la temperatura mínima y 20°C la temperatura máxima durante el día.

Germinador a temperatura controlada elevada: Se utilizó una lámpara de luz blanca de 20 voltios, la cual contribuyó a mantener una temperatura constante en el germinador. Durante la noche la temperatura se estabilizó en 25°C, mientras que durante el día alcanzó los 32°C. Estas variaciones se lograron gracias a la combinación de la potencia de la lámpara y la influencia de la temperatura ambiente de la habitación permitiendo recrear un entorno cálido y estable, para estimular la activación de los procesos metabólicos de la semilla.

Germinador a temperatura controlada baja: Este montaje se ubicó dentro de un refrigerador, donde la temperatura oscilaba entre 8°C a 10°C. Sin embargo debido a que el refrigerador se compartía con otros productos y se abría con frecuencia la temperatura no se mantuvo completamente constante. El objetivo con este montaje consistió en observar el efecto de la temperatura baja en la germinación, considerando que temperaturas bajas tienden a retardar o inhibir este proceso.

Germinador Casero con Sistema de Riego por Goteo

Además de controlar la temperatura, era necesario garantizar un suministro constante y adecuado de agua para las semillas, lo que llevó al diseño de un germinador casero con sistema de riego por goteo.

El modelo de germinador con sistema de riego por goteo (ver Tabla 2 y Gráfico 1) fue diseñado para proporcionar un entorno controlado que favoreciera la germinación de las semillas de ***Phaseolus vulgaris*** (frijol). Este sistema permite regular tanto la cantidad de agua como la temperatura, dos factores importantes en el proceso de germinación, para asegurar un crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas.

El germinador consta de los siguientes componentes

Contenedor de cultivo: El germinador incluye una bandeja con cinco recipientes, cada uno lleno de sustrato de germinación (fibra de coco o tierra especial). Este tipo de sustrato es ideal para retener el agua y permitir la adecuada aireación de las raíces, lo cual es crucial para un desarrollo óptimo de las plántulas.

Sistema de riego por goteo: Se instaló un sistema automático de riego por goteo conectado a un depósito de agua. Este sistema suministra la cantidad de agua necesaria de manera continua, ajustándose para evitar el exceso de riego, lo que podría inhibir el proceso de germinación. Este riego controlado es fundamental para garantizar que las semillas reciban agua adecuada sin sufrir problemas de encharcamiento (Bidwell, 1993).

Control de temperatura: Un termómetro instalado en el germinador monitoreó la temperatura interna en el contenedor, la cual se mantuvo entre los 25°C a 32°C utilizando una lámpara de luz blanca de 20 voltios. Este rango de temperatura es adecuado para activar el metabolismo de las semillas y acelerar su crecimiento considerando que las semillas germinan mejor en ambientes cálidos (Baker & Allen, 1970).

Frecuencia de riego y duración del proceso de germinación: El sistema de riego se ajustó para asegurar que el sustrato permaneciera húmedo sin encharcarse. Las semillas comenzaron a germinar entre los 3 y 7 días, dependiendo de las condiciones de temperatura y agua (ver Tabla 2 para detalles de los ajustes).

Los parámetros de evaluación incluyeron mediciones del crecimiento (masa, longitud, área) y el desarrollo estructural de las plántulas (diferenciación de tejidos y órganos como la radícula, tallo

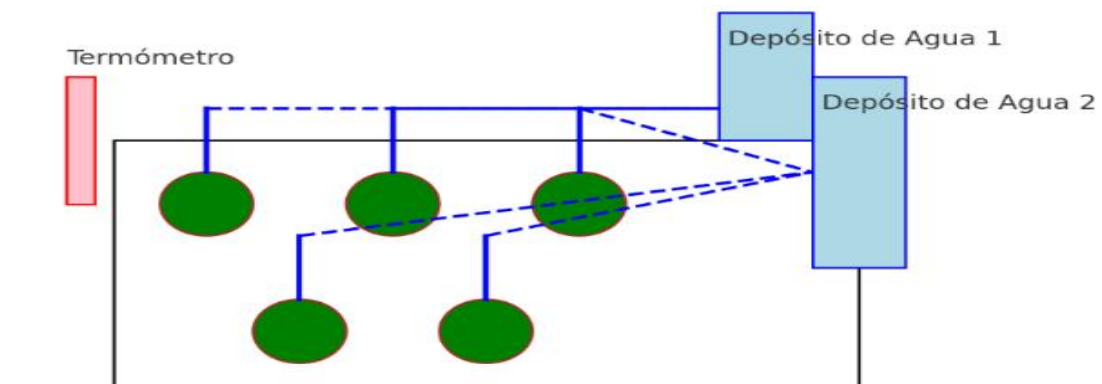
y hojas). Estos parámetros permitieron analizar el impacto de las condiciones ambientales controladas en el crecimiento de las semillas (Bidwell, 1993).

Tabla 2. Modelo de germinador con sistema de riego por goteo

Germinador casero con sistema de riego por goteo	Descripción
Objetivo	Germinar semillas de forma casera, controlando el riego y la temperatura para optimizar el crecimiento y desarrollo de las plantas.
Materiales necesarios	1. Semillas. 2. Contenedor grande (como una bandeja de cultivo con 5 recipientes) 3. Sistema de riego por goteo automático. 4. Tubos de riego. 5. Termómetro. 6. Fuente de temperatura: lámpara 7. Agua. 8. Sustrato de germinación (como fibra de coco o tierra para semillas)
Tipo de semillas a utilizar	Frijoles. <i>Phaseolus vulgaris</i>
Preparación del contenedor	1. Llenar 5 macetas con el sustrato y ubicar en el contenedor. 2. Instalar dos sistemas de riego por goteo casero en el contenedor.
Siembra de las semillas	1. Distribuir las semillas sobre el sustrato. 2. Cubrir ligeramente con una capa delgada de sustrato.
Instalación del sistema de riego	1. Colocar el sistema de riego por goteo con el depósito de agua. 2. Conectar los tubos de riego.
Control de temperatura	1. Colocar el termómetro en el contenedor para monitorizar la temperatura. 2. Mantener la temperatura óptima de 25°C a 32°C con la lámpara de 20 voltios. * Sin lámpara en el refrigerador y en el balcón.
Frecuencia de riego	Ajustar el tubo de riego por goteo.
Duración del proceso de germinación	Entre 3 a 7 días, dependiendo de la diversa condición de temperatura y de agua expuesta de la semilla.
Cosecha de los brotes	Cuando las plántulas hayan alcanzado el tamaño deseado, cortar el sistema de riego.
Almacenamiento de los brotes germinados	Colocar en un recipiente hermético y refrigerar para su posterior corte y observación de los tejidos.

Germinador casero con sistema de riego por goteo	Descripción
Parámetros de evaluación del crecimiento	Medir el aumento de masa, tamaño, longitud, grosor, área, volumen y masa de las semillas.
Parámetros de evaluación del desarrollo	Observar el cambio ordenado y sistemático en la estructura y función de los tejidos de la semilla germinada.

Gráfico 4. Germinador casero con sistema de riego por goteo



Descripción de los elementos del germinador casero con sistema de riego por goteo

- **Contenedor Principal:** Representado por un rectángulo grande.
- **Macetas:** Cinco círculos dentro del contenedor.
- **Sistema de Riego por Goteo:** Líneas azules que representan los tubos de riego.
- **Depósito de Agua:** Un rectángulo en la esquina superior derecha.
 - Depósito de Agua 1: Suministra agua a las dos primeras macetas.
 - Depósito de Agua 2: Suministra agua a las tres últimas macetas.
- **Termómetro:** Un rectángulo pequeño a la izquierda del contenedor.
- **Lámpara:** Proporciona la fuente de temperatura elevada.

Propuesta Experimental N° 1: Germinación de semillas bajo diversas condiciones de temperatura

La primera actividad experimental se centra en observar cómo diferentes rangos de temperatura afectan el proceso de crecimiento y desarrollo durante la germinación. Se establece un diseño en el que las semillas de frijol se someterán a tres condiciones de temperatura: ambiente, elevada

y baja. Esta variación permitirá analizar cómo las semillas responden a cambios térmicos, desde la temperatura baja, que podrían ralentizar el proceso, hasta temperatura elevada, que podrían acelerar el crecimiento inicial. Esta actividad ayudará a determinar el rango óptimo para la germinación efectiva y su relación con los parámetros de crecimiento como el aumento en masa, la longitud de la radícula y el desarrollo estructural de las plántulas (diferenciación de tejidos y órganos como la radícula, tallo y hojas).

Tabla 3. Registro fotográfico de los montajes

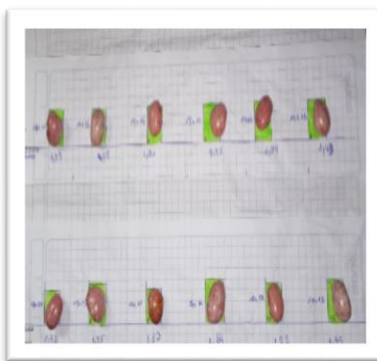
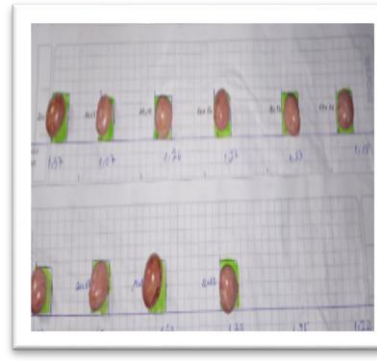
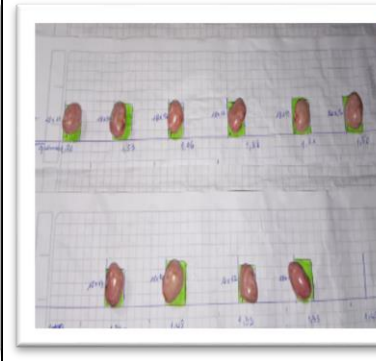



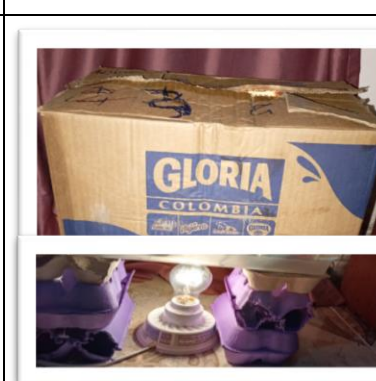
<p style="text-align: center;">Sustrato</p> 	<p style="text-align: center;">Contenedor</p>	<p style="text-align: center;">Montajes utilizados con riego por goteo</p> 
<p style="text-align: center;">Semillas de Frijol</p> 	<p style="text-align: center;">Registro de masa</p> 	<p style="text-align: center;">Condiciones y registro inicial</p> 

Fuente: Elaboración propia.

Los materiales requeridos para la realización del montaje son semillas de frijol son tres germinadores, sustrato, balanza, regla y una cámara fotográfica. En cuanto a la configuración de los germinadores en condiciones diversas de temperatura se establecieron para el germinador 1 (Condición temperatura ambiente) el cual se encuentra en un ambiente natural entre 8°C a

20°C. Para el germinador 2 (Condición temperatura baja) se colocó este germinador en el refrigerador, donde la temperatura oscilaba entre 8°C a 10°C. Y para el germinador 3 (Condición temperatura elevada) se ubicó este germinador en la habitación, y por debajo del germinador una lámpara de luz blanca de 20 voltios ubicados dentro de una caja de cartón sellada para emular un ambiente cálido cuya temperatura oscilaba entre 25°C y 32°C.

Tabla 4. Germinadores en condiciones diversas de temperatura








CONDICIONES DIVERSAS DE TEMPERATURA		
Ambiente_ 8°C a 20°C	Baja_ 8°C a 10 °C	Elevada_ 25 °C a 32°C
		
		
		





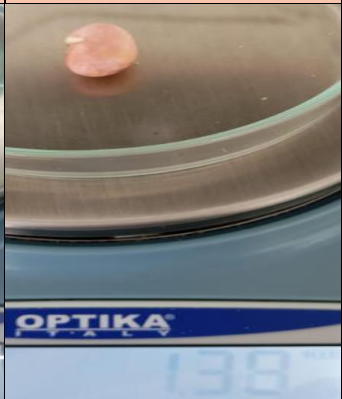





Fuente: Elaboración propia.





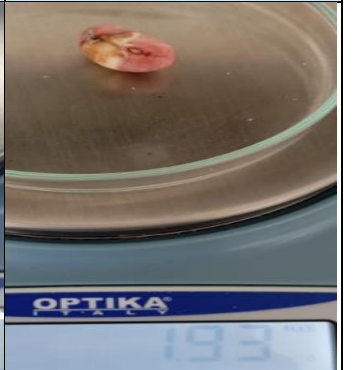


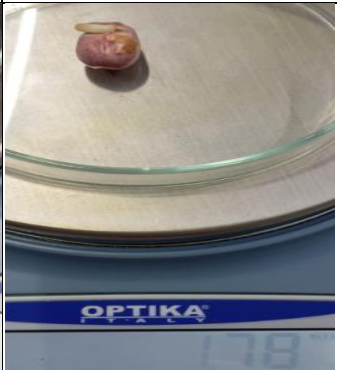


Con la finalidad de realizar un seguimiento de la actividad experimental, se construye una tabla de observaciones la cual incluye diversas condiciones como temperatura elevada, baja y ambiente, masa y tiempo de germinación. Se realizaron observaciones cada tres días. Tabla 5

Tabla 5. Germinación de semillas a temperatura elevada, baja y ambiente. Fuente: Elaboración propia.

Temperatura	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12
Observaciones generales	Las semillas iniciaron en condiciones homogéneas, sin ningún signo de germinación visible y se encontraban con una masa inicial relativamente bajo y sin cambios en su estructura.	Semillas en temperatura elevada muestran un aumento notable en la masa y un inicio claro de la germinación con la aparición de radículas. En contraste, las semillas en condiciones de temperatura baja presentan un aumento de masa mínimo y no muestran signos de germinación. Las semillas en temperatura ambiente también experimentan un aumento de masa y el inicio de la germinación, similar a las de temperatura elevada, aunque con menor desarrollo.	Semillas en temperatura elevada presentan un aumento de masa significativo y radículas bien desarrolladas, indicando un desarrollo óptimo. Por otro lado, las semillas en temperatura baja apenas han incrementado su masa y muestran escasa germinación, con pocas radículas visibles. Las semillas en temperatura ambiente muestran un aumento de masa y más radículas en comparación con las de temperatura baja, aunque no alcanzan el desarrollo de las de temperatura elevada.	Las semillas en temperatura elevada han germinado totalmente. Las semillas en temperatura baja experimentan solo un leve aumento de masa y no muestran crecimiento significativo mientras que las semillas en temperatura ambiente presentan un buen desarrollo, aunque no tan avanzado como las de temperatura elevada, con un desarrollo constante con radículas bien formadas.	Las semillas bajo condiciones de temperatura elevada han alcanzado su máximo desarrollo, con una masa considerable y una red de raíces bien establecidas. En contraste, las semillas en temperatura baja presentan un crecimiento muy limitado, con escaso aumento de masa y desarrollo mientras que las semillas en temperatura ambiente han mostrado un crecimiento con un aumento en el masa, aunque no alcanzan el mismo nivel de desarrollo que las de temperatura elevada.

Temperatura Elevada	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12
Semilla 1	 <p data-bbox="281 657 617 889">La semilla tiene una apariencia uniforme. Masa inicial de 1,20 g.</p>	 <p data-bbox="617 657 970 889">La semilla muestra signos de hinchazón y leve germinación. La masa ha aumentado a 1,56 g.</p>	 <p data-bbox="970 657 1304 889">Se observa un desarrollo notable de la radícula, lo que indica una germinación en progreso. La masa ha aumentado a 2,69 g.</p>	<p data-bbox="1304 293 1997 406">No se registran nuevas observaciones, el proceso de germinación culminó antes de lo esperado debido al rápido crecimiento.</p> 	
Semilla 2	 <p data-bbox="281 1177 617 1421">La semilla se ve intacta, con una masa de 1,33 g.</p>	 <p data-bbox="617 1177 970 1421">Signos de germinación, con hinchazón visible en la cubierta de la semilla. La masa ahora es de 1,73 g.</p>	 <p data-bbox="970 1177 1304 1421">Desarrollo claro de la radícula y del hipocótilo. La masa ha aumentado a 3,23 g.</p>	<p data-bbox="1304 1291 1997 1421">No se registran nuevas observaciones, el proceso de germinación culminó antes de lo esperado debido al rápido crecimiento.</p>	

Temperatura Baja	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12
Semilla 1	 <p data-bbox="281 673 617 867">La semilla está intacta, con una masa de 1,18 g.</p>	 <p data-bbox="617 673 970 867">No se observan cambios significativos en la semilla, solo una leve hinchazón. La masa es de 1,28 g.</p>	 <p data-bbox="970 673 1304 867">La semilla permanece prácticamente sin cambios visibles, con una masa de 1,29 g.</p>	 <p data-bbox="1304 673 1656 867">La semilla permanece sin cambios visibles, con una masa de 1,33 g.</p>	 <p data-bbox="1656 673 1995 867">No se observa germinación, la semilla sigue intacta. La masa registrada es de 1,38 g.</p>
Semilla 2	 <p data-bbox="281 1263 617 1421">La semilla muestra una masa inicial de 1,35 g.</p>	 <p data-bbox="617 1263 970 1421">Se observa una mínima hinchazón, la masa es de 1,41 g.</p>	 <p data-bbox="970 1263 1304 1421">No se observan signos de germinación; la masa de la semilla es de 1,56 g.</p>	 <p data-bbox="1304 1263 1656 1421">La semilla parece estar estable, sin signos visibles de germinación; la masa es de 1,59 g.</p>	 <p data-bbox="1656 1263 1995 1421">La semilla, sin germinación visible; la masa final es de 1,61 g.</p>

Temperatura Ambiente	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12
Semilla 1	 <p>La semilla muestra una masa inicial de 1,32 g.</p>	 <p>Se observa hinchazón, con un leve aumento de masa a 1,53 g.</p>	 <p>La masa ha aumentado a 1,65 g.</p>	 <p>La masa registrada es de 1,76 g.</p>	 <p>La masa registrada es de 1,93 g.</p>
Semilla 2	 <p>La semilla está intacta con una masa inicial de 1,18 g.</p>	 <p>Se observan pocos cambios, con una masa ahora de 1,58 g.</p>	 <p>La hinchazón es más evidente, la masa de la semilla alcanza los 1,78 g.</p>	 <p>El proceso de germinación comienza, con un aumento de masa a 1,90 g.</p>	 <p>La germinación empieza a visualizarse, con una masa de 2,15 g.</p>

Los montajes correspondientes se realizaron el 23 de julio de 2024, previamente se registraron la masa inicial y midieron cada semilla para su registro correspondiente y se estableció el control de medida y registro de la masa cada tercer día las cuales se pueden observar en la Tabla 7.

Tabla 6. Control de semillas. Fuente: Elaboración propia.

DIA 0	DIA 3	DIA 6	DIA 9	DIA 13
Martes 23 de julio de 2024	Viernes 26 de julio de 2024	Lunes 29 de julio de 2024	Jueves 01 de agosto de 2024	Lunes 05 de agosto de 2024
Montajes	Control de masa	Control de masa	Control de masa	Control de masa

A continuación, se evidencia en la Tabla 8 el registro de control que fue utilizado para ubicar los datos correspondientes a la masa de las semillas puestas a diversas condiciones de temperatura.

Tabla 7. Registros de masa de las semillas de frijol ubicadas a diversas condiciones de temperatura

SEMILLAS A TEMPERATURA ELEVADA	Día 0	Día 3	Incremento	Día 6	Incremento	INCREMENTO TOTAL
	MASA inicial /gramos	MASA /gramos		MASA /gramos		
SEMILLA 1	1,2	1,56	0,36	2,69	1,13	1,49
SEMILLA 2	1,33	1,73	0,4	3,23	1,5	1,9

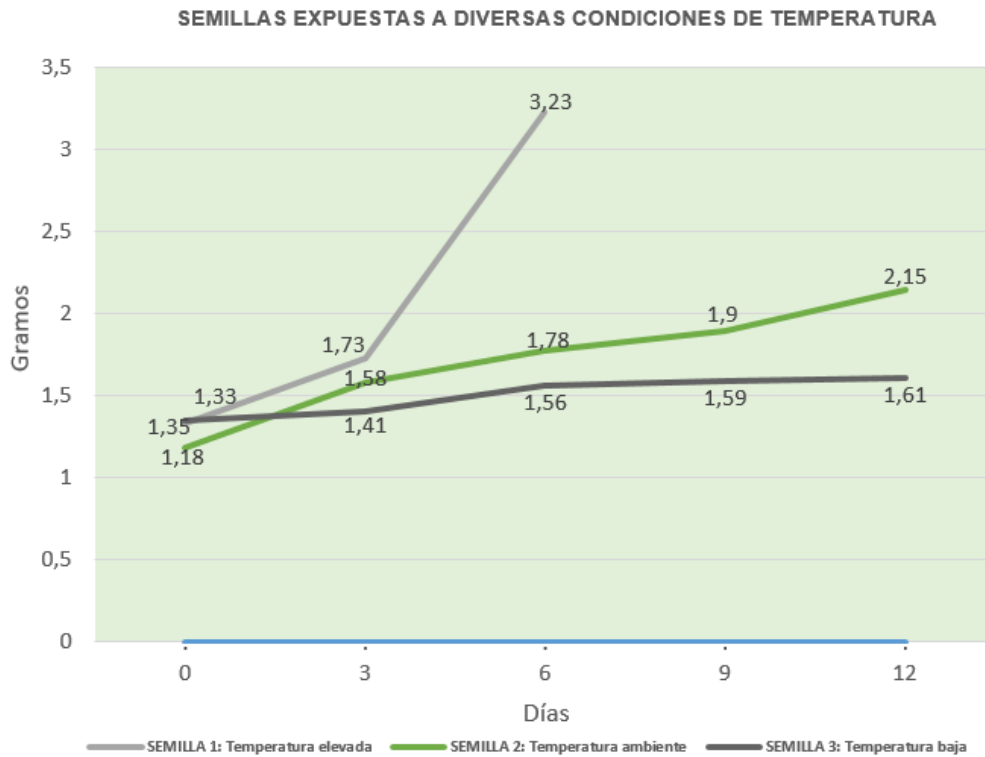
SEMILLAS A TEMPERATURA AMBIENTE	Día 0	Día 3	Incremento	Día 6	Incremento	Día 9	Incremento	Día 12	Incremento	INCREMENTO TOTAL
	MASA inicial /gramos	MASA /gramos		MASA /gramos		MASA /gramos		MASA /gramos		
SEMILLA 1	1,18	1,58	0,4	1,78	0,2	1,9	0,11	2,15	0,25	0,96
SEMILLA 2	1,32	1,53	0,21	1,65	0,12	1,76	0,11	1,93	0,15	0,59

SEMILLAS A TEMPERATURA BAJA	Día 0	Día 3	Incremento	Día 6	Incremento	Día 9	Incremento	Día 12	Incremento	INCREMENTO TOTAL
	MASA inicial /gramos	MASA /gramos		MASA /gramos		MASA /gramos		MASA /gramos		
SEMILLA 1	1,18	1,28	0,1	1,29	0,01	1,33	0,04	1,38	0,05	0,2
SEMILLA 2	1,35	1,41	0,06	1,56	0,15	1,59	0,03	1,61	0,02	0,26

Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de representar en una gráfica se tomó la determinación de utilizar los datos de las semillas que han registrado mayor crecimiento según los registros tomados en los controles.

Gráfico 5. Semillas expuestas a diversas condiciones de temperatura



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación del Gráfico 5: En el gráfico se muestra que el crecimiento de las semillas *Phaseolus vulgaris* (frijol), varía significativamente según la temperatura a la que están expuestas. Las semillas a temperatura elevada (línea gris) experimentan un aumento de masa notable, alcanzando 0,40 g. en los primeros tres días, y al día seis de 1,50 g. llegando a germinación completa con aumento en su masa de 1,90 gramos, totalizando así 3,23 gramos, lo que sugiere que condiciones de temperatura elevada favorecen un crecimiento acelerado. Mientras que las semillas a temperatura ambiente (línea verde) aumentaron en su masa al tercer día 0,40 g. y en el día seis 0,20 g. sin mostrar aún signos de germinación, mientras que las semillas a temperatura baja (línea negra) presentaron un aumento menor de masa al tercer día de 0,06 g. y al día seis con aumento de masa en 0,15 g. Estos resultados sugieren que una temperatura elevada favorece un crecimiento más acelerado en las primeras etapas de la semilla de *Phaseolus vulgaris* (frijol), donde condiciones de temperatura que sean elevadas parecen favorecer una mayor actividad metabólica en las semillas. Tal como menciona Bidwell (1993), crecimiento en el contexto de la germinación, implica el aumento gradual de masa y tamaño.

Análisis de las actividades experimentales vinculadas con el crecimiento y desarrollo de las semillas de Phaseolus vulgaris (frijol) bajo diversas condiciones de temperatura

Crecimiento y desarrollo a temperatura elevada: Las semillas bajo condiciones de temperatura elevada mostraron el mayor progreso en términos de germinación, crecimiento y desarrollo. Se observó un incremento rápido en la masa de las semillas y el desarrollo visible de la radícula desde el Día 3, alcanzando una fase avanzada de germinación para el Día 5. Esto sugiere que la temperatura elevada favorece la actividad metabólica de las semillas, acelerando los procesos de absorción de agua, activación enzimática y división celular, lo que resulta en una germinación más rápida y eficiente. La temperatura elevada puede ser un factor determinante en la velocidad de este proceso.

Crecimiento y desarrollo a temperatura baja: En condiciones de temperatura baja el proceso de germinación de las semillas se ve significativamente afectado, resultando en un crecimiento más lento o incluso inexistente. Según Baker y Allen (1970), la capacidad de las semillas para absorber agua y activar su metabolismo es crucial para iniciar la germinación. A pesar de una leve hinchazón en algunas de las semillas, no se observó desarrollo visible de la radícula ni un aumento significativo en la masa a lo largo de los días de observación. Esto sugiere que las bajas temperaturas pueden inhibir el proceso de germinación al reducir la actividad metabólica de la semilla lo que a su vez impide la absorción de agua y limite los procesos fisiológicos necesarios para su crecimiento y desarrollo. Cada especie tiene un rango específico de temperatura adecuada para la germinación, en ese sentido es probable que las semillas necesiten más tiempo para alcanzar una fase activa de germinación en condiciones de baja temperatura (Baker & Allen, 1970).

Crecimiento y desarrollo a temperatura ambiente: Bajo condiciones de temperatura ambiente, las semillas presentaron un crecimiento moderado, con hinchazón evidente y una germinación gradual, especialmente visible a partir del Día 5. El incremento de la masa fue más lento en comparación con las semillas expuestas a temperaturas elevadas. Esto sugiere que la temperatura ambiente proporciona condiciones estables y adecuadas para la germinación, aunque no óptimas como las temperaturas más elevadas. Las temperaturas más altas aceleran el proceso de germinación, mientras que las bajas lo retrasan o inhiben. Las condiciones ambientales proporcionan un entorno moderado para el crecimiento, pero no promueven un desarrollo tan rápido como las temperaturas elevadas.

Propuesta Experimental N° 2: Germinación de semillas bajo diversas condiciones de agua

La segunda actividad experimental explora el impacto de la disponibilidad de agua en la germinación. Para ello, las semillas se someten a tres niveles de riego: sin riego, riego escaso y riego elevado. Esta propuesta experimental permitirá evaluar cómo las cantidades de agua influyen en la capacidad de la semilla para germinar y crecer. Se espera observar cómo la hidratación de la semilla activa los procesos metabólicos que impulsan el crecimiento inicial y cómo la falta o el exceso de agua pueden afectar este proceso. Seguidamente se procede a registrar fotográficamente el montaje utilizado. Ver Tabla 9

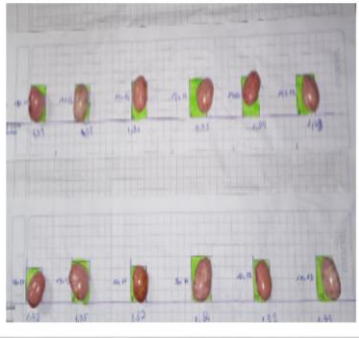
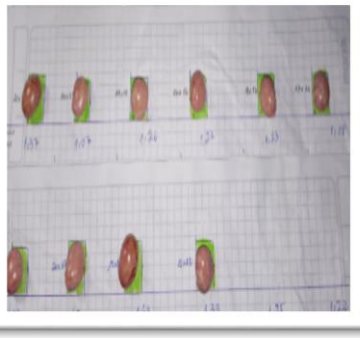
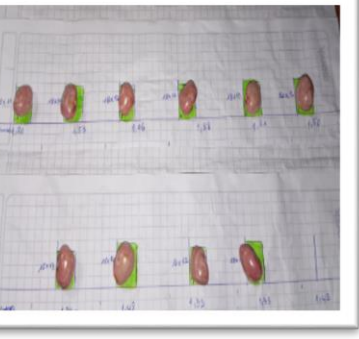



Tabla 8. Registro fotográfico de los montajes utilizados

<p>Sustrato</p> 	<p>Contenedores</p> 	<p>Montajes con riego por goteo</p> 
<p>Semilla de Frijol</p> 	<p>Registro de masa</p> 	<p>Condiciones y registro inicial</p> 

Fuente: Elaboración propia.

Los materiales requeridos para la realización del montaje son semillas de frijol, tres germinadores, sustrato, balanza, regla y una cámara fotográfica. Se procede a registrar la masa de cada semilla de frijol y registrar los datos obtenidos en el diario de observaciones para su posterior ubicación en los germinadores. En cuanto a la configuración de los germinadores en condiciones diversas de agua se establecieron para el germinador 1 (Condición sin riego) el cual se ubicó en el balcón disponible en el edificio, donde las temperaturas mínimas durante la noche y al amanecer son de entre los 8°C, alcanzando durante el día hasta 20°C. No se realizó riego diario. Para el germinador 2 (Condición riego escaso) también ubicado en el balcón disponible del edificio, este germinador experimentó las mismas temperaturas mínimas y máximas que el primero, pero recibió un riego de 125 ml de agua cada día. Y finalmente para el germinador 3 (Condición riego elevado) al igual que los anteriores se colocó en el balcón disponible en el edificio en las mismas condiciones de temperatura el cual rondan temperaturas mínimas en las noches y al amanecer de entre los 8°C y alcanza en el día los 20°C. Sin embargo se le proporcionó un riego más abundante el cual fue de 250 ml de agua cada día.

Tabla 9. Germinadores en condiciones diversas de agua

CONDICIONES DIVERSAS DE AGUA		
Sin riego	Riego escaso	Riego elevado
		
		

Fuente: Elaboración propia.

Una vez instalados los tres germinadores como se puede visualizar en la Tabla 10, se estableció un plan de observación y monitoreo con el fin de detectar cualquier cambio en las semillas de *Phaseolus vulgaris* frijol sometidas a riego controlado. Las observaciones se llevaron a cabo diariamente con el objetivo de registrar el progreso de las semillas en cada uno de los germinadores. Durante este proceso, se prestó especial atención a aspectos del crecimiento como el aumento de masa y del desarrollo, como el brote de la radícula, la primera estructura visible que emerge de la semilla.

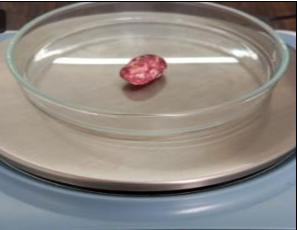

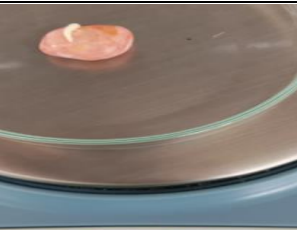



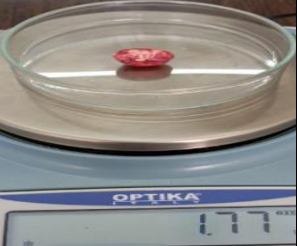





Cada tres días, se procedió a retirar cuidadosamente las semillas de los germinadores para registrar su masa, lo cual resultó fundamental para evaluar su crecimiento a lo largo del tiempo. Las semillas fueron extraídas de los germinadores y se registraron su masa utilizando una balanza de precisión. La nueva masa de cada semilla se registró en el diario de observaciones, donde también se registraron otros datos relacionados con el proceso de germinación y desarrollo. Una vez completado este procedimiento, las semillas fueron devueltas a los germinadores para continuar su crecimiento bajo las condiciones controladas, garantizando que el riego se mantuviera estable durante todo el experimento.













A continuación, se presentan tres tablas de observaciones que documentan el proceso de germinación y el crecimiento de las semillas de *Phaseolus vulgaris* frijol bajo diferentes condiciones de riego. Cada tabla se centra en un régimen específico de agua: sin riego, riego escaso y riego elevado. Estas tablas muestran cómo la disponibilidad de agua afecta el desarrollo de las semillas, desde la hinchazón inicial hasta el desarrollo de la radícula y el brote.

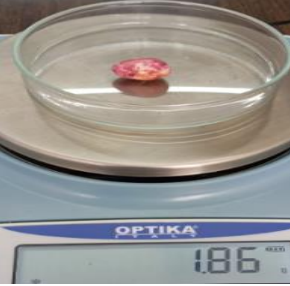






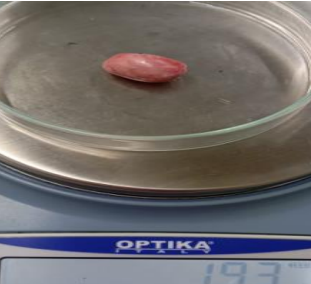




Observaciones de semillas bajo riego elevado: La Tabla 11 documenta el crecimiento de las semillas en condiciones de riego elevado que fue de 3500 ml con agua suministrados en total al germinador siendo una media a cada semilla de 583 ml de agua aproximadamente. Este grupo control permite evaluar las condiciones ideales para la germinación y comparar con los otros regímenes de riego.

Tabla 10. Semillas de frijol expuestas a riego elevado. Fuente: Elaboración propia.

Riego elevado	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12	Día 15
Observaciones generales	Las semillas parecen estar en su estado inicial, con una masa que varía ligeramente entre 1,60 g y 1,83 g. Las imágenes muestran semillas secas sin signos visibles de crecimiento.	Se observa un aumento de masa en varias de las semillas, lo que indica que han absorbido agua. Esto se refleja en su aspecto más hidratado y con alguna hinchazón visible.	Las semillas parecen haber alcanzado un mayor tamaño, y se puede notar un cambio de color hacia tonos más claros, lo que podría ser un indicio de germinación inminente. Este aumento de masa y cambio en la estructura indica que están activando su proceso de crecimiento.	Las semillas han comenzado a mostrar signos visibles de germinación. Varias semillas han empezado a desarrollar pequeñas raíces y el cambio de color se hace más evidente. La hinchazón es notable, y el masa ha aumentado aún más debido a la continua absorción de agua.	Se observa un desarrollo claro de las raíces, y algunas semillas comienzan a desplegar un pequeño tallo. El color ha cambiado significativamente, mostrando tonos verdosos en algunas de ellas. El proceso de germinación está en pleno desarrollo, con un incremento considerable de masa.	Las semillas muestran un crecimiento continuo, y han desarrollado raíces más largas y tallos visibles. Las hojas pequeñas comienzan a desplegarse, indicando un progreso significativo en el proceso de germinación. El color verde es más prominente en varias semillas, reflejando absorción de nutrientes.

Semilla 1						
	<p>La semilla posee de masa 1,83 g. No se observan signos de hidratación ni germinación.</p>	<p>La semilla se observa hinchada. Su masa ha aumentado ligeramente, alcanzando 1,93 g, lo cual indica que ha comenzado a hidratarse.</p>	<p>La semilla posee de masa 2,12 g. Aunque no se observa una raíz clara, se evidencia el inicio del proceso de germinación.</p>	<p>Se observa el primer indicio de la raíz que está comenzando a emerger, la semilla su masa es de 2,26 g. Este es un claro signo de que la germinación está progresando con normalidad.</p>	<p>La raíz y el tallo están completamente visibles, con una notable elongación del tallo y el comienzo de las primeras hojas. La masa es de 2,82 g.</p>	<p>La planta ya está significativamente desarrollada, con raíces más largas, tallo grueso y hojas formadas. La masa final es de 2,38 g, mostrando un incremento constante desde el primer día.</p>
Semilla 2						
	<p>La semilla posee masa inicial de 1,77 g. Se ve intacta, similar a su estado inicial</p>	<p>La semilla tiene un ligero aumento en tamaño y masa de 2,03 g. Aún no hay signos evidentes de germinación</p>	<p>La semilla se ha hinchado más, y la radícula está comenzando a emerger. Masa: 2,23 g.</p>	<p>La radícula indica el proceso de desarrollo, se observa la aparición del brote principal. La semilla</p>	<p>El brote sigue desarrollándose considerablemente Masa: 3,00 g.</p>	<p>La plántula se observa con raíces visibles y una estructura de brote claramente formada.</p>







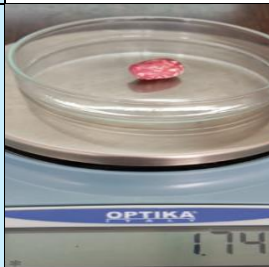





				posee de masa 2,52 g.		
Semilla 3						
	La semilla tiene una masa de 1,53 g.	La semilla ha aumentado ligeramente su masa es de 1,60 g. y muestra signos iniciales de hinchazón.	La radícula comienza a emerger, mostrando el inicio de la germinación. Masa: 1,66 g.	Hay un desarrollo visible de las raíces. Masa: 1,86 g.	Las raíces son más visibles y se observan los primeros signos de desarrollo del brote. Masa: 2,52 g.	El brote se visualiza considerablemente, la plántula está en una etapa avanzada de su germinación. Masa: 3,30 g.
Semilla 4						
	La semilla posee de masa inicial 1,60 g.	Hay una ligera hinchazón, y la masa ha aumentado a 1,62 g.	La semilla ha comenzado a germinar, está la radícula visible. Masa: 2,30 g.	Las raíces, y la plántula están en desarrollo. Masa: 2,65 g.	El desarrollo del brote es visible. Masa: 3,31 g.	El desarrollo se encuentra avanzado, con un brote grande y raíces desarrolladas.

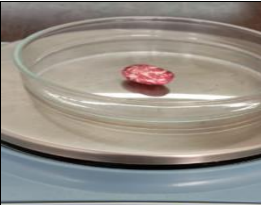

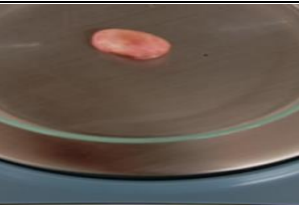
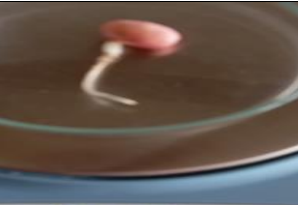














Semilla 5						
	<p>La semilla posee de masa 1,86 g. En su estado inicial, no se observan cambios.</p>	<p>La semilla ha aumentado su masa a 1,96 g. y muestra signos de hinchazón.</p>	<p>La radícula ha comenzado a emerger. Masa: 2,09 g.</p>	<p>La radícula ha crecido Masa: 2,12 g.</p>	<p>Se observan más raíces y un desarrollo mayor del brote. Masa: 2,49 g.</p>	<p>La plántula se observa con brote largo y raíces extensas. Masa: 2,87g.</p>
Semilla 6						
	<p>La semilla posee de masa 1,74 g. No hay cambios visibles.</p>	<p>La semilla ha aumentado su masa a 1,93 g. y presenta una leve hinchazón.</p>	<p>La radícula es visible, y la germinación ha comenzado. Masa: 2,13 g.</p>	<p>Las raíces se han desarrollado, el brote está emergiendo. Masa: 2,52 g.</p>	<p>Las raíces son más grandes, el desarrollo del brote es notable. Masa: 3,13 g.</p>	<p>La plántula se ve con un brote y raíces extensas.</p>



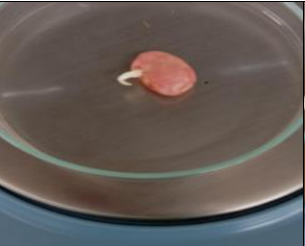



En el germinador con riego elevado, ver Tabla 11, la semilla de frijol que experimentó el mayor incremento de la masa fue la semilla 3, que pasó de una masa inicial de 1,53 g a 3,30 g en el transcurso del experimento, mostró un crecimiento gradual, primero con la hinchazón inicial, seguidamente el desarrollo del brote de la radícula, se hizo luego visible las raíces y el tallo, lo que le permitió alcanzar este significativo aumento en masa en total de 1,77 gramos.

Tabla 11. Semillas de frijol expuestas a riego escaso. Fuente: Elaboración propia.

Riego escaso	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12	Día 15
Observaciones generales	Las semillas muestran masas similares, entre 1.76 g y 2.03 g. Las semillas se ven secas, sin signos visibles de cambio.	Al igual que en el germinador de riego elevado, las semillas han absorbido agua y algunas muestran un aumento de masa, aunque este aumento parece ser menos significativo que en el primer grupo.	Algunas semillas muestran signos de crecimiento y desarrollo, pero el proceso es más lento. Los cambios en el color y el tamaño son menos evidentes, lo que sugiere que el riego escaso está retrasando un poco el proceso de germinación en comparación con las semillas ubicadas en el germinador a riego elevado.	Algunas semillas muestran una leve germinación, con raíces pequeñas visibles en un número limitado de semillas. El proceso de desarrollo es más lento en comparación con las semillas del germinador a riego elevado, y la masa ha aumentado, pero no de forma tan pronunciada.	Las semillas continúan mostrando un desarrollo moderado, con raíces más visibles, pero el desarrollo del tallo es mínimo. El cambio de color es menos marcado que las semillas ubicadas en el germinador a riego elevado indicando que la germinación está ocurriendo, pero a un ritmo más pausado.	Aunque las semillas han continuado germinando, su desarrollo es más lento. Las raíces y los tallos se han formado, pero de manera menos robusta que en el germinador de riego elevado. Se observan algunas hojas, pero el color verde no es tan pronunciado, lo que sugiere que el proceso de germinación ha avanzado, pero no con la misma rapidez ni vigor.

Semilla 1						
	<p>La semilla posee de masa 1,36 g. No hay cambios visibles.</p>	<p>La semilla tiene un ligero aumento de masa 1,43 g. y se observa hinchazón inicial.</p>	<p>La masa se mantiene a 1,43 g. no se observa signos de germinación.</p>	<p>La primera raíz está en desarrollo, comienza a aparecer. La masa es de 1,65 g.</p>	<p>El desarrollo de las raíces es más pronunciado, y el brote sigue desarrollándose. Masa: 2,50g.</p>	<p>La plántula en desarrollo con un brote notable.</p>
Semilla 2						
	<p>Masa 1,74 g. Sin cambios visibles.</p>	<p>La semilla muestra un aumento de masa a 1,78 g. signos de hinchazón.</p>	<p>La semilla sigue aumentando, en la masa el cual es de 1,83 g.</p>	<p>El brote es visible de la radícula, Masa: 1,92 g.</p>	<p>Las raíces se han desarrollado, masa 2,75 g.</p>	<p>La plántula tiene un desarrollo moderado. Masa: 3,01 g.</p>

Semilla 3	 <p>Masa inicial de 1,48 g. Sin cambios visibles.</p>	 <p>La semilla ha aumentado su masa a 1,49 g y está hinchada.</p>	 <p>La semilla aumenta su masa a 1,54 g.</p>	 <p>La radícula emerge, y la masa es de 1,72 g.</p>	 <p>Las raíces están en pleno desarrollo Masa: 2,73 g.</p>	 <p>La plántula sigue su desarrollo, aunque de forma más limitada que en los otros casos.</p>
Semilla 4	 <p>Masa de 1,42 g.</p>	 <p>Aumenta su masa a 1,48 g, y se observa una leve hinchazón.</p>	 <p>La semilla sigue aumentando su masa a 1,53 g.</p>	 <p>La radícula está emergiendo. Masa: 1,65 g.</p>	 <p>La raíz se desarrolla lentamente. Masa: 1,76 g.</p>	 <p>La plántula tiene un desarrollo moderado. Masa 2,00 g.</p>
Semilla 5	 <p>Masa de 2,06 g. No hay signos de cambio.</p>	 <p>La semilla aumenta a 2,20 g. y se hincha ligeramente.</p>	 <p>La radícula está comenzando a emerger. Masa: 2,45 g.</p>	 <p>Las raíces están en desarrollo. Masa: 2,91 g.</p>	 <p>El brote comienza a emerger. Masa: 4,27 g.</p>	 <p>La plántula tiene un desarrollo lento, con raíces pequeñas.</p>

Semilla 6						
	Masa 1,96 g. No hay cambios visibles.	La semilla aumenta a 2,03 g. y está hinchada.	La radícula comienza a salir. Masa: 2,11 g.	El desarrollo de las raíces es moderado. Masa: 2,40 g.	El brote sigue en desarrollo, Masa: 3,17 g.	La plántula está en desarrollo, con una masa final 3,21 g.













Observaciones de semillas a riego escaso: En la Tabla 12, las semillas fueron regadas de manera limitada, siendo suministrados 1500ml de agua al germinador correspondiendo así la media recepcionada por cada semilla de 250 ml de agua aproximadamente, lo que simula un entorno de disponibilidad reducida de agua. Las observaciones reflejan el progreso de la germinación y la velocidad de crecimiento comparada con los otros regímenes de riego.






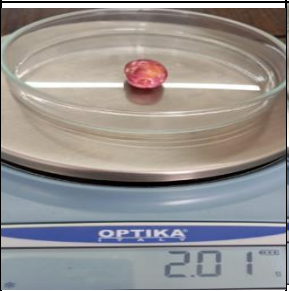




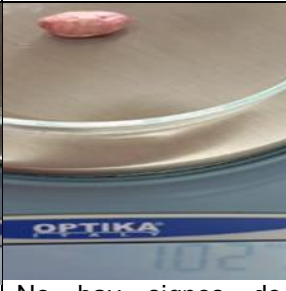
En el germinador con riego escaso, ver Tabla 12 la semilla de frijol que experimentó el mayor incremento de masa fue la semilla 2, que pasó de una masa inicial de 1,74 g a 3,01 g en el transcurso del experimento. Esta semilla mostró un crecimiento progresivo, desde la hinchazón inicial hasta el desarrollo de la radícula y el brote, lo que le permitió alcanzar este aumento significativo de 1,27 g en masa.

Observaciones de semillas de frijol bajo condición sin riego: La Tabla 13, registra el comportamiento de las semillas en condiciones de ausencia de riego, lo que permite observar los efectos del estrés hídrico y cómo las semillas responden en ausencia de agua. Los datos no muestran si hay alguna germinación mínima y cómo se ralentizan los procesos.




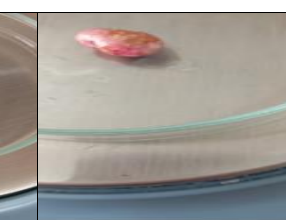

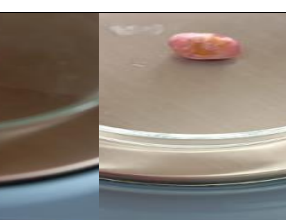
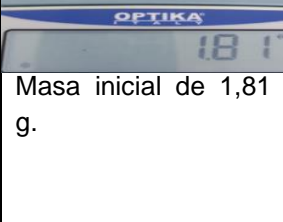
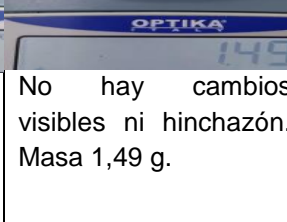
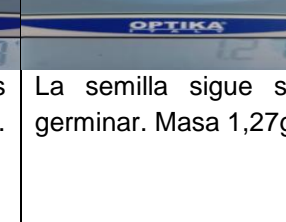
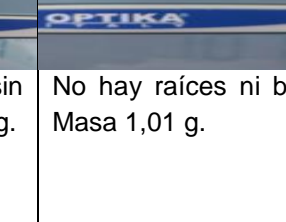
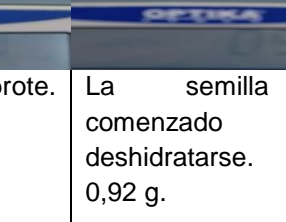
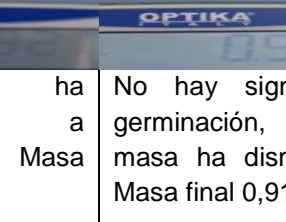
Tabla 12. Semillas de frijol sin riego

Sin riego (0 ml)	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12	Día 15
	Las semillas muestran características similares a las de las otras ubicadas en los germinadores a riego elevado y riego escaso, al inicio, con masas cercanas a los 1.74 g y 2.00 g.	No se observan cambios significativos en el tamaño o el color de las semillas. Esto sugiere que, sin riego, las semillas no han iniciado su proceso de germinación. Las masas han disminuido, lo que indica que no han absorbido agua.	Las semillas en esta tabla siguen sin mostrar signos de crecimiento, lo cual es consistente con la falta de agua. No hay cambios visibles en color, pero si en tamaño el cual ha disminuido.	Las semillas no han mostrado signos de germinación. El color y el tamaño de las semillas no han cambiado significativamente, y la masa ha disminuido aún más debido a la deshidratación. No hay signos de crecimiento.	Las semillas permanecen en un estado de latencia, sin crecimiento visible. La masa sigue disminuyendo, y las semillas se ven más secas	Las semillas no muestran signos de germinación. La masa ha disminuido notablemente debido a la deshidratación continua. Las semillas se ven secas y no han absorbido agua suficiente para iniciar el proceso de crecimiento. Su estado parece haberse deteriorado, con una estructura aparentemente más

						frágil y falta de vitalidad.
Semilla 1						
	La semilla posee de masa 1,76 g. No hay cambios visibles.	No se observa aumento significativo en la masa ni hinchazón. Masa: 1,59 g.	No hay signos de germinación, y la semilla permanece en el mismo estado. Masa: 1,31 g.	La semilla no muestra desarrollo de raíces ni brote. Masa: 1,19 g.	La semilla se ha deshidratado ligeramente, y la masa ha disminuido a 1,16 g.	No hay crecimiento ni desarrollo visible, y la semilla se ha deshidratado aún más. Masa final 1,01 g.
Semilla 2						
	Masa inicial de 1,91 g.	No hay aumento de masa ni signos de germinación.	La semilla sigue sin cambios visibles. Masa 1,37 g.	No hay desarrollo de raíces ni brote. Masa: 1,12 g.	La semilla se está deshidratando lentamente. Masa 1,10 g.	No hay signos de germinación, y la semilla ha perdido masa. Masa final 1,06 g.

Semilla 3						
	Masa inicial de 1,85 g.	No hay cambios visibles ni signos de germinación. Masa: 1,41 g.	La semilla sigue sin cambios. Masa 1,19 g.	No hay raíces ni brote visible. Masa 1,07 g.	La semilla está comenzando a deshidratarse. Masa 0,97 g.	No hay signos de germinación, y la semilla ha perdido masa siendo la Masa final de 0,94 g.
Semilla 4						
	Masa de 2,01 g.	No se observan cambios visibles. Masa: 1.63 g.	La semilla sigue sin germinar. Masa: 1,46 g.	No hay raíces ni brote. Masa: 1,08 g.	La semilla muestra signo de deshidratación. Masa: 1,04 g.	No hay signos de germinación, y la masa ha disminuido. Masa final 1,02 g.

La Tabla 12, correspondiente al germinador sin riego, la semilla que experimentó la mayor pérdida de masa fue la semilla 4, que pasó de una masa inicial de 2,01 g a 1,02 g al finalizar el experimento. Esta pérdida significativa de masa que corresponde a 0,99 g refleja la falta de agua necesaria para iniciar el proceso de germinación, resultando en la deshidratación de la semilla y la incapacidad de crecer y desarrollarse.

Semilla 5							
	Masa inicial de 1,81 g.	No hay cambios visibles ni hinchazón. Masa 1,49 g.	La semilla sigue sin germinar. Masa 1,27g.	No hay raíces ni brote. Masa 1,01 g.	La semilla ha comenzado a deshidratarse. Masa 0,92 g.	No hay signos de germinación, y la masa ha disminuido. Masa final 0,91 g.	
	Semilla 6						
		Masa inicial de 1,83 g.	No se observan signos de cambio. Masa:1,62 g.	La semilla sigue en el aspecto. Masa 1,50 g.	No hay raíces ni brote visible. Masa 1,19 g.	La semilla se ha deshidratado ligeramente. Masa: 1,14 g.	No hay signos de germinación, y la semilla ha perdido masa. Masa final 1,07 g.

A continuación, se evidencia en la Tabla 13 el registro de control de la masa utilizada para registrar los datos correspondientes de las semillas que han sido expuestas a diversas condiciones de riego.

Tabla 13. Registro de semillas expuestas a diversas condiciones de riego y sin riego

Fuente: Elaboración propia.

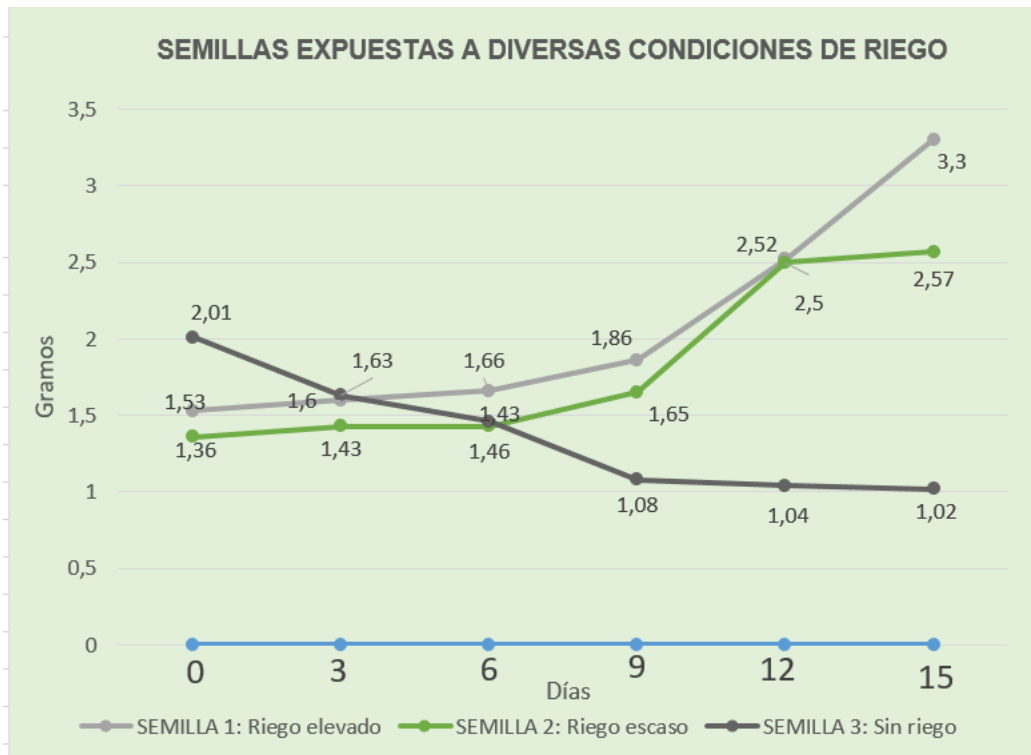
Con la finalidad de representar en una gráfica se tomó la determinación de utilizar los datos de las semillas que han registrado mayor crecimiento según los registros tomados en los controles.

SEMILLAS CON RIEGO MODERADO	Día 0	Día 3	Incremento	Día 6	Incremento	Día 9	Incremento	Día 12	Incremento	INCREMENTO TOTAL
	MASA INICIAL /gramos	MASA /gramos		MASA /gramos		MASA /gramos		MASA /gramos		
SEMILLA 1	1,53	1,6	0,07	1,66	0,06	1,86	0,2	2,52	0,74	1,77 gramos

SEMILLAS CON RIEGO ESCASO	Día 0 (18/09/2024)	Día 3	Incremento	Día 6	Incremento	Día 9	Incremento	Día 12	Incremento	INCREMENTO TOTAL
	MASA INICIAL /gramos	MASA /gramos		MASA /gramos		MASA /gramos		MASA /gramos		
SEMILLA 1	1,36	1,43	0,07	1,43	0	1,65	0,22	2,5	0,07	1,21 gramos

SEMILLAS SIN RIEGO	Día 0	Día 3	Descenso	Día 6	Descenso	Día 9	Descenso	Día 12	Descenso	Descenso TOTAL
	MASA INICIAL /gramos	MASA /gramos		MASA /gramos		MASA /gramos		MASA /gramos		
SEMILLA 1	2,01	1,63	0,38	1,46	0,17	1,08	0,38	1,04	0,02	0,99 gramos

Gráfico 6. Semillas expuestas a diversas condiciones de Agua



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación del Gráfico 6. La gráfica muestra que el crecimiento de las semillas expuestas a diversas disponibilidades de agua varía de acuerdo con el tipo de riego al que están expuestas. Las semillas con riego elevado y las de riego escaso presentan un crecimiento y desarrollo más marcado en comparación con las semillas sin riego, que muestran un aumento mínimo o nulo en masa, por el contrario, fue descendiendo la masa de las mismas. Las semillas con riego elevado logran el mayor crecimiento y desarrollo hacia el final del período de observación, indicando que una cantidad adecuada de agua es esencial para su crecimiento y desarrollo óptimo. En contraste, las semillas sin riego descienden el valor de la masa, lo cual sugiere que la falta de agua, limita severamente su capacidad de crecimiento, y por ende su germinación. Este resultado resalta la importancia de condiciones hídricas adecuadas en el proceso del crecimiento de las semillas de *Phaseolus vulgaris* (frijol), donde un nivel óptimo de riego permite una mayor actividad metabólica durante la germinación y el crecimiento.

Análisis de las actividades experimentales vinculadas con el crecimiento y desarrollo de las semillas de Phaseolus vulgaris bajo diversas condiciones de agua.

Crecimiento y desarrollo bajo riego elevado (3500 ml de agua): Las semillas que recibieron la mayor cantidad de agua mostraron un crecimiento y desarrollo con un aumento significativo de masa y signos de germinación en proceso. Desde el día 9 se observan signos de hinchazón en las semillas acompañados de ruptura de la cubierta de la semilla, indicando el inicio de la germinación, para el día 12, varias semillas ya han comenzado a desarrollar raíces primarias visibles y brotes de tallos emergentes, y para el día 15, las semillas muestran hojas cotiledones en desarrollo. El riego elevado fue fundamental para mantener el proceso de germinación en buen estado, lo que acelera y favorece el crecimiento y desarrollo temprano.

Crecimiento y desarrollo bajo riego escaso (1500 ml de agua): En este germinador, las semillas mostraron un crecimiento y desarrollo más lento y menos pronunciado en comparación con las que recibieron 3500 ml de agua. Aunque el proceso de germinación se ha mantenido, el crecimiento fue menos pronunciado. Este resultado sugiere que el riego escaso es suficiente para permitir la germinación, pero no proporciona los mismos resultados de crecimiento y desarrollo vigoroso que un riego elevado.

Crecimiento y desarrollo sin riego (sin riego): Las semillas en este germinador no mostraron ningún signo de germinación ni de absorción de agua, han experimentado una pérdida de la masa significativa y su tamaño ha disminuido. Esto destaca la importancia crítica del agua en el inicio y mantenimiento del proceso de germinación. Sin agua, las semillas permanecen inactivas y pierden su capacidad de germinar por falta de hidratación y nutrientes esenciales.

Se resalta la importancia del agua en el proceso de la germinación y cómo diferentes cantidades de riego influyen en la rapidez con la que las semillas comienzan a crecer y desarrollarse, a su vez en la tercera tabla, las semillas sin riego muestran una tendencia a la pérdida de masa. Esto puede explicarse por varios factores relacionados con la falta de agua y las condiciones ambientales.

El análisis de las actividades experimentales relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las semillas de *Phaseolus Vulgaris* (frijol). bajo diversas condiciones de temperatura y agua ha permitido comprender cómo estos factores ambientales influyen significativamente en el proceso de germinación, crecimiento y en el desarrollo de las plantas. Los resultados obtenidos muestran como la temperatura elevada acelera el proceso de germinación al favorecer la actividad metabólica de las semillas, lo que permite una absorción más rápida de agua y la activación

enzimática que estimula la división celular. Este crecimiento acelerado puede vincularse a los elementos enunciados por Jacob (1999), sobre el tiempo y la continuidad, donde la temperatura elevada crea un entorno en el que los procesos biológicos se desarrollan de manera constante y sin interrupciones, propiciando un desarrollo rápido y continuo.

En contraste, las semillas que fueron sometidas a temperatura baja o sin agua experimentan una discontinuidad en su desarrollo. La inhibición del crecimiento en estos entornos demuestra cómo la discontinuidad puede frenar o incluso detener procesos vitales, lo que destaca la importancia de condiciones ambientales adecuadas para la germinación. En cuanto al agua, las semillas que recibieron un riego elevado (3500 ml) mostraron un crecimiento considerable, reflejando la importancia del agua como elemento en la continuidad del desarrollo. Las semillas que recibieron riego escaso (1500 ml) lograron germinar, pero su desarrollo fue más lento y menos vigoroso, lo que sugiere que la cantidad de agua influye directamente en la velocidad y vigor del crecimiento.

Las semillas sin riego, por su parte, experimentaron una pérdida significativa de masa, destacando cómo la falta de agua genera una discontinuidad en el ciclo de vida de las plantas. Desde una la profundización teórica desarrollada, los resultados experimentales permiten explorar así los principios biológicos de la absorción de agua, la regulación metabólica por la temperatura, y cómo estos factores afectan el crecimiento y la diferenciación celular. Estos experimentos proporcionan una comprensión profunda del impacto de las condiciones ambientales en el crecimiento y desarrollo de la planta.

CAPITULO V – Propuesta de Intervención Pedagógica y Didáctica

En el contexto educativo del Paraguay, el diseño y la implementación de proyectos pedagógicos siguen una estructura jerárquica que se refleja en los diferentes niveles de concreción curricular, tal como se muestra en la gráfica proporcionada. Este esquema, que parte desde el Proyecto Educativo Nacional (PEN) y se ramifica hacia proyectos de nivel departamental, institucional y finalmente áulico, asegura que las políticas educativas se adapten y apliquen de manera coherente en todos los niveles del sistema educativo. Cada nivel es pertinente para concretar los objetivos pedagógicos, comenzando con el Proyecto Educativo Nacional (PEN) que orienta el diseño curricular y los programas de estudio, seguido por el Proyecto Educativo Departamental (PED), que adapta las directrices nacionales a las particularidades de cada región. A nivel escolar, el Proyecto Educativo Institucional (PEI) permite que los equipos de gestión y los docentes contextualicen estas directrices según las necesidades específicas de sus comunidades educativas. Finalmente, el Proyecto Áulico (PA), a cargo de cada docente, se convierte en la última instancia de implementación, donde se materializan las estrategias didácticas y los contenidos en el aula. Ver Esquema 5.

El Proyecto de Intervención en el Aula propuesto denominado **Semillas en Acción** es un aporte para la educación paraguaya y se encuentra orientado en los Objetivos Generales de la Educación Paraguaya que reza cuanto sigue: *Desarrollar en los educandos su capacidad de aprender y su actitud de investigación y actualización permanente. Estimular en los educandos el desarrollo de la creatividad y el pensamiento crítico y reflexivo.* (Programa de Estudio: Ciencias de la Naturaleza y de la Salud - 7º Grado Educación Escolar Básica, 2014) Es una iniciativa diseñada para implementarse en las aulas con jóvenes del séptimo grado dentro de la disciplina curricular Ciencias de la Naturaleza. Contribuye a cumplir los objetivos generales que el sistema educativo paraguayo ha fijado para la formación de sus estudiantes fomentándoles la habilidad de aprender de manera autónoma, la curiosidad por investigar y la disposición a mantenerse actualizados en los conocimientos, además de promover en ellos la capacidad de generar ideas originales, de analizar información de manera crítica y de reflexionar sobre los temas que estudian.

Los objetivos de aprendizaje establecidos en el proyecto buscan que el estudiante comprenda el proceso de germinación relacionado con el crecimiento y desarrollo de las plantas, analizando cómo diferentes condiciones ambientales (temperatura y agua) afectan el crecimiento y el desarrollo de las semillas de frijol, integrando elementos de profundización teórico y experimental. Este proyecto no solo se enmarca en el Proyecto Curricular Institucional (PCI), sino

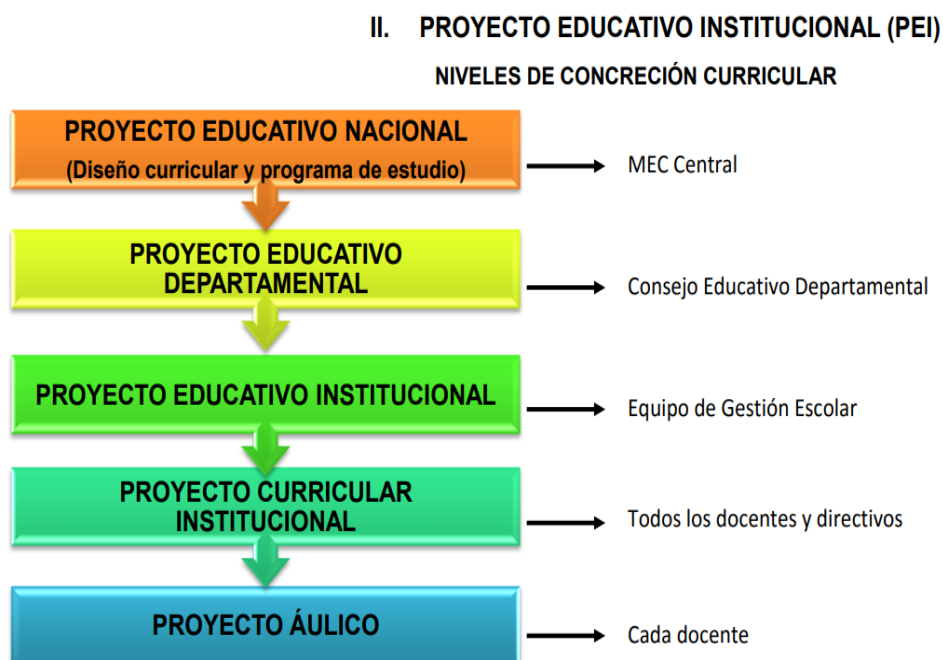
que también responde a las dimensiones pedagógicas, organizativas, administrativas y comunitarias que rigen el Proyecto Educativo Institucional (PEI), tal como se ilustra en el diagrama.

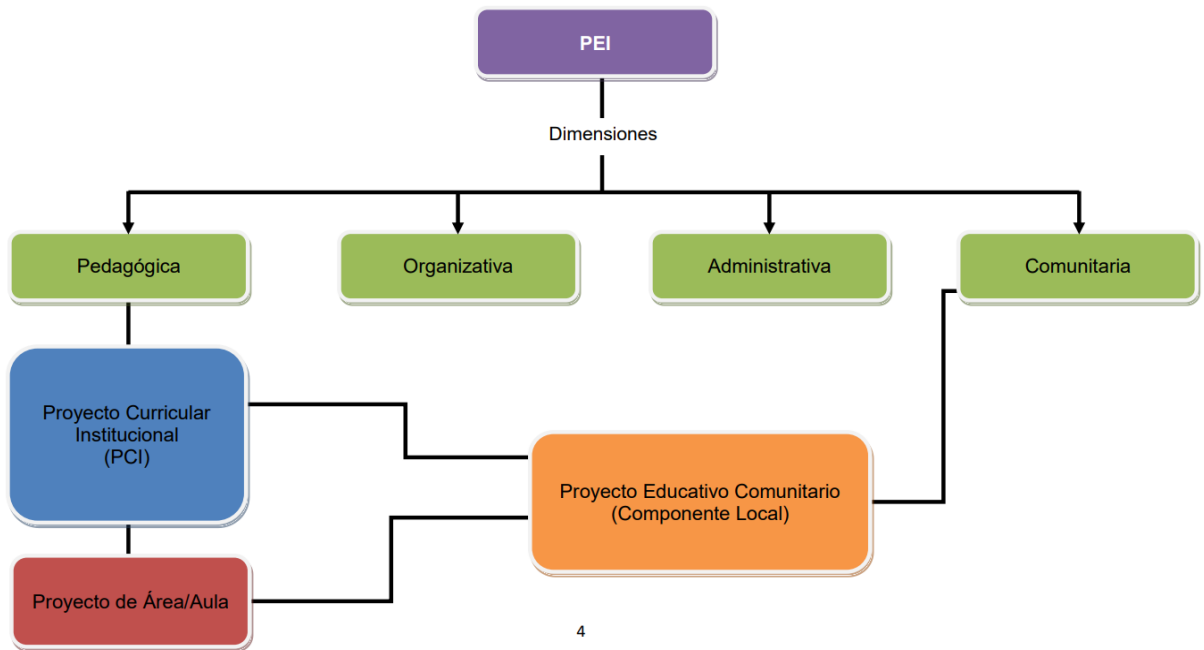
Justificación del Proyecto

El Proyecto de Intervención en el Aula propuesto tiene como objetivo principal abordar el proceso de la germinación en condiciones diversas de temperatura (temperatura elevada, temperatura baja y temperatura ambiente) y de agua vinculado a los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas. A través de esta propuesta, los estudiantes pondrán en práctica conceptos relacionados con la germinación, el crecimiento y desarrollo, mientras se fomenta el pensamiento crítico y la comprensión de los procesos que se abordan. Además, este enfoque experimental se alinea con las demandas de la educación contemporánea, que exige la formación de estudiantes con habilidades científicas y un entendimiento profundo de los fenómenos naturales, fundamentales para enfrentar los desafíos actuales y futuros.

A su vez se busca fortalecer la conexión entre la teoría y la práctica, permitiendo a los estudiantes comprender los conceptos fundamentales y verlos en acción mediante experiencias directas, lo que facilita una mayor comprensión.

Gráfico 7. Contexto nacional del Paraguay para elaboración de proyectos áulicos. Fuente: Tomado de (MEC, Manual de orientación, 2015)





PROYECTO DE AULA: "Semillas en Acción: Explorando el crecimiento y desarrollo de las plantas durante la fase de germinación a partir de variaciones en las condiciones de agua y temperatura"

Contexto Institucional

El proyecto "Semillas en Acción" se constituye como una propuesta de intervención pedagógica y didáctica para ser implementada en el Colegio Nacional Enrique Soler, ubicado en la ciudad de Capiatá, en la República del Paraguay. Este proyecto está dirigido a estudiantes del Tercer Ciclo de Educación Escolar Básica, específicamente al 7° grado, sección A, turno mañana, en la disciplina curricular Ciencias de la Naturaleza, bajo la coordinación de la profesora Lilian Benitez Rodas y el acompañamiento de la directora, Mg. Elva Marina Pagani de Romero. Su principal objetivo es que los estudiantes comprendan el proceso de germinación de las semillas y cómo el crecimiento y desarrollo de las plantas están influenciados por las condiciones ambientales, como la temperatura y la cantidad de agua. El proyecto se estructura en torno a actividades experimentales que incluyen la selección y preparación de semillas y la configuración de germinadores con condiciones controladas de temperatura y agua. Los estudiantes registrarán y analizarán datos a lo largo del proyecto, con observaciones que van desde los primeros días de germinación hasta el desarrollo de la plántula.

El enfoque pedagógico está basado en la observación directa, la experimentación, la formulación de hipótesis, y la recolección de datos mediante el uso de balanza y cinta métrica o regla. Además, el proyecto incluye talleres en formato de cartillas² que incluyen fases de intervención con la presentación de cuentos, diálogos, actividades experimentales para facilitar la comprensión del proceso de germinación a través de recursos didácticos accesibles y atractivos.

Al final del proyecto, los estudiantes elaborarán informes y presentaciones donde expondrán sus hallazgos y recibirán retroalimentación por pares. La evaluación del proyecto se centrará en la participación, la precisión en el registro de datos, la calidad de los informes, y la colaboración

² El viaje de Fabián el Frijol" publicado en Book creator en el enlace:

<https://read.bookcreator.com/vH56CttCBdXJ8Txsxs6eAJ4UsdFG3/wE0rIn1NSLiEXwGV3gwVmA>

entre compañeros, fomentando así un aprendizaje integral y colaborativo en torno al ciclo de vida de las plantas.

El proyecto Semillas en Acción como se muestra en la Tabla 16, presenta una descripción general del proyecto, incluyendo sus objetivos y metodología. Se centra en el estudio de la germinación de semillas de frijol bajo diversas condiciones de temperatura y agua, vinculando el crecimiento y desarrollo, mientras que la Tabla 17 describe las fases que se desarrollaran.

Tabla 14. Descripción general del proyecto "Semillas en Acción".

Proyecto	"Semillas en Acción"
Institución de implementación	<p>Colegio Nacional Enrique Soler</p> <ul style="list-style-type: none"> - Localidad: Capiatá - Dirección: Avenida Mariscal López y 12 de octubre - País: Paraguay - Directora: Mg. Elva Marina Pagani de Romero
Nivel Educativo	<p>Educación Escolar Básica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ciclo: Tercero - Coordinadora: Prof. Emilce Riquelme Fariña - Docente: Prof. Lilian Benitez Rodas - Grado: 7° Sección: A Turno: Mañana
Objetivos	<p>1. Comprender el proceso de germinación relacionado con el crecimiento y desarrollo de las plantas.</p> <p>2. Analizar cómo diferentes condiciones ambientales (temperatura y agua) afectan el crecimiento y el desarrollo de las semillas de frijol.</p>
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción al proyecto y objetivos. - Presentación de cuentos y de diálogos relacionados a la germinación de la semilla. - Actividades experimentales. - Selección y preparación de semillas. - Configuración de germinadores en diferentes condiciones de temperatura y agua. - Registro y análisis de datos. - Elaboración de informes y presentaciones.

Experiencias	<ul style="list-style-type: none"> - Observación directa del crecimiento de las plantas. - Registro de datos diarios sobre la masa y longitud de las semillas. - Análisis de los efectos de las condiciones ambientales como el agua y la temperatura en el crecimiento y desarrollo de las plantas. - Discusión y presentación de resultados en clase y a la comunidad educativa.
Metodología	- Observación, hipótesis, experimentación, registro de datos, análisis y conclusión.
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> - Semillas de frijol. - Germinadores. - Balanzas para medir la masa. - Regla o cinta métrica para medir longitud. - Hojas de cálculo para registrar datos. - Software para elaborar gráficos (Excel).
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> - Participación y compromiso en las actividades. - Precisión en el registro y análisis de datos. - Calidad de los informes y presentaciones. - Evaluación por pares y retroalimentación.

Tabla 15. Descripción de las fases del proyecto.

Título de la propuesta:	Semillas en Acción
Objetivo de la propuesta:	Comprender el proceso de germinación de las semillas de frijol, relacionando los procesos de crecimiento y desarrollo bajo diversas condiciones de agua y temperatura.

Fases	Descripción de la fase	Actividades	Intención de las actividades
Iniciando el viaje	En esta fase se desarrollan actividades basadas en el reconocimiento de los	Cuento: <i>El Secreto del Frijol Fabián</i> (lectura y	Introducir a los estudiantes al proceso de germinación vinculada con el

Fases	Descripción de la fase	Actividades	Intención de las actividades
	elementos de profundización teórico relacionados con el tiempo, la organización y la discontinuidad en la transformación de la semilla.	análisis-Ver anexo Cartilla 1). Experiencia práctica: Germinación de semillas de frijol en algodón y tierra húmeda (ver procedimiento en Anexo Cartilla 1).	crecimiento y el desarrollo de las plantas mediante un cuento y una experiencia práctica sencilla.
Explorando los tiempos de germinación	Discusión sobre los tiempos específicos que tarda la semilla en germinar y las condiciones necesarias para la misma.	Diálogo entre los personajes Jacob y Bidwell, sobre el tiempo que tardan las semillas en germinar. (Ver anexo Cartilla 2)	Reflexionar sobre el tiempo de germinación y los factores que influyen en que las semillas comiencen a crecer.
Fases de la germinación	Introducción a las fases de la germinación y el crecimiento y desarrollo.	Actividad experimental: Elaboración de diversos germinadores bajo condiciones diferentes de temperatura y agua para luego construir un cuadro sobre las fases de la germinación, vinculado a la observación diaria del crecimiento de la semilla bajo variaciones en las condiciones de temperatura y agua. (Ver anexo Cartilla 3)	Vincular el crecimiento y el desarrollo de las plantas bajo variaciones en las condiciones de agua y la temperatura.
Cierre y Evaluación	Los estudiantes explican las condiciones necesarias para la germinación y analizan las estructuras observadas durante el proceso diferenciando crecimiento y desarrollo.	Sustentación grupal con póster y reflexión sobre la experimentación realizada. (Ver anexo Cartilla 4)	Evaluar la comprensión sobre las condiciones de germinación y su vinculación con el crecimiento y desarrollo.

Seguidamente se presenta el esquema que se seguirá en el desarrollo de los talleres diseñados para la implementación del proyecto de intervención.

Introducción: Con la actividad experimental inicial se pretende introducir a los estudiantes a la germinación de semillas bajo condiciones naturales y controladas para luego con el cuento El secreto del frijol Fabián, desde un enfoque narrativo y reflexivo, vinculando los aspectos de profundización teórico tales como: el tiempo, la continuidad, la adaptación, los tejidos involucrados en el crecimiento y desarrollo de la semilla, relacionando la germinación de la semilla del frijol sin mencionar directamente los conceptos científicos. La narrativa invita a los estudiantes a reflexionar sobre el crecimiento y el desarrollo como procesos naturales y graduales, permitiendo se acerquen al proceso natural de una semilla de manera imaginativa.

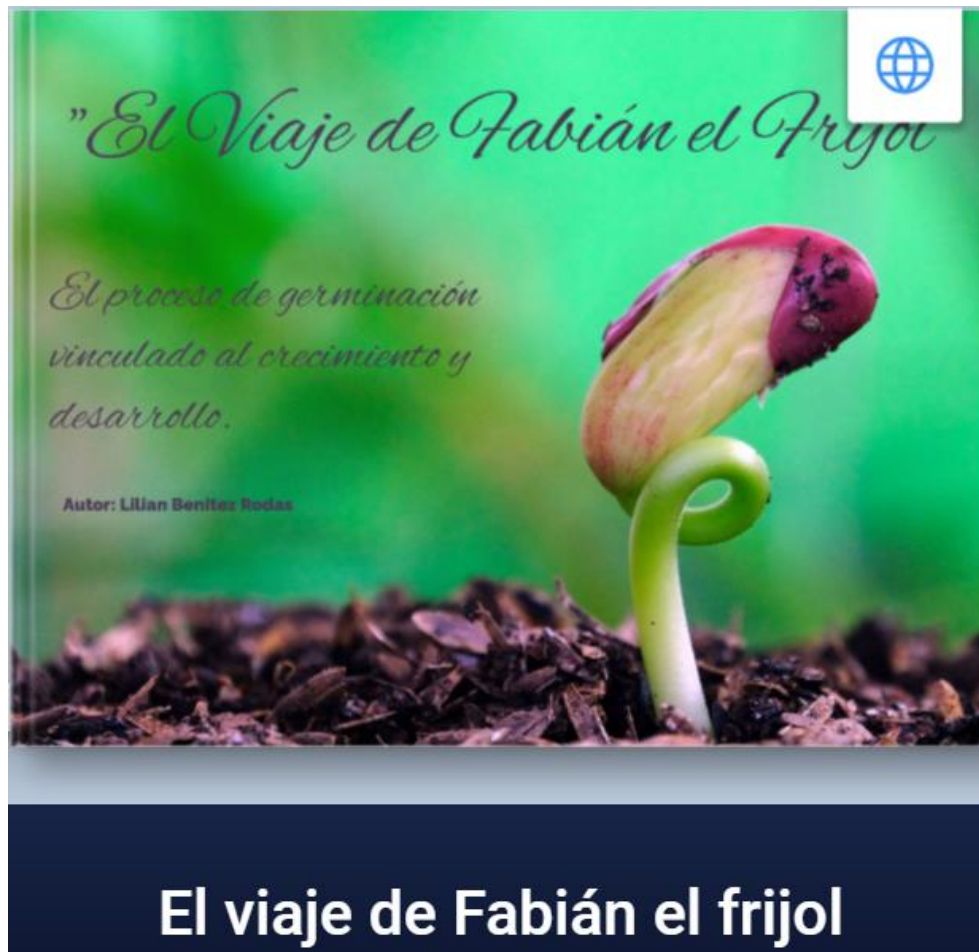
Desarrollo del diálogo: A través del diálogo entre Jacob y Bidwell, se intenta vincular el tiempo de germinación de las semillas y cómo diferentes condiciones intervienen en ella

Aplicación experimental: El siguiente taller consiste en el seguimiento práctico del crecimiento de las semillas en germinadores, permitiendo a los estudiantes observar y registrar los datos diariamente, integrando los elementos conceptuales del crecimiento y desarrollo de las plantas durante la germinación. De esta manera, las actividades se relacionan con la teoría y la práctica, logrando un enfoque integrador.

Para complementar el desarrollo teórico y experimental de este trabajo de grado se han elaborado cartillas que presentan las propuestas diseñadas para el proyecto de intervención en el aula las cuales contienen las instrucciones detalladas y los recursos visuales que facilitan la comprensión de los conceptos de germinación, crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* (frijol) en diversas condiciones de agua y temperatura. Las actividades propuestas se encuentran al final del documento, en la sección de anexos y están dirigidas a los estudiantes del Tercer Ciclo de la Educación Escolar Básica, brindando un soporte práctico para la implementación en el aula.

A continuación, se presenta el enlace para acceder al material digital "El viaje de Fabián, el frijol":

<https://read.bookcreator.com/vH56CttCBdXJ8Tsxs6eAJ4UsdFG3/wE0rIn1NSLiEXwGV3gwVmA>



CAPITULO VI - PRODUCCION DISCURSIVA

El presente trabajo de grado ha permitido profundizar en la comprensión del crecimiento y desarrollo como conceptos diferentes en procesos tales como la germinación, así mismo la comprensión de estos vinculados no solo condiciones internas sino a factores ambientales que influyen en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal.

Partiendo del contexto de origen, de la profundización teórico y experimental abordados se plantearon en el aspecto pedagógico las actividades experimentales propuestas y se ha entendido cómo la interacción entre factores externos, como la disponibilidad de agua y la temperatura, estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas en sus primeras fases de vida.

Mediante la observación de los procesos que ocurren durante la germinación, éstos han permitido ampliar la experiencia sobre la misma vinculando así el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* (frijol) en diversas condiciones de agua y temperatura. La actividad experimental permitió observar cómo estas variables influyen en la velocidad y eficiencia de la germinación, así como en la posterior diferenciación celular y formación de órganos esenciales como raíces, hojas y tallos.

El desarrollo experimental, que incluyó tres montajes con variaciones en la temperatura (elevada, ambiente y baja) y el riego (elevado, escaso y sin riego), proporcionó información relevante sobre las condiciones óptimas para la germinación. Las semillas expuestas a temperaturas más elevadas (25°C / 32°C) y a mayor cantidad de agua (riego elevado) fueron las que mostraron un crecimiento y desarrollo más acelerado, con una rápida absorción de agua que activó el metabolismo de la semilla. A partir del tercer día, se evidenció un incremento en la masa de las semillas y el desarrollo visible de la radícula, lo que confirma que las condiciones cálidas favorecen la actividad metabólica y la división celular. Por el contrario, las semillas en temperaturas bajas o sin riego no lograron germinar adecuadamente, lo que evidencia que estas condiciones inhiben los procesos metabólicos necesarios para el crecimiento.

Estas observaciones permiten ampliar y relacionar con la hipótesis inicial: La profundización de corte teórico y la implementación de actividades experimentales proporcionan elementos para la comprensión y enseñanza del crecimiento y desarrollo durante la germinación en las plantas.. Las condiciones que optimizan la absorción de agua y la activación enzimática son las que permiten un crecimiento rápido y vigoroso, mientras que la falta de estos estímulos retarda o impide el desarrollo. Desde el punto de vista de profundización teórico, los resultados obtenidos guardan estrecha relación con las comprensiones de las nociones de tiempo, continuidad y

organización. Como señala François Jacob en su análisis sobre la Lógica de lo viviente, los organismos responden a estímulos externos que desencadenan cambios internos organizados, lo cual es evidente en los procesos de germinación y desarrollo observados (Jacob, 1999). El tiempo biológico se manifiesta en las fases sucesivas de la germinación, donde el inicio del crecimiento está marcado por la absorción de agua y el desarrollo con la posterior aparición de estructuras diferenciadas como la radícula y el tallo.

En términos pedagógicos, la propuesta del trabajo de grado ha generado importantes reflexiones para la enseñanza de la germinación vinculando el crecimiento y desarrollo de plantas en la Educación Escolar Básica del Paraguay. Al incorporar actividades experimentales, como las propuestas en el proyecto "Semillas en Acción", los estudiantes pueden observar directamente cómo los factores ambientales como son el agua y la temperatura influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que aporta un aprendizaje más significativo. Estas actividades no solo promueven la observación crítica y la formulación de hipótesis, sino que también permiten una mayor conexión entre la teoría y la práctica. El uso de herramientas como balanzas y reglas para medir los cambios en las semillas a lo largo del tiempo refuerza las habilidades en los estudiantes.

Entre las recomendaciones hago hincapié en que, como docente, se hace valioso incluir en las prácticas experimentales de germinación otras especies de plantas además de *Phaseolus vulgaris* (frijol) para que así los estudiantes vivencien cómo cada planta responde de manera única a condiciones ambientales, enriqueciendo la enseñanza y comprensión sobre la diversidad biológica, además la incorporación de otras variables como podrían ser la luz, el suelo, nutrientes disponibles, entre otros. Con esa ampliación se puede fomentar una mayor comprensión sobre las condiciones que influyen en el crecimiento y desarrollo de la planta y de cómo se interrelacionan.

BIBLIOGRAFÍA

- Azcón Bieto, J., & Talón, M. (2013). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*(2ª ed.).
- Baker, J. J., & Allen, G. E. (1970). *Biología e investigación científica*. Estados Unidos de América.
- Barrios Gómez, E. J., López Castañeda, C., Kohashi Shibata, J., Acosta Gallegos, J. A., Miranda Colín, S., Mayek Pérez, N., & Canul Ku, J. (14 de agosto - 27 de septiembre de 2014). Morfología del embrión en frijol y su comparación entre razas Durango y Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.5 Núm.6*, 965-978.
- Bidwell, R. (1993). *Fisiología vegetal*. México, D.F, México.
- Espinoza Bello, J. E., & Castillo Moreno, F. M. (2024). Manual técnico para el manejo agronómico del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*).
- Fernández de C., F., Gepts, P., & López, M. (1986). Etapas de desarrollo de la planta frijol común *Phaseolus vulgaris*.
- Jacob, F. (1999). *La lógica de lo viviente*.
- Malagón Sánchez, J. F., Sandoval Osorio, S., & Ayala Manrique, M. M. (Enero - Junio de 2013). La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. (U. d. Valle, Ed.) *Praxis Filosófica*(36), 119-138.
- Martínez Morales, N. (2022). *Estudio de los procesos y condiciones en la germinación de la semilla del frijol (Phaseolus vulgaris) y su aporte para la enseñanza de la biología en educación básica*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Martínez Rodríguez, K. V. (2023). El estudio de la fotosíntesis como problema de conocimiento y su aporte a la comprensión del crecimiento en plantas en la educación básica primaria.
- MEC. (2014). Programa de Estudio: Ciencias de la Naturaleza y de la Salud - 7º Grado Educación Escolar Básica.
- MEC. (2015). *Manual de orientación*. Ministerio de Educación y Ciencias, Asunción, Paraguay.
- Muñoz Hugueta, P. A. (2021). Los Modelos Didácticos y las Relaciones con el Conocimiento Didáctico del Contenido de Docentes en Formación de la Institución Educativa Normal Superior del Magdalena Medio.

ANEXO:

Cartilla 1: "El secreto del frijol Fabián"

Fase 1: Iniciando el Viaje

Objetivo: Introducir a los estudiantes en el proceso de germinación mediante una experiencia sencilla utilizando algodón además de tierra humedecida en germinadores y un cuento que refleja la importancia del tiempo, las condiciones ambientales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Actividad experimental 1: Germinación en algodón humedecido y en tierra húmeda.

La germinación es el proceso por el cual una semilla, en reposo o latencia, se transforma en una planta, a partir de condiciones como el agua y la temperatura. Vamos a comenzar nuestro viaje observando cómo las semillas de frijol germinan dentro del algodón húmedo y también en tierra durante esta semana y a registrar todos los cambios que vemos en ella.

Con los siguientes materiales y siguiendo las orientaciones realiza los procedimientos solicitados en tu casa:

- Semillas de frijol
- Algodón
- Sustrato tierra húmeda
- Platos o recipientes pequeños
- Agua
- Diario de observaciones

Procedimiento:

1. Coloca una capa de algodón en un recipiente y humedécelo con agua.
2. Coloca algunas semillas de frijol entre el algodón, manteniéndolas separadas.
3. Mantén el algodón húmedo, pero no empapado, durante una semana.
4. Coloca una capa de sustrato, tierra en un recipiente y humedécelo con agua.
5. Coloca algunas semillas de frijol dentro de la tierra, manteniéndolas separadas.
6. Mantén la tierra húmeda, pero no empapada, durante una semana.
7. Observa los cambios que ocurren en las semillas cada día.
8. Registra tus observaciones en el diario, incluyendo dibujos de cada fase de crecimiento de la semilla a lo largo de 7 días.

Ilustración 2. Estructura gráfica para Proyecto de Ciencias. Fuente: Tomado y adaptado de CANVA

Completa el siguiente diagrama:

PROYECTO DE CIENCIAS

Título: Estudiante:

MI PREGUNTA	INFORMACIÓN
¿Qué problema querés resolver? Formulalo como una pregunta.	¿Qué hechos o datos importantes reuniste sobre tu problema?

.....
Escribe una predicción de lo que puede ocurrir.

HIPÓTESIS

EXPERIMENTO

Describe los pasos del experimento que pondrán a prueba tu hipótesis. Incluí imágenes o diagramas, si es necesario.

.....
-------	-------	-------	-------

RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

Analizá los resultados relevantes de tu actividad experimental y escribe una conclusión.

.....

Los estudiantes deben registrar el día en que ven los primeros signos de germinación (la radícula) y cómo crecen las raíces y el tallo. Utilizando una hoja de observaciones donde se registren los cambios, con espacios para dibujar lo que observan en diferentes días.

Tabla 16. Tabla de observaciones de germinación en algodón humedecido. Fuente: Elaboración propia.

Tabla de observaciones de germinación en algodón humedecido.

Día	Observación	Signos de germinación (Radícula, raíces, tallo)	Dibujo de la fase	Condiciones del algodón (Húmedo/Seco)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Tabla 17. Tabla de observaciones de germinación en tierra humedecida. Fuente: Elaboración propia.

Tabla de observaciones de germinación en tierra humedecida.

Día	Observación	Signos de germinación (Radícula, raíces, tallo)	Dibujo de la fase	Condiciones de la tierra (Húmedo/Seco)
1				
2				
3				
4				
5				

Día	Observación	Signos de germinación (Radícula, raíces, tallo)	Dibujo de la fase	Condiciones de la tierra (Húmedo/Seco)
6				
7				

Orientaciones para registrar:

1. **Observación diaria:** Escribe lo que ves en la semilla cada día.

¿Ha cambiado de tamaño, color, forma, etc.? ¿Ha comenzado a brotar?

2. **Signos de germinación:** Registra el momento exacto en el que ves la **radícula** (primera raíz) salir. Luego, anota cuándo se desarrolla el **tallo** y las **hojas**.
3. **Dibujo:** Dibuja lo que observas en cada fase de crecimiento.
4. **Condiciones del algodón y de la tierra húmeda:** Describe si el algodón está húmedo, seco, o si necesita más agua para asegurar el crecimiento de las semillas.

Discusión en clase sobre las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuáles son los cambios que observaste en las semillas?
2. ¿Qué parte de la semilla fue la primera en crecer?
3. ¿Cuál es el elemento común en ambos medios que fueron ubicados las semillas de frijol?
4. ¿Qué pasaría si el algodón o la tierra no estuviera húmeda?

Conexión con el cuento: Después de esta experiencia, el cuento El secreto del Frijol Fabián es leído para reflexionar sobre el proceso de germinación en un entorno natural, relacionando la experiencia de la semilla Fabián con la observación real de las semillas germinadas en algodón y en tierra húmeda.

1- Lectura del cuento: El secreto del frijol Fabián



Ilustración 3. Imagen semilla de frijol, Fabián. Fuente: Meta AI

Había una vez en un pequeño jardín un frijol que llevaba meses bajo la tierra, se llamaba Fabián. A diferencia de sus compañeros, que ya habían brotado y convertido en plantas, Fabián aún no había encontrado la razón para germinar.

Una tarde, mientras Fabián descansaba en su semilla, escuchó una voz suave que le susurraba desde lo profundo de la tierra. Era la tierra misma, que le decía:

— Fabián, es hora de crecer.

Pero Fabián, curioso como era, no estaba seguro.

— ¿Cómo puedo crecer? —preguntó—. Aquí, bajo la tierra, está oscuro y tranquilo. ¿Cómo sé que es el momento correcto? La tierra sonrió. Sabía que cada semilla necesitaba tiempo y el ambiente adecuado para comprender su propio ciclo.

— No estás solo, pequeño frijol —dijo la tierra—. Aquí abajo tienes lo que necesitas. El agua ha comenzado a mojar tu cáscara, y pronto sentirás la temperatura del sol que filtra la tierra.

Fabián sintió una pequeña vibración dentro de sí. El agua lo envolvía, y una cálida sensación recorría su cuerpo, pero aún no comprendía qué estaba ocurriendo.

Entonces, apareció una criatura inesperada: un gusano sabio llamado Jacinto, quien desde hacía tiempo vivía en el suelo. Con su cuerpo alargado, cavaba túneles y sabía cómo mover la tierra para que las raíces pudieran avanzar.

— Fabián —dijo Jacinto mientras se acercaba—, he visto muchas semillas como tú. El secreto está en aprender a reconocer las señales del mundo a tu alrededor. Cuando el agua y la temperatura trabajan juntos, es la señal de que debes prepararte para germinar. No se trata solo de crecer por crecer; es un proceso, un camino de cambio y transformación.



Ilustración 4. Imagen del gusano Jacinto. Fuente: Meta AI.

Fabián se sintió más animado, pero aún tenía dudas.

— ¿Y qué pasará cuando empiece a germinar? —preguntó—. No sé qué me espera ahí afuera.

Jacinto se detuvo un momento, reflexionando, y luego respondió:

— El crecimiento es solo el principio porque es el punto de partida de un proceso mucho más amplio, la germinación marca el comienzo de un ciclo de vida continuo. Verás, no basta con que salgas de la tierra; también tendrás que adaptarte. Ahí fuera, el viento te empujará, la lluvia caerá sobre tus hojas y sentirás la temperatura que es irradiado sobre la tierra proveniente del sol. Crecerás hacia algo más grande y fuerte, pero todo ocurre paso a paso y con ello irás desarrollándote también ya que primero saldrá una raíz, luego un tallo, y pronto estarás lleno de hojas.



Ilustración 5. Imagen de Fabián bajo la lluvia. Fuente: Meta AI.

Esa idea hizo que Fabián se sintiera emocionado y nervioso a la vez. — ¡Pero no sé cómo hacerlo! —exclamó—. No sé cómo convertirme en una planta.

Jacinto sonrió mientras miraba a Fabián.

— No necesitas saberlo todo de inmediato, Fabián —dijo con calma—. El crecimiento y el desarrollo ocurren naturalmente. Está en tu interior. Cada célula está programada para desarrollarse en un tiempo y espacio. Fabián, intrigado, frunció el ceño y preguntó:

— ¿Cuándo? ¿Por qué toma tiempo?

Jacinto le respondió que:

— El tiempo, Fabián, no es solo una medida lineal, no es solo minutos u horas. El tiempo biológico no avanza de manera uniforme, sino que está lleno de pausas, de momentos de espera en los que los procesos de la germinación se dan, y los tejidos se preparan antes de transformarse. Lo que estás viviendo ahora, por ejemplo, esta espera, es parte de ese proceso. Todo en la vida tiene su propio ritmo, su propio tiempo. Piensa en la germinación: no es solo una cuestión de que la semilla se rompa y salga la planta, sino de una serie de momentos donde cada célula se activa en su momento adecuado, respondiendo condiciones internas de desarrollo como las hormonas y a condiciones externas como el agua y la temperatura.

Fabián al terminar de escuchar a Jacinto reflexionó en silencio y luego dijo:

— Entonces... ¿es normal que tarde tanto en germinar?

Jacinto asintió.

— Exactamente. El tiempo de espera es esencial. La germinación es solo el comienzo de un viaje increíble. Al igual que tú, cada semilla sabe cuándo debe activarse y empezar a crecer. Al principio, puede parecer lento, pero pronto descubrirás que todo tiene su momento adecuado. Cada paso, cada pausa, tiene su razón de ser.

Fabián escuchó atentamente las palabras de Jacinto. Comprendió que no había una única respuesta, ni un solo camino para crecer. El proceso era tan complejo como la vida misma, lleno de momentos de continuidad y de cambio.

Así, con la torrencial lluvia que cayó en esos días, Fabián sintió una transformación interna. No fue solo el agua que envolvía su cáscara lo que hizo la diferencia, sino un proceso más profundo que comenzaba a suceder en su interior. Dentro de la semilla, sus células, que hasta ahora habían estado en reposo, comenzaron a activarse.

Primero, las células más cercanas a la superficie de la cáscara empezaron a absorber agua, hinchándose y suavizando la barrera protectora que rodeaba a Fabián.

A medida que esto ocurría, el embrión, en aparente latencia, comenzó su proceso de activación, impulsado por señales hormonales como las giberelinas, que desencadenaron la división celular y la diferenciación de los tejidos para formar raíces, tallos y hojas porque los tejidos internos empezaron a organizarse. Las células de la radícula, que formaría la primera raíz, se dividían rápidamente, al tiempo que los tejidos especializados, como el meristemo, se diferenciaban para dar lugar a nuevas estructuras. En ese momento, Fabián sintió que se iniciaban los cambios. No era solo una raíz que iba a emerger, las células comenzaron a adoptar funciones específicas, algunas se convirtieron en parte del sistema vascular (Tallo) que transportaría agua y nutrientes, mientras otras formaban los tejidos de soporte. Era un proceso coordinado, donde cada célula cumple su función. Se organiza, se agrupa de acuerdo con un tamaño, forma, una función específica lo que se conoce como diferenciación y especialización celular.



Ilustración 6. Imagen del frijol Fabián en proceso de germinación. Fuente: Meta AI.



Ilustración 7. Imagen del frijol Fabián germinado. Fuente: Meta AI.

Poco a poco, la radícula rompió la cáscara, y una pequeña raíz tímida emergió, aferrándose a la tierra. A medida que avanzaba, nuevas células seguían dividiéndose y organizándose, extendiendo la raíz hacia las profundidades en busca de agua y nutrientes. Fabián, que al principio había dudado, ahora comprendía que todo lo que Jacinto le había dicho era cierto, no tenía que entenderlo todo de inmediato, porque la naturaleza misma, en su sabiduría, ya había trazado el camino. Y así, día tras día, Fabián creció. Su raíz se hundió más profundamente, su tallo surgió hacia la luz, y cuando finalmente rompió la superficie, sus folíolos vieron por primera vez el cielo. Entonces comprendió que la vida era un ciclo continuo de crecimiento, adaptación y desarrollo.

Cada vez que una nueva hoja brotaba, recordaba las palabras de Jacinto: "El conocimiento se revela paso a paso, al igual que el crecimiento de una semilla."

Meristemo: Es un tejido vegetal compuesto por células que se dividen activamente, dando lugar al crecimiento de nuevas estructuras como raíces, tallos y hojas.

Cotiledones: Constituyen las primeras hojas embrionarias que emergen durante la germinación de la semilla.

Giberelinas: Son hormonas vegetales que estimulan la germinación, el alargamiento del tallo y la floración, entre otros procesos.

Radícula: Es la parte del embrión que se desarrollará en la primera raíz de la planta. Es la estructura que emerge primero durante la germinación.

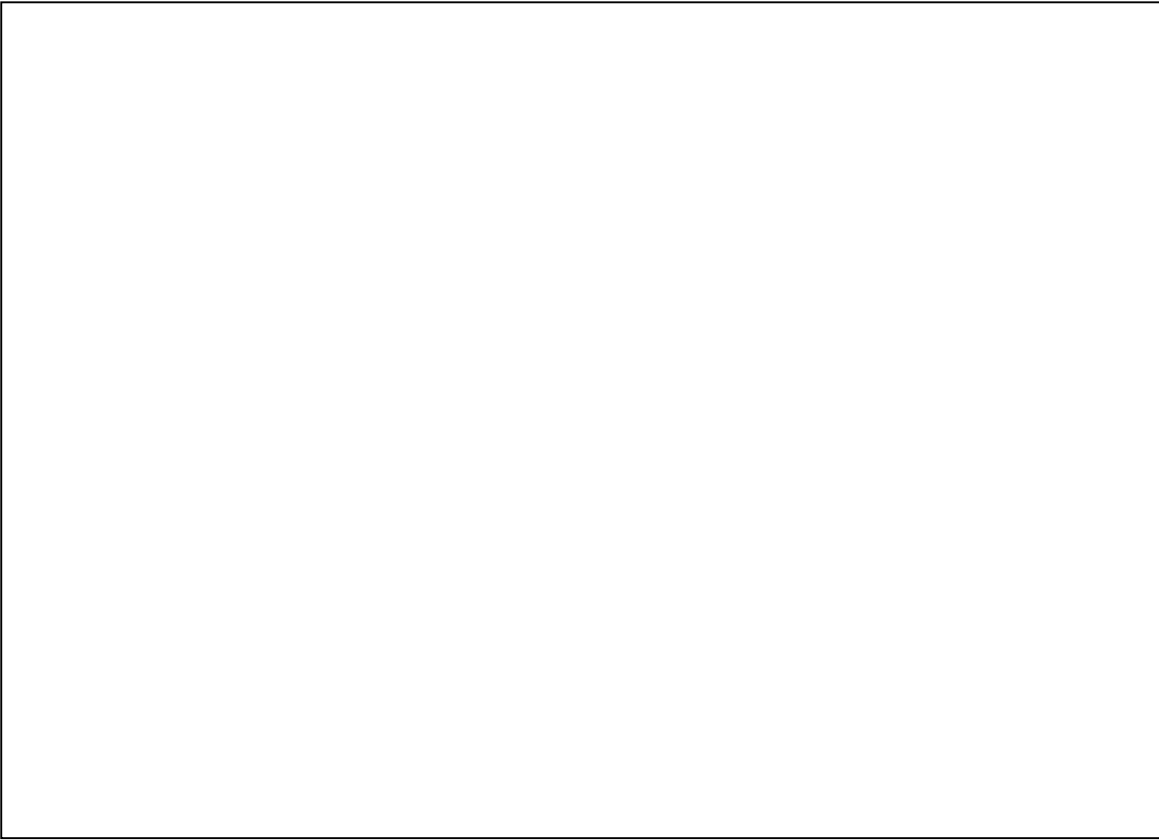
- Instrucciones para el alumno:

1- Después de leer el cuento, reflexionemos sobre la historia de Fabián y las condiciones que hicieron posible su germinación, responde a las siguientes preguntas:

- ¿Por qué Fabián aún no había germinado?
- ¿Qué factores intervinieron para que Fabián empezara a crecer?
- ¿Qué representa la figura del gusano Jacinto en el cuento?

A- Actividad creativa:

2- Dibuja lo que aconteció cuando Fabián empezó a germinar.



3- **Observa en el siguiente enlace a Fabián**

https://www.canva.com/design/DAGRi6grqBk/9Xx3O1eiNlzOeNs3U82icQ/view?utm_content=DAGRi6grqBk&utm_campaign=designshare&utm_medium=link&utm_source=editor

B- Actividad complementaria

4- Reflexión escrita:

- Para que el proceso de germinación ocurra rápida o lentamente está vinculada a condiciones externas a la semilla.

- Escribe un párrafo donde describas el crecimiento de una semilla vinculando las condiciones externas. ¿Qué procesos se activan?

Ilustración 8. Infografía Proceso de germinación del frijol Fabián.



Fuente: Adaptado formato en Canva

https://www.canva.com/design/DAGRi6grqBk/9Xx3O1eiNlzOeNs3U82icQ/view?utm_content=DAGRi6grqBk&utm_campaign=designshare&utm_medium=link&utm_source=editor

Cartilla 2: "El Tiempo y las condiciones en la Germinación: Diálogo entre Jacob y Bidwell"

Fase 2: Explorando los tiempos de germinación.

Objetivo: Introducir a los estudiantes al concepto del tiempo de germinación y las condiciones necesarias mediante un diálogo.



Ilustración 9. Imagen representativa de Jacob y Bidwell conversando. Fuente: Meta IA

A- Diálogo entre Jacob y Bidwell

Contexto: Jacob y Bidwell son dos personajes que están discutiendo el tiempo que tarda una semilla en germinar y sobre las condiciones que se necesitan para ello. Cada uno ofrece su perspectiva basada en sus observaciones.

Jacob: Bidwell, he estado observando estas semillas de frijol. Parecen tardar mucho en germinar. ¿Sabes cuánto tiempo necesitan?

Bidwell: ¡Depende, Jacob! No todas las semillas germinan al mismo ritmo. Algunas tardan solo unos días, mientras que otras pueden tomar semanas. Todo depende de las condiciones.

Jacob: ¿A qué condiciones te refieres? ¿Qué es lo más importante para que germinen rápido?

Bidwell: “La temperatura y el agua son fundamentales. La temperatura es la que activa los procesos de diferenciación de los meristemas mientras que el agua sobre hidrata, y esto es lo que necesita el embrión que está deshidratado y al agregarle agua suficiente, la semilla ya puede empezar a germinar porque activa sus procesos internos de crecimiento y desarrollo (diferenciación).

Jacob: ¡Eso tiene sentido! Entonces, si mantengo las semillas a una temperatura constante y las riego regularmente, deberían germinar más rápido, ¿verdad?

Bidwell: Exactamente, Jacob. Con las condiciones adecuadas, verás cómo empiezan a brotar en poco tiempo.

B- Instrucciones para el alumno:

1- Con base al contenido del diálogo entre Jacob y Bidwell genera preguntas.

- a. Pregunta 1:
- b. Pregunta 2:
- c. Pregunta 3:
- d. Pregunta 4:

2- Con base a tu experiencia responde: ¿Cuántos días tarda en germinar una semilla de frijol bajo diferentes condiciones de temperatura y agua?

Actividad complementaria:

Tabla 18. *Tiempos de comparación de semillas. Fuente: Elaboración propia.*

Comparación de tiempos de germinación: Consultar el tiempo de germinación de otras semillas (girasol, lenteja, maíz) y compáralo con el frijol. Escribe tus resultados en la siguiente tabla:

Semilla	Tiempo de germinación	Condiciones necesarias
Frijol		
Girasol		
Lenteja		
Maíz		


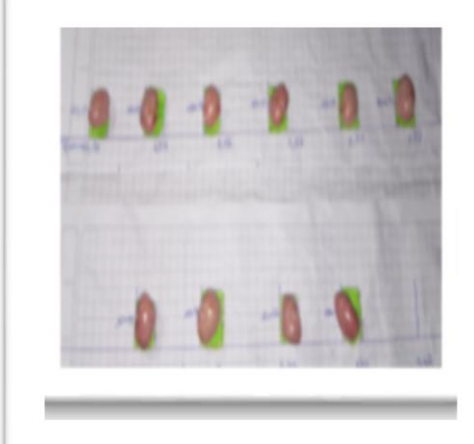
Cartilla 3: "Fases de la Germinación: Experimento y observación"

Fase 3: Fases de la Germinación

Objetivo: Observar y comparar el proceso de germinación de semillas de frijol en diferentes condiciones de agua y temperatura, registrando cambios en la masa y longitud de las semillas a lo largo del experimento.

Propuesta Experimental: Germinación de semillas bajo diversas condiciones de temperatura. Observamos las siguientes imágenes.

Tabla 19. Materiales requeridos para el montaje del germinador. Fuente: elaboración propia.

Sustrato	Contenedores	Montajes con riego por goteo
		
Semillas de Frijol	Registro de masa	Condiciones y registro inicial
		

- Materiales:

Semillas de frijol. 3 germinadores. Balanzas para medir masa. Regla o cinta métrica para medir longitud.

- Descripción de la actividad:
 - ✓ Preparación Inicial:

Registrar la masa de las semillas: Cada semilla de frijol y anota los resultados en tu diario de observaciones.

Colocación en germinadores: Coloca las semillas de frijol en cada uno de los tres germinadores.

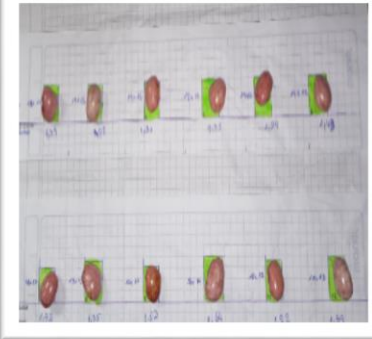
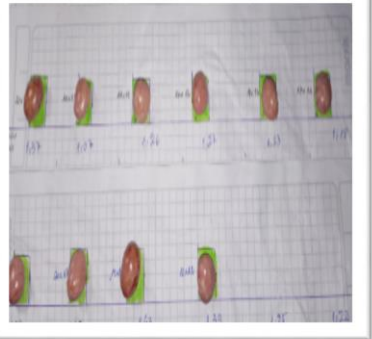
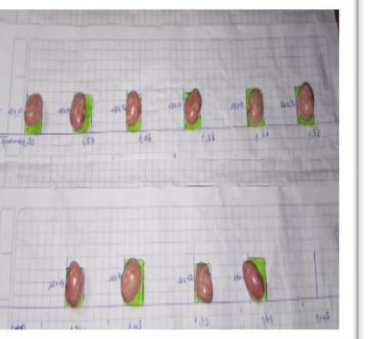
- ✓ Configuración de condiciones de Temperatura :

Germinador 1 (Condición temperatura ambiente): Coloca este germinador en un ambiente natural entre 9° y 20°Celsius.

Germinador 2 (Condición temperatura baja): Coloca este germinador en el refrigerador, donde la temperatura oscile entre 5° y 8° grados Celsius.

Germinador 3 (Condición temperatura elevada): Coloca este germinador en un ambiente cálido que oscile entre 22° y 32° grados Celsius.

Tabla 20. Germinadores en diversas condiciones de temperatura. Fuente: Elaboración propia.

CONDICIONES DIVERSAS DE TEMPERATURA		
Ambiente_ 9°C/20°C	Baja _ 8°C	Elevada_ 22 ° C/ 32°C
		



- Monitoreo Diario:

Temperatura: Registra la temperatura en los tres ambientes en la mañana, al mediodía y en la noche.

Observaciones: Todos los días, observa y anota cualquier cambio en las semillas:

¿Ha brotado la radícula? ¿Ha crecido el tallo? ¿Cuántas raíces se observan?

- Registro de masa:

Cada tres días, retira las semillas de los germinadores y pésalas nuevamente. Anota la nueva masa en tu diario de observaciones.

- Medición de Crecimiento:

Usa una regla para medir la longitud de la radícula (primera raíz) y el tallo de las semillas. Anota los resultados.

Diario de Observaciones:

Tabla 21. Tabla para registro de observaciones. Fuente: Elaboración propia.

Tabla (ambiente, baja temperatura y elevada temperatura) en los días correspondientes:

Día	Temperatura (°C)	Masa de la semilla (g)	Longitud de la radícula (mm)	Observaciones de cambio (Brote, tallo, hojas)	Fotografía
Día 1	Germinador 1: Temperatura Ambiente 9-20°C				
	Germinador 2: Temperatura Baja 5-8°C				
	Germinador 3: Temperatura Elevada 25-30°C				
Día 3	Germinador 1: Temperatura Ambiente 9-20°C				
	Germinador 2: Temperatura Baja 5-8°C				
	Germinador 3: Temperatura Elevada 25-30°C				
Día 6	Germinador 1: Temperatura Ambiente 9-20°C				

Día	Temperatura (°C)	Masa de la semilla (g)	Longitud de la radícula (mm)	Observaciones de cambio (Brote, tallo, hojas)	Fotografía
	Germinador 2: Temperatura Baja 5-8°C				
	Germinador 3: Temperatura Elevada 25-30°C				
Día 9	Germinador 1: Temperatura Ambiente 9-20°C				
	Germinador 2: Temperatura Baja 5-8°C				
	Germinador 3: Temperatura Elevada 25-30°C				
Día 12	Germinador 1: Temperatura Ambiente 9-20°C				
	Germinador 2: Temperatura Baja 5-8°C				
	Germinador 3: Temperatura Elevada 25-30°C				

- Comparación de Condiciones:

- ✓ Compara el crecimiento y el desarrollo de las semillas en los diferentes germinadores.

Completa la tabla de las fases de la germinación:

Tabla 22. Fases de germinación. Fuente: Elaboración propia.

Fase	Descripción	Fotografía
Absorción de agua	La semilla absorbe agua, lo que la activa para comenzar a crecer.	
Desarrollo de la raíz	La raíz emerge primero, buscando nutrientes en el suelo.	
Crecimiento del tallo	El tallo comienza a desarrollarse y sale de la superficie del suelo.	
Expansión de las hojas	Las primeras hojas aparecen	

- ✓ Reflexiona sobre cómo interviene la temperatura en el proceso de germinación.

Propuesta Experimental: Germinación de semillas bajo diversas condiciones de agua.

Observamos las siguientes imágenes

Tabla 23. Materiales requeridos para montar germinador. Fuente: Elaboración propia.

<p>Sustrato</p> 	<p>Contenedores</p> 	<p>Montajes con riego por goteo</p> 
<p>Semilla de Frijol</p> 	<p>Registro de masa</p> 	<p>Condiciones y registro inicial</p> 

Materiales: Semillas de frijol. 3 germinadores. Balanzas para medir la masa. Regla o cinta métrica para medir longitud

Descripción de la actividad:

Preparación Inicial:

Registrar la masa las semillas: Cada semilla de frijol y anota los resultados en tu diario de observaciones.

Colocación en germinadores: Coloca las semillas de frijol en cada uno de los tres germinadores.

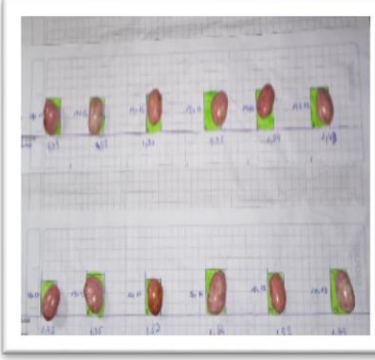
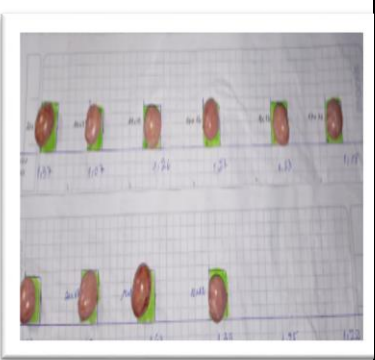
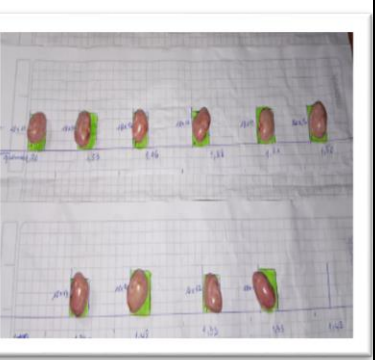



Configuración de condiciones de Agua:

Germinador 1 (Condición sin riego): Coloca este germinador en un ambiente natural y sin riego diario.

Germinador 2 (Condición riego escaso): Coloca este germinador en ambiente natural y riega cada tres días.

Germinador 3 (Condición elevado): Coloca este germinador en un ambiente natural y riega cada día.

Tabla 24. Germinadores en diversas condiciones de agua. Fuente: Elaboración propia.

CONDICIONES DIVERSAS DE AGUA		
Sin riego	Riego escaso	Riego elevado
		
		

- Monitoreo Diario:

Observaciones: Todos los días, observa y anota cualquier cambio en las semillas:

¿Ha brotado la radícula? ¿Ha crecido el tallo? ¿Cuántas raíces se observan?

- Registro de masa: Cada tres días, retira las semillas de los germinadores y pésalas nuevamente. Anota la nueva masa en tu diario de observaciones.
- Medición de Crecimiento: Usa una regla para medir la longitud de la radícula (primera raíz) y el tallo de las semillas. Anota los resultados.

Tabla 25. Tabla para registro de observaciones. Fuente: Elaboración propia.

Día	Agua	Masa de la semilla (g)	Longitud de la radícula (mm)	Observaciones de cambio (Brote, tallo, hojas)	Fotografía
Día 1	Germinador 1: Sin riego				
	Germinador 2: Riego escaso				
	Germinador 3: Riego elevado				
Día 3	Germinador 1: Sin riego				
	Germinador 2: Riego escaso				
	Germinador 3: Riego elevado				
Día 6	Germinador 1: Sin riego				
	Germinador 2: Riego escaso				
	Germinador 3: Riego elevado				

Día	Agua	Masa de la semilla (g)	Longitud de la radícula (mm)	Observaciones de cambio (Brote, tallo, hojas)	Fotografía
Día 9	Germinador 1: Sin riego				
	Germinador 2: Riego escaso				
	Germinador 3: Riego elevado				
Día 12	Germinador 1: Sin riego				
	Germinador 2: Riego escaso				
	Germinador 3: Riego elevado				

- Comparación de Condiciones:

Compara el crecimiento y el desarrollo de las semillas en los diferentes germinadores.

Completa la tabla de las fases de la germinación:

Tabla 26. Fases de la germinación. Fuente: Elaboración propia.

Fase	Descripción	Fotografía
Absorción de agua	La semilla absorbe agua, lo que la activa para comenzar a crecer.	
Desarrollo de la raíz		

Fase	Descripción	Fotografía
	La raíz emerge primero, buscando nutrientes en el suelo.	
Crecimiento del tallo	El tallo comienza a desarrollarse y sale de la superficie del suelo.	
Expansión de las hojas	Las primeras hojas aparecen	

Reflexiona sobre cómo afectaron la disponibilidad de agua en el proceso de germinación.

3- Análisis Final

Preguntas de reflexión: Con base a tu experiencia desarrolla los siguientes planteamientos:

- ¿Cuáles factores identificas que afectaron el crecimiento de la semilla de frijol que llevaste al proceso de germinación?
- ¿Qué pasa si la semilla de frijol está en un ambiente en el cual la temperatura es muy baja?
- ¿Qué sucede si pones a germinar la semilla de frijol y no le agregas agua diariamente?
- ¿Cuáles son las primeras estructuras internas que se evidencian en la semilla de frijol?
- ¿Qué diferencias encontraron entre las estructuras internas y externas de la semilla a lo largo del proceso de germinación en cada una de las actividades experimentales?
- ¿Cómo afectaron las variaciones de temperatura y agua el crecimiento de las semillas en los germinadores? Justifica o argumenta.
- ¿Qué condiciones de agua y temperatura identificaron como las mejores para la germinación del frijol?

Cartilla 4: "Conclusión y reflexión sobre la Germinación del Frijol"

Fase 4: Cierre y Evaluación

Objetivo: Evaluar en los estudiantes explicaciones referentes al proceso de germinación del frijol, relacionando las condiciones internas de la semilla (estructuras y sustancias) con las condiciones externas necesarias (agua y temperatura), y cómo estos factores influyen en su crecimiento y desarrollo, tanto a nivel de sus estructuras internas como externas.

1. Actividad Principal: Sustentación y póster de presentación

Instrucciones:

- Los estudiantes deben formar **grupos pequeños** (máximo de 4 personas) para preparar una **presentación grupal**.
- Cada grupo deberá crear un **póster** que incluya:
 - **Esquema de la germinación del frijol:** Incluye las diferentes fases del proceso de germinación del frijol que pusiste a germinar.
 - **Condiciones ambientales:** Explica, con base en la experiencia práctica con los germinadores, cómo la temperatura y el agua influyeron en el crecimiento (tamaño, longitud) y desarrollo (diferenciación de los tejidos) y el tiempo de germinación.
 - **Estructuras internas y externas:** Detallar las principales estructuras que se evidencian en el proceso, tanto internas (radícula, meristemo, tejidos vasculares) como externas (raíces, tallo, hojas).

2. Sustentación Oral

Instrucciones para los estudiantes:

Cada grupo deberá **sustentar** su póster frente a la sala de clase, en detalle cada fase de la germinación y las condiciones ambientales necesarias a su vez **explicando cómo entiende el proceso de crecimiento y desarrollo vinculado a la germinación.**

Cuestionamiento para el equipo de trabajo: ¿Qué harías diferente si repitieras el experimento?

"El viaje de Fabián el Frijol"

Para acceder en su versión digital publicado en Book creator el enlace es:

<https://read.bookcreator.com/vH56CttCBdXJ8Tsxs6eAJ4UsdFG3/wE0rIn1NSLiEXwGV3gwVmA>