



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**DISEÑO DE PROTOCOLOS DE PRÁCTICAS DE FISIOLÓGÍA VEGETAL,
UTILIZANDO LA METODOLOGÍA “APRENDER HACIENDO”, PARA ESTUDIANTE
DEL CICLO IV DE EDUCACIÓN BÁSICA SECUNDARIA.**

Jimena Constanza Real Anzola

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de ciencias, departamento de biología

Bogotá, Colombia

2015

**DISEÑO DE PROTOCOLOS DE PRÁCTICAS DE FISIOLOGÍA VEGETAL,
UTILIZANDO LA METODOLOGÍA “APRENDER HACIENDO”, PARA ESTUDIANTE
DEL CICLO IV DE EDUCACIÓN BÁSICA SECUNDARIA.**

Jimena Constanza Real Anzola

Trabajo de Tesis presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las ciencias exactas y naturales

Director (a):

Luz Marina Melgarejo Muñoz

Universidad Nacional de Colombia

Línea de Investigación:
Didáctica de las Ciencias Naturales

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Bogotá, Colombia
2015

A la mujer más especial de mi vida: la más amorosa, la más humilde, la más paciente, la más luchadora y la más revolucionaria.

MI MADRE...

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá por permitir la formación continua a los docentes del país.

A la profesora Luz Marina Melgarejo, por su paciencia y enseñanzas para la realización de este proyecto.

A la Institución Educativa Kimy Pernia Domico de la localidad séptima de Bosa, por su valiosa colaboración, por facilitar los espacios y a los compañeros que trabajan allí, por su apoyo y ayuda incondicional.

Al grupo de estudiantes de grado octavo de la jornada de la mañana de la Institución Educativa Kimy Pernia Domino, por su participación interesada y entusiasta.

A la bióloga y hermana Maritza Real Anzola, por sus enseñanzas, aportes, paciencia y ayuda incondicional en la elaboración de este trabajo.

Resumen

Para la enseñanza de la biología se hacen necesarias prácticas experimentales que posibiliten el aprendizaje sistemático de esta disciplina, debido a que la repetición de experiencias deterministas impide relacionar de un modo asertivo los conocimientos con la realidad del estudiante, entorpeciendo el proceso de aprendizaje. De allí que sea necesario implementar estrategias que promuevan un verdadero ejercicio cognitivo que permita una comprensión real de este conocimiento. En este trabajo se propone el diseño de dos protocolos en torno al concepto de germinación de semillas, para estudiantes de ciclo IV (grado octavo), utilizando la Metodología de aprendizaje activo, de manera que propicie la participación del estudiante en el trabajo en grupo y la reflexión alrededor de la resolución de problemas sobre la temática, a través de la motivación, indagación y el análisis de dilemas planteados.

Para alcanzar los objetivos de la propuesta se realizó inicialmente una revisión de ensayos experimentales; la adecuación de éstos para elaborar los protocolos y una prueba piloto con los estudiantes.

En este trabajo se presentan los resultados de la prueba piloto preliminar, que permitió reconocer la priorización de este tipo de prácticas experimentales para fomentar la participación activa del estudiante. Los protocolos propuestos son acertados si se quiere trabajar e integrar conceptos complejos y relacionados entre sí, como en este caso el concepto de germinación de semillas, de manera que motive a los estudiantes a aprender biología.

Palabras claves: protocolos de laboratorio, germinación, aprendizaje significativo,
Metodología de aprendizaje activo.

Tabla de Contenido

| | |
|--|----|
| Agradecimientos | 4 |
| Resumen | 5 |
| Tabla de Contenido | 7 |
| Lista de Tablas | 10 |
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1 Objetivo General | 15 |
| 1.1. Objetivos específicos | 15 |
| 2 Metodología | 16 |
| 3 Aspectos epistemológicos en didáctica de la biología | 18 |
| 3.1 Alternativa estratégica metodológica para enseñar ciencias | 20 |
| 3.2 En cuanto a la enseñanza de la biología | 22 |
| 3.3 Contenidos básicos del área de ciencias naturales y educación ambiental para el ciclo IV | 23 |
| 3.4 Aspecto disciplinar | 24 |
| 3.4.1 Imbibición o absorción de agua por la semilla | 26 |
| 3.4.2 Activación enzimática | 27 |
| | 7 |

| | | |
|---------|---|----|
| 3.4.3 | Elongación del embrión y salida de la radícula luego de la ruptura de la testa | 27 |
| 3.4.4 | Dormancia de semillas | 28 |
| 3.4.5 | Factores extrínsecos que afectan la germinación | 30 |
| 4. | Resultados | 32 |
| 4.1 | Selección y adecuación de prácticas en biología de semillas | 32 |
| 4.1.1 | En el laboratorio | 32 |
| 4.1.1.1 | Ensayo uno: Efecto de la temperatura sobre la germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> var <i>capitata</i>). | 34 |
| 4.1.1.2 | Ensayo dos: Efecto de la luz sobre la germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> var <i>capitata</i>). | 39 |
| 4.1.1.3 | Ensayo tres: Prueba de germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> var <i>capitata</i>) en diferentes sustratos (Variante de tratamientos 1): | 44 |
| 4.1.1.4 | Ensayo cuatro: Prueba de germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> var <i>capitata</i>) (Variante de tratamientos 2): | 48 |
| 4.2 | Aplicación de la prueba piloto sobre la temática germinación de semillas | 52 |
| 4.3 | Diseño de protocolos para la práctica de germinación apropiados para el grado octavo de educación básica | 60 |
| 4.3.1 | Protocolo de la práctica uno: Efecto de la luz sobre la germinación de semillas | 64 |
| 4.3.2 | Protocolo de la práctica dos: Evaluación de la germinación de semillas en diferentes sustratos | 67 |
| | | 8 |

| | |
|----------------------------|----|
| Conclusiones | 71 |
| Referencias bibliográficas | 73 |
| ANEXOS. | 80 |

Lista de Tablas

| | |
|--|-----------|
| Tabla 4. 1: Semillas germinadas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> Var <i>Capitata</i>) en los ensayos sometidos a diferentes temperaturas: 20°C, 25°C y 4°C, respectivamente. N=12 cajas de Petri, cada caja de Petri conteniendo 50 semillas..... | 35 |
| Tabla 4. 2: Resultados de distribución de probabilidad binomial y comparación entre las germinaciones a 20°C y 25°C | 37 |
| Tabla 4. 3: Semillas germinadas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> var <i>capitata</i>) en los ensayos sometidos a fotoperiodo (12 h luz/12 h oscuridad) y oscuridad total. En cada caja de Petri se colocaron 50 semillas | 41 |
| Tabla 4. 4: Distribución binomial y comparación entre las germinaciones de lechuga en fotoperiodo y en oscuridad..... | 43 |
| Tabla 4. 5: Prueba de germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> var <i>capitata</i>) en tres sustratos: Tierra, cascarilla de arroz y humus (1:1:1) (A)/ tierra (B), humus y cascarilla de arroz (1:1) (C). En cada compartimiento del germinador se sembraron n= 3 semillas (cada germinador con 98 compartimentos) (1); tres germinadores por tratamiento. | 46 |
| Tabla 4. 6: Resultados de la distribución binomial para ensayos de germinación de lechuga (<i>lactuca sativa</i>), en tres sustratos diferentes..... | 47 |

| | |
|---|----|
| Tabla 4. 7: Prueba de germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> var <i>capitata</i>) en cuatro sustratos: Tierra, cascarilla de arroz y humus (1:1:1) (A); humus y cascarilla de arroz (1:1) (B); tierra (C); arena (D). En cada germinador se sembraron 298 semillas. | 50 |
| Tabla 4. 8: Resultados de la distribución binomial para ensayos de germinación de lechuga (<i>lactuca sativa</i>), en 4 sustratos diferentes. | 51 |
| Tabla 4. 9: Registro de las hipótesis individuales hechas por los estudiantes en la prueba del efecto de la luz en la germinación de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.). | 54 |
| Tabla 4. 10: Registro de las hipótesis individuales hechas por los estudiantes en la prueba del efecto de la luz en la germinación de girasol (<i>Helianthus annuus</i>). | 57 |
| Tabla 4. 11: Registro de las hipótesis individuales hechas por los estudiantes en la prueba de germinación de semillas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> var <i>capitata</i>) en diferentes sustratos | 59 |
| Tabla 4. 12: Hoja de predicciones individuales práctica uno: efecto de la luz sobre la germinación de semillas. | 65 |
| Tabla 4. 13: Hoja de predicciones grupales práctica uno: efecto de la luz sobre la germinación de semillas. | 66 |
| Tabla 4. 14: Hoja de predicciones individuales protocolo dos: evaluación de la germinación en diferentes sustratos. | 69 |

Tabla 4. 15: Hoja de predicciones grupales para el protocolo de la práctica dos:

Evaluación de la germinación en diferentes sustratos 70

INTRODUCCIÓN

La germinación de las semillas es uno de los eventos fundamentales en el ciclo de vida de algunas plantas y puede utilizarse como una temática central en el currículo escolar, pues involucra conceptos biológicos básicos como: la reproducción, el metabolismo celular, las transformaciones fisiológicas, el funcionamiento del ADN, algunas relaciones ecológicas, entre otras temáticas, importantes para la construcción del pensamiento científico en biología. Adicionalmente el analizar el proceso de germinación de semillas permite aproximarse al entendimiento de su función, por lo tanto, adentrarse en los estudios en fisiología vegetal.

Por su complejidad, el concepto de germinación, es difícil de entender por los estudiantes, cuando el aprendizaje no es significativo; es decir, cuando las metodologías no son suficientemente motivadoras, pues no permiten la reflexión, experimentación y el análisis de problemas concretos en el tema.

Por otro lado, en los lineamientos curriculares del Ministerio de Educación Nacional (MEN) se afirma que: “El sentido del área de ciencias naturales es brindar a los estudiantes la posibilidad de conocer los procesos químicos, físicos y biológicos, y su relación con los procesos culturales de manera que le sirvan para entender, solucionar y controlar su realidad” (MEN, 2011), otra razón para considerar propuestas innovadoras.

En este sentido, las prácticas de laboratorio son importantes, pero, muchas veces se presentan como simples instrucciones precisas sobre las operaciones que se deben ejecutar, las observaciones y medidas que se deben realizar y como afirma **Maguregi (2012)**, “la verdadera

intencionalidad del aprendizaje en ciencias debe ser el de brindar una verdadera participación en la práctica científica”.

En este trabajo se planteó la implementación de dos protocolos para germinación de semillas, utilizando la metodología de aprendizaje activo. Aranda et al (2014) se refieren a ésta como la metodología que involucra a los estudiantes en la reconstrucción de sus preconcepciones a través de una interacción social en el trabajo en grupo y la retroalimentación constante sobre conceptos aplicados a un contexto real.

La estrategia permitió, como se mencionó antes, detectar preconcepciones por parte de los estudiantes sobre los factores ambientales que necesitan las semillas para germinar; lo cual puede servir como herramienta en el proceso de construcción del conocimiento y en la generación de nuevas estrategias. Se evidenció, que es preciso utilizar metodologías que despierten y motiven el interés de los estudiantes, para que se realice un verdadero proceso meta cognitivo **(Campanario y Moya 1999)**.

Por último, es importante resaltar que esta propuesta, está acorde con la intencionalidad del Proyecto de Educación Ambiental (PRAE) de la Institución Educativa Kimy Pernia Domino donde se trabajó la prueba piloto, pues este tiene como objetivo implementar la agricultura urbana como parte de la solución a problemas alimentarios que pueden afectar el sector de Bosa.

1 Objetivo general

Implementar la metodología de aprendizaje activo en protocolos para prácticas de laboratorio en fisiología vegetal, utilizando el concepto de germinación de semillas, en el ciclo IV (grado octavo) de educación básica secundaria, que permita un aprendizaje significativo de la biología.

1.1. Objetivos específicos

- Adaptar prácticas de laboratorio relacionadas con el concepto de la germinación de semillas, reorientándolas al aprendizaje activo, para los estudiantes del grado octavo.
- Aplicar una prueba piloto, sobre la temática del proceso de la germinación de semillas, a un grupo de estudiantes del grado octavo.
- Diseñar protocolos para la práctica de germinación de semillas, apropiados para el ciclo IV de educación básica.

2 Metodología

Adecuación de prácticas de laboratorio en biología de semillas

Se revisaron prácticas en germinación de semillas, en manuales de laboratorio y en revistas especializadas (Suárez y Melgarejo, 2010; Vargas y Pérez, 2014). Con base en esta literatura, se seleccionaron ensayos que fuesen fácilmente adaptables a la metodología del aprendizaje activo (ensayos de fácil observación por los estudiantes).

Las diferentes prácticas se analizaron teniendo en cuenta los materiales, los reactivos empleados, la facilidad para conseguirlos y los resultados. Igualmente se revisaron catálogos de semillas de jardín y hortalizas (Manual de agricultura urbana, 2009; García, 2013; USAID, 2008) determinando las más adecuadas para la realización de las prácticas.

Con esta información se verificaron y adaptaron los protocolos descritos en los manuales como: porcentaje de germinación, efecto de la temperatura sobre la germinación y efecto de la luz sobre la germinación; los cuales fueron replicados en el laboratorio de fisiología vegetal, del departamento de biología, de la Universidad Nacional de Colombia.

Inicialmente se utilizaron semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var capitata) para la revisión y adaptación de los ensayos; posteriormente para la prueba piloto con los estudiantes, se propuso, además, semillas de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) y semillas de girasol (*Helianthus annuus*), con intención de encontrar observaciones contrastantes que pudieran identificar los estudiantes.

Aplicación de la prueba piloto:

La prueba piloto se aplicó a veinte estudiantes de grado octavo, identificando los comportamientos frente a la metodología del protocolo. Se les proporcionó a los estudiantes las instrucciones y el material necesario para dicha práctica y se les orientó para la recolección de las observaciones. Las semillas que se utilizaron para trabajar los protocolos fueron, además de la semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var capitata) antes mencionada, semillas de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) y semillas de girasol (*Helianthus annuus*).

La información fue reseñada en los formatos diseñados; así como los comportamientos, situaciones antes, durante y después de la práctica, con el fin de aplicar las observaciones en el diseño final del protocolo.

Optimización de los protocolos de la práctica de germinación.

Para diseñar los protocolos de las prácticas se definieron los siguientes parámetros durante la actividad realizada con los estudiantes:

- La formulación de predicciones a partir de preguntas planteadas acerca de las observaciones del ensayo. Para ello se diseñaron dos hojas, una de predicciones individuales y otra de predicciones grupales.
- El planteamiento de supuestos o hipótesis acerca de las problemáticas planteadas.
- La contrastación entre los supuestos y los resultados obtenidos.

3 Aspectos epistemológicos en didáctica de la biología

Estudios en enseñanza de las ciencias muestran que la mayoría de las facultades en educación han prestado poca o ninguna atención a métodos más eficaces para un verdadero aprendizaje. Esto se refleja en la poca innovación de algunos profesores de biología, que a su vez repercute en la baja comprensión de la asignatura por parte de los estudiantes (**Alters y Nelson 2002**).

Sin embargo; **Ruiz (2005)**, afirma que “La ciencia sigue siendo un acumulado de conocimientos, pero surge aquí un nuevo elemento, el potencial significativo del material, en donde se relaciona la lógica interna de la ciencia con la lógica del aprendizaje del educando; es decir, que el proceso de construcción de la ciencia es compatible con el proceso de aprendizaje desarrollado por el educando”, esto es lo que el autor denomina modelo resignificativo (p. 41-50).

Relacionando estas afirmaciones, es indispensable saber y entender lo que el educando piensa acerca de los conceptos y en consecuencia enseñar. El docente debe ser un guía en el proceso de enseñanza-aprendizaje, utilizando como herramientas la explicación y la ampliación de los denominados preconceptos, que van a conectar cognitivamente los presaberes del educando y la nueva información que el docente lleva al aula (**Hodson, 1994**).

Para llegar a esta propuesta, la didáctica de la ciencia ha atravesado por muchas etapas, aunque de una manera desarticulada. Según **Gil et al. (1999)**, “...desde los años 60 y 70 numerosos trabajos consideraban las prácticas en ciencias como una “receta” que seguir, desarticulada con la realidad, con una visión deformada y empobrecida de la actividad científica. En la década de

los noventa se centraron los estudios en las concepciones alternativas de los estudiantes, pero tenían poco que ver con las prácticas de laboratorio, con la resolución de problemas y con la evaluación”.

Por otro lado, los docentes han tratado de superar la enseñanza enciclopédica y la solución a las dificultades de aprendizaje a través de la realización de abundantes trabajos prácticos (**Gil, et al., 1999**), pero difíciles de realizar, porque siempre se relacionan con factores externos (falta de instalaciones y material adecuado, excesivo número de estudiantes y carácter enciclopédico de los currículos). La enseñanza habitual precisa algo más que el reconocimiento de sus carencias o la introducción de innovaciones puntuales restringidas a un solo aspecto, se deberían integrar todos los aspectos que interfieren en el aprendizaje real de las ciencias y en particular de las ciencias biológicas.

En la actualidad se propone una alternativa constructivista que involucra a los estudiantes como cómplice del ejercicio de pensar y repensar los conocimientos generalmente elaborados. Las prácticas de laboratorio en este sentido son necesarias, pero deben ser innovadoras, para que realmente sean eficaces en el aprendizaje de las ciencias y deben apuntar a la resolución de problemas. Los estudiantes deben reflexionar, preguntarse, discutir, llegar a acuerdos ante una situación concreta para llegar a construir la hipótesis y enfrentarse a situaciones desconocidas (**Carreto, 1997**).

Cuando la enseñanza-aprendizaje se asume como una “investigación dirigida”, en donde se trabaja conjuntamente la teoría (aprendizaje conceptual), el trabajo práctico y la resolución de

problemas, es probable que realmente se alcancen los objetivos propuestos para el aprendizaje de las ciencias (Solbes, 2009).

3.1 Alternativa estratégica metodológica para enseñar ciencias

Mc Denmolt (como se citó en Benegas 2007), propuso analizar 6 generalidades o vacíos que se presentan en los procesos de enseñanza-aprendizaje: la memorización a corto plazo, las temáticas no conectadas con la realidad del estudiante, la enseñanza enciclopédica, la poca motivación para aprender, las prácticas descontextualizadas, el poco incremento en la capacidad de análisis y razonamiento.

Para superar estos vacíos se propusieron los métodos de enseñanza activa, en donde se enfatiza el rol que el estudiante debe tener en el proceso de construcción de su propio conocimiento. Aquí el docente se transforma en un guía que ofrece al estudiante material científico para que resuelva sus dificultades de aprendizaje (Serrato, 1987).

Benegas, (2007), en referencia a la metodología de aprendizaje activo reportó varias generalidades que deben guiar el proceso de enseñanza:

- Para evaluar el aprendizaje son esenciales preguntas que requieran un razonamiento cualitativo y respuestas verbales.
- Los estudiantes necesitan una práctica sostenida para evaluar el formalismo científico y relacionarlo con el mundo real.

- Las dificultades conceptuales persistentes deben ser atacadas en diferentes situaciones.
- Los estudiantes deben participar en la construcción de modelos cuantitativos y en su explicación para comprender el mundo real.
- El razonamiento científico debe ser motivado constantemente.
- El estudiante debe estar intelectualmente activo en el proceso de aprendizaje para lograr una verdadera comprensión.

Finalmente, toda enseñanza de las ciencias debe tener los siguientes principios para lograr un verdadero ejercicio de enseñanza- aprendizaje (**Siberman, 1998**):

- Principio constructivista, debido a que los individuos construyen y reconstruyen conceptos a partir de concepciones alternativas.
- Principio contextual, porque esta construcción depende del estado mental del individuo y el contexto donde se encuentre ubicado.
- Principio de cambio, ya que lograrlo es muy difícil pero se logra con una planificación y estrategias bien definidas.
- Principio de la función de distribución, que quiere decir que los individuos muestran una variación de estilos de aprendizaje.

3.2 En cuanto a la enseñanza de la biología

Autores como **Castro y Valbuena (2007)**, reconocen “... *que no se trata de hacer una transferencia directa de los contenidos biológicos desde la lógica disciplinar a su enseñanza, ya que se asume que el conocimiento biológico escolar emerge a partir de la integración y transformación de la Biología, la Didáctica, el conocimiento del profesor y de los estudiantes, las características del contexto, entre otros aspectos*” (pag. 127).

En cuanto a los conceptos estructurantes de la biología, entendidos estos como aquellos que le permiten al estudiante transformar y reconstruir sus preconceptos; los autores proponen los siguientes conceptos: “el de **organización** para comparar los organismos y sus propiedades comunes, y el **integrón** entendido como muchas unidades integrando una más compleja, provocando la emergencia de características que en las unidades no existen. Los organismos son **biosistemas** o sistemas abiertos que se modifican en el espacio y el tiempo, la **transformación** que conllevan el cambio evolutivo, la **diversidad** para comprender la variedad de formas y procesos que se llevan a cabo en el mundo viviente, la **autopoiesis** que tiene que ver con la homeostasis, el equilibrio dinámico y la autorregulación, y finalmente, la **reproducción**. Estos estructurantes deben interrelacionarse de diversas maneras, a través de redes conceptuales” **Castro y Valbuena (2007)**.

Ahora bien, "...es posible que el estudiante no dé cuenta de un concepto estructurante; pero es factible que lo haya elaborado y lo use para construir e integrar otros saberes" (**Castro y Valbuena, 2007, p. 126-145**).

De esta manera las temáticas enseñadas tradicionalmente, deberían reestructurarse con base en estos conceptos estructurantes, para que los estudiantes desarrollen un pensamiento sistémico de la biología. Por otro lado, la experimentación biológica como una de las estrategias metodológicas, no puede limitarse a cómo se realizan las prácticas en física y química, pues "el biólogo debe inventar su técnica propia", porque el problema en biología no es utilizar los conceptos experimentales, sino construir experimentalmente los conceptos auténticamente biológicos" (**Canguilhem, 1976, p. 20**). Se debe tener en cuenta que no se pueden comparar dos sistemas exactamente iguales, los cuales en biología no existen (sobre todo en lo que tiene que ver con la información genética) (**Castro y Valbuena, 2007, p. 140**).

Otra precaución para experimentar en biología es que no se puede predecir de una manera exacta el futuro de un sistema si se conoce el estado actual, después de todo no se puede comprender todo a partir de la suma de sus partes. Finalmente, a la hora de experimentar en biología, la irreversibilidad se convierte en una dificultad para la previsión (**Castro y Valbuena, 2007**).

3.3 Contenidos básicos del área de ciencias naturales y educación ambiental para el ciclo IV

Según los lineamientos curriculares por el **MEN (2011)**, el conocimiento de algunos procesos biológicos que debe tener un estudiante de ciclo IV y que se pueden trabajar a través de esta

propuesta son: respiración, crecimiento, nutrición, reproducción, división celular, fotosíntesis, intercambio de materia y energía de un sistema con su entorno (homeostasis y metabolismo). Además, teniendo en cuenta los estándares de ciencias naturales (MEN, 2004), los conocimientos que debe tener un estudiante en cuanto al quehacer científico son:

- Observación de fenómenos específicos.
- Planteamiento de preguntas específicas sobre una observación y/o sobre una experiencia.
- Formulación de hipótesis con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos.
- Proposición de modelos para predecir los resultados de un experimento planteado.
- Establecimiento de la diferencia entre descripción, explicación y evidencia.
- Registro de resultados en forma organizada y sin alteración alguna.
- Conclusiones sobre los experimentos realizados.
- Proposición y sustentación de respuestas a preguntas; adicionalmente, competencias para comparar a través de la discusión y el análisis en grupo.

3.4 Aspecto disciplinar

La semilla y su germinación: Para la propagación de algunas plantas, es fundamental la dispersión y la germinación de semillas, que inician su desarrollo inmediatamente después de la

fecundación del óvulo; es decir, son el producto de la reproducción sexual. En plantas angiospermas las semillas se forman un tiempo luego de la fecundación, que en este caso es: uno de los gametos masculinos se funde con la ovocélula formando el cigoto, mientras que el otro se une con los núcleos polares formando un núcleo triploide que dará origen al endospermo (**Barcelo et al., 1983**). La semilla es importante en la continuidad y dispersión de las plantas, regeneración de los bosques y sucesión ecológica, es alimento básico para muchos animales incluyendo al hombre que las puede almacenar vivas por largos periodos de tiempo (como se cita en Doria, 2010, pág. 75).

Como indican **Suárez y Melgarejo (2010)**, una semilla contiene el eje embrional y el endospermo o cotiledones (depende de si es monocotiledónea o dicotiledónea) que proveen al embrión de nutrientes para el desarrollo de la nueva plántula. El objetivo del embrión es transformarse en una plántula, que sea capaz de valerse por sí misma, para ello, realiza un proceso metabólico y morfogenético denominado germinación. Por ejemplo, en las semillas de dicotiledóneas las reservas del endosperma son utilizadas completamente durante la maduración del embrión y son sustituidas por los cotiledones que actúan como órganos de reserva para la germinación de la semilla. Los tegumentos que rodean el óvulo se transforman en la testa, y al final de la maduración la testa se esclerifica transformándose en una cubierta protectora. La síntesis de sustancias de reserva en la maduración de semillas es un acontecimiento importante, pues servirán como sustancias alimenticias durante las fases de desarrollo del embrión (**Barcelo et al., 1983**). Antes de la germinación, las semillas se encuentran en una fase que se caracteriza como dormancia impuesta por la hormona ácido abscísico (ABA), bloqueadores metabólicos u otros agentes que dificultan la transición hacia la germinación. Un agente como la luz o las

variaciones de la temperatura cambian el balance a favor de los promotores como las hormonas giberelinas, y se despliega así el proceso de germinación **(Rosabal et al., 2014)**.

Se han determinado las siguientes fases en el proceso de germinación:

3.4.1 Imbibición o absorción de agua por la semilla

En esta fase las moléculas de agua penetran en la semilla provocando un aumento en el peso de la misma. La entrada del agua al interior de las semillas da lugar a una rehidratación de las reservas alimenticias que solo pueden ser asequibles al embrión en presencia de agua; además se activan los sistemas enzimáticos de hidrólisis de las sustancias de reserva **(Suárez y Melgarejo, 2010)**. La toma de agua por la semilla se da en tres fases, con una toma inicial rápida (fase I, imbibición), que se produce por el empuje del agua desde una zona mojada (el medio) a una seca (la semilla). A continuación le sigue la fase de meseta (fase II) donde el proceso de absorción es mucho más lento, pudiendo detenerse la absorción. Luego un rápido crecimiento en la toma de agua (fase III) y en ella hay un nuevo incremento de la absorción, asociado al crecimiento de la radícula y a la actividad metabólica que implica la germinación. Tan pronto como la semilla se imbebe, ocurren cambios en el metabolismo, que inician con la acción de fuerzas mátricas y la atracción intracelular de moléculas por el agua, activándose así las enzimas y el metabolismo respiratorio, iniciándose la degradación de azúcares para producir energía en forma de ATP **(Rosabal et al., 2014)**.

3.4.2 Activación enzimática

En la segunda fase se inicia la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, y ocurre la translocación y asimilación de las reservas alimentarias del embrión en las regiones en crecimiento. La degradación de proteínas durante la germinación de las semillas es un proceso complejo en el cual están involucrados una serie de enzimas proteolíticas, llamadas proteasas **(Rosabal et al., 2014)**.

3.4.3 Elongación del embrión y salida de la radícula luego de la ruptura de la testa

Finalmente en la fase III, se observa la elongación de la raíz. La raíz se convierte en funcional durante esta fase y es la responsable de que se incremente la toma de agua que se evidencia en esta etapa. El crecimiento y la división celular que suceden por la activación del metabolismo de las células de las semillas provocan la emergencia de la radícula, llegando así al fin del proceso de germinación y propiciando a su vez el posterior desarrollo de la plúmula **(Rosabal et al., 2014)**.

La germinación está influenciada por factores internos como la variabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva, y los diferentes tipos de dormancia; y factores externos como la disponibilidad de agua, temperatura y tipo de luz. En otras palabras, cuando la semilla tiene las condiciones óptimas de factores ambientales y los factores endógenos, se posibilita el proceso de la germinación, el cual se evidencia con la rotura de la testa y salida de la radícula. El

estudio del proceso de germinación es importante ya que a partir de allí se cultivan plantas de vital importancia para la alimentación, la restauración de ecosistemas, el mantenimiento ambiental y la conservación de especies (**Suárez y Melgarejo, 2010**).

3.4.4 Dormancia de semillas

La dormancia en algunas semillas es una adaptación que consiste en que, teniendo todas las condiciones óptimas para germinar no lo hacen, debido a alguna restricción interna la cual impide el desarrollo total del embrión, la germinación solamente ocurrirá cuando dicha restricción sea superada.

El agua es uno de los requerimientos básicos para el proceso de germinación y es esencial para la activación enzimática, translocación y uso del material de reserva de las semillas (**Rosabal et al., 2014**). Si el agua es restringida, un gran número de genes y sus productos inducidos por el déficit de agua participan en la protección de las estructuras celulares. Dentro de este conjunto se encuentran las proteínas LEA, siendo identificadas como genes que se expresan durante las fases de maduración de las semillas. Las proteínas LEA (abundantes en embriogénesis tardía) son una amplia familia de proteínas de plantas que se almacenan en las semillas secas. Su presencia en tejidos vegetativos se restringe a situaciones de estrés osmótico. Son proteínas muy hidrofílicas y resistentes a altas temperaturas y a déficit hídrico. Estas propiedades sugieren el papel protector de las proteínas LEA a estructuras celulares específicas y aminoramiento de los efectos del estrés, ayudando en el mantenimiento de los requerimientos mínimos de agua en la célula (**Rosabal et al., 2014**).

Algunos tipos de dormancia:

Según **Barceló et al. (1983)**, **Vargas et al., (2014)** existen dos tipos de dormancia, una que tiene que ver con la incapacidad de germinar, debida a la ausencia de condiciones apropiadas; es decir, una dormancia impuesta, y la otra es la dormancia innata u orgánica que tiene que ver con las condiciones intrínsecas de la propia semilla.

- Dormancia física: Las testas de estas semillas son impermeables al agua, probablemente por la presencia de una densa cutina y el desarrollo de células en empalizada. Tratamientos como abrasión en arena, inmersión de semillas en ácido sulfúrico o agua hirviendo pueden lograr la germinación de dichas semillas.

- Dormancia mecánica: Se debe a la presencia de una testa dura, que impide que el embrión lo rompa y por tanto la eliminación de este puede acelerar la germinación.

- Dormancia química: en algunas de estas semillas existen inhibidores de naturaleza fenólica que se encuentran en la testa, inhibiendo la germinación en estaciones secas. La eliminación de la testa puede iniciar la germinación en estos casos.

- Dormancia morfológica: El subdesarrollo del embrión que no permite la germinación hasta que complete su total desarrollo, que puede lograrse bajo condiciones de estratificación a temperaturas adecuadas.

- Dormancia fisiológica: la disminución de la actividad metabólica en los embriones provoca este tipo de dormancia. En este caso las semillas pueden salir de este estado, mediante el almacenamiento seco o un tratamiento frío o luminoso.

Los estudios realizados por **Hilton y Owen (1985)**, indican que las semillas secas se caracterizan por una baja tasa metabólica, debido a su bajo contenido de agua. Sin embargo, se ha detectado un alto consumo de oxígeno durante el almacenamiento en algunas semillas como las de lechuga. Los autores relacionaron este aumento en el consumo de oxígeno con la activación del fitocromo por acción de la luz, aumentando el metabolismo en estas semillas fotosensibles durante la ruptura de la dormancia primaria.

3.4.5 Factores extrínsecos que afectan la germinación

Luz: Los primeros estudios sobre el fitocromo (1930) y su influencia sobre el desarrollo de las plantas se identificaron en las respuestas morfogénicas inducidas por la luz roja en la germinación de semillas, una respuesta típica fotoreversible inducida por fitocromo es la promoción en germinación de semillas de lechuga; “La luz roja promueve la germinación de semillas de lechuga, pero este efecto se invierte por la luz roja lejana” (**Taiz y Zeiger., 2002**).

La dormancia más estudiada es la exhibida por semillas sensibles a la luz, se ha reportado, por ejemplo en semillas de lechuga que 1 o 2 minutos es suficiente para obtener un porcentaje elevado de germinación, en este caso estas semillas son también afectadas por la temperatura. Adicionalmente, algunas variedades de lechuga que germinan a 25°C pueden hacerlo en la oscuridad a temperaturas inferiores. Los requerimientos de luz pueden perderse mediante el almacenamiento en sitios secos, de tal manera que las semillas después de un tiempo pueden germinar en oscuridad completa. En este caso el fitocromo puede estar implicado en la respuesta de las semillas a la luz, tanto si inhibe o estimula la germinación, ya que ambos procesos

muestran la reversión rojo-rojo lejano, reacciones controladas por el fitocromo (**Georghius et al., 1983**).

Ecológicamente el papel del fitocromo en la dormancia de semillas, es la de suministrar un sensor lumínico que puede desencadenar el proceso de germinación cuando la semilla se encuentra en la superficie del suelo, de igual forma puede suministrar un mecanismo para inhibir la germinación cuando la semilla en la superficie se encuentra sombreada por un denso bosque. Según el tipo de radiación recibida, el fitocromo adopta dos formas distintas y fotoconvertibles entre sí, esto es lo que se denomina sistema fitocromo (**Barcelo et al., 1983**). El estudio de la influencia de diferentes longitudes de onda del espectro visible, sobre la germinación de semillas de lechuga, comprobó que la longitud de onda más eficiente para inducir la germinación era la luz roja de 660 nm y la zona del espectro más activa para inhibirla era a 730 nm; iguales efectos encontraron para luz azul. La luz roja, según la longitud de onda escogida, actuaba de forma antagónica sobre un posible receptor, el cual regularía el proceso de germinación (**Barcelo et al., 1983**).

Temperatura: Las semillas sólo germinan dentro de un margen de temperatura. El límite inferior está en 0° C, el óptimo entre 25 y 31°C y el máximo entre 40 y 50°C, dependiendo de la especie. En contraste con aquellas semillas que germinan inmediatamente al ser colocadas a una temperatura determinada, están aquellas que requieren una alternancia periódica de temperatura (**Barcelo et al., 1983; Vargas et al., 2014**). En el caso de las semillas de lechuga, la capacidad para germinar en altas temperaturas depende del genotipo y pueden dividirse en termosensibles y termotolerantes (**Sung et al., 2008**).

4. Resultados

4.1 Selección y adecuación de prácticas en biología de semillas

4.1.1 En el laboratorio

Se tuvieron en cuenta los principales factores que influyen en la germinación como la temperatura y la luz, debido a que son factores que determinan “la liberación de la dormancia, después de la maduración de la semilla” (Vargas et al., 2014). Además de la implementación de diferentes sustratos para observar los porcentajes de germinación.

Se tomaron como referencia los ensayos para evaluar los efectos de la temperatura y la luz en el porcentaje de germinación propuestos por Suárez y Melgarejo (2010), en semillas de lechuga. Los cuales son protocolos operativos estandarizados (POE) que se basan en las normas internacionales de estudios en semillas.

Las semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) var capitata, tipo Batavia, fueron elegidas para la práctica, debido a su germinación rápida y de fácil manejo. Presentan fotoblastia positiva, debido al fotorreceptor que poseen las semillas llamado fitocromo el cual percibe el estímulo de luz en la longitud de onda de 660nm (rojo) y es suficiente para iniciar el proceso pre-germinativo, mientras que el rojo lejano la inhibe (García, 2013).

A los resultados obtenidos se les calculó el promedio, la desviación estándar, el coeficiente de variación, la distribución binomial normal, utilizando el programa excel 2010.

Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Coficiente de variación:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

Distribución Binomial Normal:

$$p(X = k) = \binom{n}{k} p^k \cdot q^{n-k}$$

Se considera que la distribución binomial se puede aplicar a estos resultados, debido a que el experimento cumple las siguientes características:

n es el número de pruebas o sucesos iguales, cada suceso tiene dos posibles resultados y son independientes.

k es el número de éxitos.

p es la probabilidad de éxito y va ser siempre la misma.

q es la probabilidad de fracaso.

Por tanto,

El número combinatorio
$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

4.1.1.1 Ensayo uno: Efecto de la temperatura sobre la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var capitata).

Objetivo: Establecer el efecto de la temperatura sobre el porcentaje de germinación en semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var capitata).

Materiales: semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var capitata), cajas de Petri, papel filtro, vinipel, agua destilada, incubadora, refrigerador.

Metodología:

1. Se montaron tres tratamientos de la siguiente manera:

En cajas de Petri se colocaron semillas de lechuga, en medio estándar de germinación (caja Petri, papel filtro y agua) así:

- Doce cajas Petri con el Tratamiento 1: 4°C (refrigerador).
- Doce cajas Petri con el Tratamiento 2: 20°C (temperatura ambiental).
- Doce cajas Petri con el Tratamiento 3: 25°C (incubadora).

Cada caja Petri conteniendo 50 semillas y agua que apenas cubriera la mitad del tamaño de la semilla. Se cubrió cada caja con vinipel. Se registró dos veces por semana el número de semillas germinadas (**Godoy y Takaki, 2004 tomado de Suárez y Melgarejo, 2010**). Con los datos obtenidos, se determinó el porcentaje de germinación, desviación estándar, coeficiente de variación y distribución binomial normal.

Hipótesis: el promedio en el número de germinaciones deben ser muy similares en los lotes expuestos a temperaturas de 20°C y 25°C. Basados en el manual de **USAID (2008)** para la germinación de lechuga, se especifica que la temperatura debe estar entre 20°C y 24°C para unos resultados óptimos de germinación.

Resultados:

De acuerdo con los datos de la tabla 4.1, el tratamiento donde se obtuvo mayor número de semillas germinadas fue el de temperatura a 20°C con un promedio de semillas germinadas de 33.66, comparado con el tratamiento a temperatura de 25°C que fue de 19.25.

Tabla 4. 1: Semillas germinadas de lechuga (*Lactuca sativa Var Capitata*) en los ensayos sometidos a diferentes temperaturas: 20°C, 25°C y 4°C, respectivamente. N=12 cajas de Petri, cada caja de Petri conteniendo 50 semillas

| Número de cajas | Número de Germinaciones a 20°C | % De Germinación a 20°C | Número de Germinaciones a 25°C | % de Germinaciones a 25°C | Número de Germinaciones a 4°C |
|-----------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1 | 36± 2.49 | 72 | 13±6.07 | 26 | 0 |
| 2 | 32± 2.49 | 64 | 18±6.07 | 36 | 0 |

| | | | | | |
|---------------------------------|----------|------|---------|------|---|
| 3 | 31± 2.49 | 62 | 12±6.07 | 24 | 0 |
| 4 | 30± 2.49 | 60 | 22±6.07 | 44 | 0 |
| 5 | 38± 2.49 | 76 | 29±6.07 | 58 | 0 |
| 6 | 34± 2.49 | 68 | 29±6.07 | 58 | 0 |
| 7 | 35± 2.49 | 70 | 12±6.07 | 24 | 0 |
| 8 | 34± 2.49 | 68 | 20±6.07 | 40 | 0 |
| 9 | 34± 2.49 | 68 | 18±6.07 | 36 | 0 |
| 10 | 37± 2.49 | 74 | 22±6.07 | 44 | 0 |
| 11 | 30± 2.49 | 60 | 23±6.07 | 46 | 0 |
| 12 | 34± 2.49 | 68 | 13±6.07 | 26 | 0 |
| Promedio | 33.66 | 67.5 | 19.26 | 38.5 | 0 |
| Coefficiente de variación | 0.074 | | 0.40 | | |

Por lo tanto, esto contrasta con lo indicado en la hipótesis, pues aunque hubo germinación en los dos tratamientos, no se observaron datos similares entre el tratamiento a temperatura de 20°C, con un porcentaje de germinación de 67.5%, y el de 25°C cuyo porcentaje fue de 38.5%. Se observó además total inhibición de la germinación en el tratamiento sometido a 4°C.

En cuanto a la desviación estándar, que indica cuánto tienden a alejarse los valores del promedio, mostró que los datos más homogéneos fueron los obtenidos en el ensayo a temperatura de 20°C, con una valoración de +/- 2.49 en comparación con el ensayo a 25°C que mostró una desviación estándar de +/-6.07; en este último los datos fueron más dispersos y tendieron a alejarse del promedio. Finalmente, con respecto al coeficiente de variación y su promedio, que indican cómo son los datos en comparación uno del otro, siguió siendo el ensayo de temperatura a 20°C el que mostró un valor menor (0.074) indicando con esto las condiciones entre los hechos o sucesos, en este caso las condiciones entre las réplicas de este ensayo son similares y por lo tanto más confiables.

Las semillas sometidas al ensayo a temperatura de 20°C, fue las más óptima para la germinación de las semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var capitata), y se encontró en el rango registrado por **Sung et al (2008)**, quienes reportaron que “la temperatura óptima para la germinación de muchos cultivares de lechuga está entre 15 y 22°C, y puede inhibirse por encima de 27°C”. La Tabla 4.2 muestra los resultados de la distribución binomial y la comparación entre la germinación de lechuga a 20°C y 25°C

Tabla 4. 2: Resultados de distribución de probabilidad binomial y comparación entre las germinaciones a 20°C y 25°C

| Número del ensayo (n) | Distribución de Probabilidad binomial en la germinación de las semillas a 25°C P(x) | Distribución de Probabilidad binomial en la germinación de las semillas a 20°C P(x) | Distribución de la probabilidad binomial acumulada en la germinación a 25°C P(x)Acumulado | Distribución de la Probabilidad binomial en la germinación de las semillas a 20°C P(x)Acumulado |
|-----------------------|--|--|--|--|
|-----------------------|--|--|--|--|

| | | | | |
|----|--|--|-------------|-------------|
| 0 | 0,00292753 | 0,000001389 | 0,000001389 | 0,00292753 |
| 1 | 0,021992178 | 0,000034610 | 0,000035999 | 0,024919709 |
| 2 | 0,075721037 | 0,000395353 | 0,000431352 | 0,100640745 |
| 3 | 0,158008668 | 0,002737060 | 0,003168411 | 0,258649413 |
| 4 | 0,222560989 | 0,012790490 | 0,015958901 | 0,481210403 |
| 5 | 0,222922877 | 0,042503782 | 0,058462683 | 0,70413328 |
| 6 | 0,162812237 | 0,102989933 | 0,161452616 | 0,86694551 |
| 7 | 0,087362664 | 0,183344715 | 0,344797331 | 0,95430818 |
| 8 | 0,03418153 | 0,237995544 | 0,582792875 | 0,98848971 |
| 9 | 0,009510308 | 0,219688194 | 0,802481069 | 0,998000018 |
| 10 | 0,001786082 | 0,136882644 | 0,939363713 | 0,999786101 |
| 11 | 0,000203294 | 0,051689950 | 0,991053663 | 0,999989395 |
| 12 | 0,000010605 | 0,008946337 | 1 | 1 |
| | Probabilidad de éxito de germinación 0,385 | Probabilidad de éxito de germinación 0,675 | | |

En general se puede observar en la tabla de distribución binomial que, es poco probable que en los ensayos 20°C y 25°C no haya ninguna germinación de semillas o que todas las semillas germinen.

Al comparar las probabilidades del éxito de germinación en las dos temperaturas (25°C y 20°C), la mayor probabilidad de germinación se da a temperatura de 20°C con un valor 0,675.

Los resultados de la distribución binomial muestran que a temperatura de 20°C la probabilidad de germinación es más alta a medida que aumentan los ensayos, como se ve en la tabla a partir del ensayo 6 el valor de la distribución binomial aumenta; mientras que a temperatura de 25°C, el valor de la distribución binomial aumenta a partir de la caja 3 hasta la 6 y luego disminuye significativamente, lo cual ratifica que el éxito de germinación de semillas se da en temperatura a 20°C.

4.1.1.2 Ensayo dos: Efecto de la luz sobre la germinación de semillas de lechuga (Lactuca sativa var capitata).

Objetivo: Determinar el efecto de la luz sobre la germinación de semillas de lechuga.

Materiales: semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var capitata), cajas de Petri, papel filtro, papel aluminio, vinipel.

Metodología

1. Se montaron dos tratamientos de la siguiente manera:

En cajas de Petri se colocaron semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var capitata), en medio estándar de germinación (caja Petri, papel filtro y agua) así:

- Doce cajas Petri con el tratamiento 1: En fotoperiodo normal (12 horas luz/12 horas oscuridad).
- Doce cajas Petri con el Tratamiento 2: En oscuridad total (se cubrió cada caja con papel aluminio).

Para cada caso, en cada caja Petri se colocaron 50 semillas.

2. Se registró dos veces por semana el número de semillas germinadas (Godoy y Takaki 2004, tomado de Suárez y Melgarejo 2010).

Con los datos obtenidos, se determinó el porcentaje de germinación, desviación estándar, coeficiente de variación y distribución binomial normal.

Hipótesis: las semillas de lechuga son sensibles a la luz, según **Barceló et al, (1983)** “*Las semillas de lechuga necesitan 1 a 2 minutos de luz para obtener un porcentaje elevado de germinación*”; por lo tanto el número de semillas germinadas o el porcentaje de germinación debe ser mayor en el montaje sometido a fotoperiodo en comparación con las sometidas a oscuridad total.

Resultados:

La tabla 4.3 muestra que aparentemente no hay diferencias contrastantes entre los porcentajes de germinación de los ensayos sometidos a fotoperiodo y a oscuridad total. En el tratamiento en fotoperiodo se observó 69.66% de germinación, en tanto que en el tratamiento en oscuridad 69.17 %; similar ocurre con los promedios de semillas germinadas 34.83 para fotoperiodo y

34.58 para oscuridad total. Los resultados contrastan con lo indicado en la hipótesis, y no se puede afirmar que la germinación en fotoperiodo es más eficiente.

Tabla 4. 3: Semillas germinadas de lechuga (*Lactuca sativa var capitata*) en los ensayos sometidos a fotoperiodo (12 h luz/12 h oscuridad) y oscuridad total. En cada caja de Petri se colocaron 50 semillas

| Nº de cajas de Petri por tratamiento | Número de semillas germinadas y porcentaje de germinación | | | |
|---|--|---|--|--|
| | Germinaciones En fotoperiodo 12/12h | Porcentaje de germinaciones en fotoperiodo 12/12h | Germinaciones en Oscuridad total | Porcentaje de germinación en oscuridad total |
| 1 | 33+-5.13 | 66 | 40+- 2.91 | 80 |
| 2 | 40+-5.13 | 80 | 35+- 2.91 | 70 |
| 3 | 40+-5.13 | 80 | 35+- 2.91 | 70 |
| 4 | 29+-5.13 | 58 | 34+- 2.91 | 68 |
| 5 | 37+-5.13 | 74 | 39+- 2.91 | 78 |
| 6 | 36+-5.13 | 72 | 36+- 2.91 | 72 |
| 7 | 35+-5.13 | 70 | 32+- 2.91 | 64 |
| 8 | 31+-5.13 | 62 | 36+- 2.91 | 72 |
| 9 | 26+-5.13 | 52 | 32+- 2.91 | 64 |
| 10 | 36+-5.13 | 72 | 33+- 2.91 | 66 |

| | | | | |
|------------------------------------|----------|-------|-----------|-------|
| 11 | 31+-5.13 | 62 | 30+- 2.91 | 60 |
| 12 | 44+-5.13 | 88 | 33+- 2.91 | 66 |
| Promedio | 34.83 | 69.66 | 34.58 | 69.17 |
| Desviación estándar | +/-5.13 | | +/- 2.91 | |
| Coeficiente de variación | 0.15 | | 0.08 | |
| Coeficiente de variación cómo % | 14.73 | | 8.40 | |

Sin embargo, la desviación estándar, mostró que los datos más homogéneos fueron los obtenidos en oscuridad total (con solo +/-2.91, alejados del promedio), comparados con el tratamiento en fotoperiodo (+/-5.13), de igual forma el dato de coeficiente de variación y su porcentaje (0.08 y 8.40, respectivamente); por consiguiente se puede interpretar que los datos más confiables son los de oscuridad total porque tienen menos dispersión comparados con los de fotoperiodo.

Estos resultados contradicen la hipótesis planteada. Según **Dalling (2002)**, las semillas de lechuga presentan latencia condicional o facultativa a la luz, es decir la ruptura de la dormancia depende de la calidad de luz (luz roja y luz roja lejana), además, solo necesitan de 1 a 2 minutos de luz para que comience la germinación de semilla de lechuga.

De acuerdo con los estudios realizados por **Georghius et al (1983)**, las semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var capitata) germinan óptimamente bajo condiciones específicas como temperaturas de 20°C, luz rojo continuo y lejano, y apropiadas soluciones osmóticas; factores

que actúan simultáneamente y que en este ensayo no se tuvieron en cuenta. La tabla 4.4 muestran los resultados de Distribución Binomial y comparación entre las germinaciones de lechuga en Fotoperiodo y en oscuridad.

Tabla 4. 4: Distribución binomial y comparación entre las germinaciones de lechuga en fotoperiodo y en oscuridad

| Número de Ensayo N | Distribución de Probabilidad binomial en la germinación de las semillas en P(x) fotoperiodo | Distribución de Probabilidad binomial en la germinación de las semillas en P(x)oscuridad | P(x) fotoperiodo acumulado | P(x)oscuridad acumulada |
|-----------------------|---|--|----------------------------|-------------------------|
| 0 | 0,000000060839 | 0,0000000737365 | 0,0000000608397 | 0,0000000737365 |
| 1 | 0,00000167624 | 0,00000198522 | 0,00000173708 | 0,00000205895 |
| 2 | 0,000211674 | 0,000244971 | 0,000229044 | 0,000265561 |
| 3 | 0,001619994 | 0,001832052 | 0,001849038 | 0,002097612 |
| 4 | 0,00836881 | 0,009248355 | 0,010217848 | 0,011345967 |
| 5 | 0,030743377 | 0,033199285 | 0,040961224 | 0,044545253 |
| 6 | 0,082350502 | 0,086899999 | 0,123311726 | 0,131445252 |
| 7 | 0,162064299 | 0,167115693 | 0,285376025 | 0,298560945 |
| 8 | 0,232560132 | 0,234337344 | 0,517936157 | 0,532898289 |
| 9 | 0,237312515 | 0,233670149 | 0,755248672 | 0,766568439 |

| | | | | |
|----|---|---|-------------|-------------|
| 10 | 0,163459358 | 0,157278277 | 0,91870803 | 0,923846715 |
| 11 | 0,068236225 | 0,064157924 | 0,986944256 | 0,988004639 |
| 12 | 0,013055744 | 0,011995361 | 1 | 1 |
| | Probabilidad de germinación en fotoperiodo 0,6966 | Probabilidad de germinación en oscuridad 0,6917 | | |

Sin embargo, según la tabla de distribución binomial para ensayos de germinación sometidos a fotoperiodo y a oscuridad no hay diferencias contrastantes, además la probabilidad de germinación es aproximadamente la misma, los valores de la distribución binomial son muy similares en los dos ensayos y aumenta a medida que aumenta el número de ensayos o cajas; contradiciendo lo afirmado en la hipótesis.

4.1.1.3 Ensayo tres: Prueba de germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var capitata) en diferentes sustratos (Variante de tratamientos 1):

Objetivo: Evaluar el comportamiento de la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var capitata) en diferentes sustratos.

Materiales: semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var capitata), germinadores (de 98 compartimentos C/U), agua destilada, sustratos (cascarilla de arroz, humus, tierra, arena).

Metodología:

1. Se prepararon tres tratamientos con sus respectivos sustratos:

- Tratamiento 1: mezcla de Tierra, humus y cascarilla de arroz en proporción 1:1:1 (A)
 - Tratamiento 2: Tierra (B).
 - Tratamiento 3: mezcla de Humus y cascarilla de arroz en proporción 1:1 (C).
2. Se colocó cada tratamiento por triplicado (es decir tres germinadores por tratamiento).
 3. Se sembraron tres semillas a 0,2 cm de profundidad (**USAID-red, 2008**) en cada compartimento de los germinadores.
 4. Se observaron dos veces por semana.

Con los datos obtenidos, se determinó el porcentaje de germinación, desviación estándar, coeficiente de variación y distribución binomial normal.

Hipótesis: Se puede esperar que haya mayor porcentaje de germinación en el tratamiento C (50% humus y 50% cascarilla de arroz), debido a las propiedades físicas de este sustrato, que puede permitir una mayor aireación y un mejor ajuste o agarre de la semilla al sustrato.

Según **Chambers, (tomado de Vargas *et al*, 2014)**, “las relaciones físicas entre las semillas y la superficie del suelo influyen la captura de la semilla y la retención dentro de la zona potencial de emergencia”, además sustratos como el del tratamiento B), retiene mejor el agua, por su composición física que facilita el proceso de imbibición de la semilla.

Resultados:

En la tabla 4.5 se presentan los resultados de la prueba de germinación para los tratamientos en estudio. Se pudieron apreciar diferencias poco significativas entre el tratamiento A con un promedio en el porcentaje de germinación de 27.96 y el C con 28.87; sin embargo, el tratamiento con mayor número de semillas germinadas fue con el sustrato B, es decir el sustrato tierra, con un promedio en los porcentajes de germinación del 37.31. Es probable que esto se deba a las propiedades físicas (textura, densidad) del sustrato y a su capacidad de retención del agua que impide que se percole rápidamente, manteniendo el sustrato en condiciones de humedad.

Tabla 4. 5: Prueba de germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa var capitata*) en tres Sustratos: Tierra, cascarilla de arroz y humus (1:1:1) (A)/ tierra (B), humus y cascarilla de arroz (1:1) (C). En cada compartimiento del germinador se sembraron n= 3 semillas (cada germinador con 98 compartimentos) (1); tres germinadores por tratamiento.

| Germinador | Número de semillas germinadas en: Tierra, cascarilla de arroz y humus (1:1:1) (A) | % de germinación en (A) | Número de semillas germinadas en Tierra (B) | % de germinación en (B) | Número de semillas germinadas en Humus: cascarilla de arroz. (1:1) (C) | % de germinación (C) |
|------------|---|-------------------------|---|-------------------------|--|----------------------|
| 1 | 88+-10.5 | 30.13 | 114+-4.7 | 39.04 | 81+-2.8 | 27.73 |
| 2 | 88+-10.5 | 30.13 | 106+-4.7 | 36.30 | 85+-2.8 | 29.10 |
| 3 | 69+-10.5 | 23.63 | 107+-4.7 | 36.64 | 87+-2.8 | 29.79 |
| Promedio | 82.04 | 27.96 | 109 | 37.31 | 84.70 | 28.87 |

| | | | |
|---------------------------|------|------|------|
| Coefficiente de variación | 0.13 | 0.04 | 0.03 |
|---------------------------|------|------|------|

La desviación estándar y el coeficiente de variación indicaron que en el sustrato (C), es decir la mezcla de humus y cascarilla de arroz, con +/- 2.87 y 0.03, respectivamente, mostraron que los datos fueron más homogéneos, pues no están tan dispersos al promedio total de germinación, comparados con los otros dos tratamientos.

Según estudios consultados, se obtuvieron muy bajos porcentajes de germinación. De acuerdo con **Barros y Contreras (2005)**, la calidad de las semillas de lechuga se puede clasificar, teniendo en cuenta el porcentaje de germinación y parámetros de calidad, “la mejor hasta un 95%, la buena hasta un 78% y la mala de 35% hacia abajo”. Es evidente que en ninguno de los tres ensayos se superó el 50% de germinación catalogando la calidad de la semilla del lote evaluado como mala (27.96 % para el sustrato A, 37.31% para el sustrato B y 28.87% para el sustrato C). La tabla 4.6 muestra los resultados de la distribución binomial para ensayos de germinación de lechuga (*Lactuca sativa*), en tres sustratos diferentes.

Tabla 4. 6: Resultados de la distribución binomial para ensayos de germinación de lechuga (*lactuca sativa*), en tres sustratos diferentes.

| <i>Número de Ensayo</i> | <i>Sustrato A Tierra, cascarilla de arroz, humus</i> | <i>Sustrato B Tierra</i> | <i>Sustrato C Humus y cascarilla de arroz</i> |
|-------------------------|--|------------------------------|---|
| 0 | 0,37387043 | 0,24637396 | 0,35988059 |

| | | | |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|
| 1 | 0,4353172 | 0,43988894 | 0,43820129 |
| 2 | 0,16895432 | 0,26180023 | 0,17785564 |
| 3 | 0,02185805 | 0,05193687 | 0,02406248 |
| Probabilidad de éxito de germinación | 0,2796 | 0,3731 | 0,2887 |

En los valores de la distribución binomial de los tres sustratos, el sustrato A (Tierra, cascarilla de arroz, humus) muestra los valores más altos a medida que aumentan los ensayos de las germinaciones (germinadores), y el sustrato C (humus, cascarilla de arroz) el valor fue menor, contradiciendo la hipótesis planteada.

4.1.1.4 Ensayo cuatro: Prueba de germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var *capitata*) (Variante de tratamientos 2):

Objetivo: Determinar el comportamiento de la germinación de las semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var *capitata*) en cuatro sustratos.

Materiales: semilla de lechuga (*Lactuca sativa* var *capitata*), germinadores (de 96 compartimentos C/U), agua destilada, sustratos (cascarilla de arroz, humus, tierra, arena).

En este ensayo se define un cuarto sustrato, el de arena, es probable que trabajando sustratos sin mezclas se evite confundir al estudiante a la hora de realizar el análisis de lo sucedido.

Metodología:

1. Se prepararon cuatro tratamientos con los siguientes sustratos:
 - Tratamiento 1: Tierra, humus, cascarilla de arroz en proporción 1:1:1 (A)
 - Tratamiento 2: Humus, cascarilla de arroz en proporción 1:1(B)
 - Tratamiento 3: tierra (C)
 - Tratamiento 4: Arena (D)
2. Se colocaron tres germinadores por tratamiento.
3. Se sembraron tres semillas a 0,2 cm de profundidad (**USAID-red 2008**) en cada compartimento de los germinadores.
4. Se realizaron observaciones dos veces por semana.

Con los datos obtenidos, se determinó el porcentaje de germinación, desviación estándar, coeficiente de variación y distribución binomial normal.

Hipótesis: Se puede esperar que haya mayor porcentaje de germinación en los tratamientos A (Arena, humus, cascarilla de arroz en proporción 1:1:1), B (50% humus y 50% cascarilla de arroz 1:1), debido a las propiedades físicas de estos sustratos, que puede permitir una mayor aireación y un mejor “agarre” de la semilla al sustrato, para la germinación “Las relaciones físicas entre las semillas y la superficie del suelo influyen la captura de la semilla y la retención dentro de la zona potencial de emergencia”; contrariamente se esperaría una menor

germinación en arena, debido a la poca capacidad de retención de agua, impidiendo el proceso de imbibición de las semillas (Chambers, 1995 tomado de Vargas et al, 2014)

Resultados: Para este ensayo se tuvieron en cuenta los resultados anteriores de la variante de tratamientos 1, y se utilizó otro sustrato, la arena.

En la tabla 4.7 se muestra que a pesar que tres de los cuatro promedios son muy similares, la desviación estándar y coeficiente de variación, evidencia una alta dispersión y condiciones diferentes entre los tratamientos, por lo tanto estadísticamente estos datos no son muy confiables, para hacer afirmaciones. Se concluye nuevamente que el porcentaje de germinación fue en general muy bajo.

Tabla 4. 7: Prueba de germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa var capitata*) en cuatro sustratos: Tierra, cascarilla de arroz y humus (1:1:1) (A); humus y cascarilla de arroz (1:1) (B); tierra (C); arena (D). En cada germinador se sembraron 298 semillas.

| Germinador | # de semillas germinadas en Tierra: cascarilla de arroz: Humus (1:1:1)(A) | % de germinación (A) | # de semillas germinadas en Humus: cascarilla de arroz (1:1)(B) | % de germinación (B) | # de semillas germinadas en Tierra (C) | % de germinación (C) | # de semillas germinadas en Arena (D) | % de germinación (D) |
|------------|---|----------------------|---|----------------------|--|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| 1 | 43+-39 | 14.4 | 79+-29.9 | 26.5 | 93+-29.42 | 31.20 | 93+-16 | 31.20 |
| 2 | 120+-39 | 40.2 | 28+-29 | 9.39 | 115+-29.42 | 38.59 | 102+-16 | 34.22 |

| | | | | | | | | |
|------------------------------|--------|--------------|--------|----------------|-----------|----------------|--------|----------------|
| 3 % de germinación. | 93+-39 | 31.2 28.6 | 44+-29 | 14.76 16.88 | 57+-29.42 | 19.12 29.63 | 71+-16 | 23.82 29.74 |
| Coefficiente de variación | 0.46 | | 0.51 | | 0.30 | | 0.33 | |
| % coeficiente. | 45.62 | | 50.69 | | 33.11 | | 17.96 | |

La tabla 4.8 muestra los resultados de la distribución Binomial para ensayos de germinación de lechuga (*Lactuca sativa*), en 4 sustratos diferentes.

Tabla 4. 8: Resultados de la distribución binomial para ensayos de germinación de lechuga (*lactuca sativa*), en 4 sustratos diferentes.

| Numero de germinadores N | Sustrato A Tierra: cascarilla de arroz: humus | Sustrato B Cascarilla de arroz: humus | Sustrato C Tierra | Sustrato D Arena |
|-----------------------------|---|--|----------------------|---------------------|
| 0 | 0,16081169 | 0,11989609 | 0,29928406 | 0,55217527 |
| 1 | 0,40472026 | 0,36975457 | 0,44442945 | 0,36264266 |
| 2 | 0,33952442 | 0,3801026 | 0,21998892 | 0,07938886 |
| 3 | 0,09494363 | 0,13024674 | 0,03629757 | 0,00579321 |

| | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|
| Probabilidad | 0,4562 | 0,5069 | 0,3311 | 0,1796 |
| de éxito de | | | | |
| germinación | | | | |

En los valores de la distribución binomial de los tres sustratos: el sustrato A (Tierra, cascarilla de arroz, humus) muestra los valores más altos a medida que aumentan los ensayos de las germinaciones (germinadores), y el sustrato C (humus, cascarilla de arroz) el valor fue menor, contradiciendo la hipótesis planteada, parece ser que entre más heterogéneo el sustrato hay más probabilidad de germinación.

4.2 Aplicación de la prueba piloto sobre la temática germinación de semillas

Veinte (20) estudiantes de grado octavo de la Institución Educativa Distrital Kimy Pernía Domicó, fueron escogidos para la aplicación de la prueba piloto, los cuales fueron subdivididos en cinco (5) grupos, para trabajar de la siguiente manera:

- Dos grupos trabajaron con semillas de fríjol, para la observación de la germinación bajo influencia de la luz.
- Otros dos grupos trabajaron en la observación de la germinación en lechuga, en diferentes sustratos.

- Y el último grupo trabajó con semillas de girasol y el efecto de la luz sobre el proceso de germinación.

Teniendo en cuenta las condiciones del laboratorio escolar, se tomó la decisión de no trabajar temperatura, en ese momento no se contaba con los equipos (refrigerador e incubadora) necesarios para esta práctica.

Se utilizaron los protocolos diseñados a partir de la adecuación bajo condiciones de laboratorio y se reseñaron las diferentes opiniones y observaciones de los estudiantes durante cinco días para el grupo que trabajó con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* var capitata) y fríjol (*Phaseolus Vulgaris* L.); diez días para los que observaron el montaje con semillas de girasol (*Helianthus annuus*). El tiempo en días de observación dependió de la velocidad de germinación de las semillas a evaluar, puesto que es diferencial y propio de cada especie.

Es importante destacar que en esta prueba piloto se intentó desarrollar los pasos de la instrucción metacognitiva, propuesta por **Osses y Jaramillo (2008)**, necesarios para un aprendizaje significativo. En este sentido cuando se inicia la prueba se les da unas instrucciones a los estudiantes, y se proporcionan conocimientos declarativos (¿saber qué?), procedimentales (¿saber cómo?) y condicionales (¿saber cuándo y por qué?) para que realicen los montajes. Se cumple con el primer paso, que consiste en una “Instrucción donde el profesor proporciona a los alumnos de modo explícito información sobre las estrategias que después van a ser practicadas” **Osses y Jaramillo (2008)**.

En la tabla 4.9 se presentan los preconceptos de los estudiantes de grado octavo de la institución educativa. Predicciones realizadas a nivel individual y grupal acerca de los montajes respectivos.

También se registraron las afirmaciones (hipótesis) y las argumentaciones de los estudiantes durante el montaje de los protocolos de germinación de fríjol en fotoperiodo natural y oscuridad total.

Tabla 4. 9: Registro de las hipótesis individuales hechas por los estudiantes en la prueba del efecto de la luz en la germinación de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

| Hipótesis individuales, protocolo luz y germinación de semillas de fríjol. | Número de estudiantes que coinciden en la misma afirmación |
|--|--|
| Las semillas germinan en fotoperiodo 12h luz/12 h oscuridad y en oscuridad total. | 9 |
| Las semillas germinan más rápido en el ensayo sometido a fotoperiodo 12h luz/12 h oscuridad. Argumentos: tienen fotosíntesis/ la luz hace que crezcan más rápido/ debido a la luz y el agua/ las semillas tienen periodos de luz y oscuridad, que hacen que germinen más rápido/ debido a la energía que les proporciona el sol. | 7 |
| Las semillas germinan más rápido en oscuridad. | 0 |
| Las semillas de fríjol no germinan en oscuridad | 0 |
| El fríjol germina más lento en oscuridad. | 6 |

Posteriormente se les solicitó a los estudiantes discutir las afirmaciones individuales (hipótesis) en cada grupo y proponer una grupal, descrita a continuación: “A medida que pasa el tiempo, las

semillas en fotoperiodo, germinan, porque absorben toda el agua y la luz; sin embargo, también germinan en la oscuridad, pues tuvieron calor y agua. Pero la germinación es más lenta en la oscuridad que en la luz, debido al calor” (se escribe tal cual como los estudiantes lo describieron).

En segunda instancia en la instrucción metacognitiva a que se refiere **Osses y Jaramillo (2008)**, acerca del trabajo grupal, afirma que: “se lleva a cabo en el contexto de la interacción con un grupo de iguales que colaboran para completar una tarea”, lo cual es aplicado aquí a través del desarrollo de los protocolos. El trabajo en grupo es importante porque complementa el aprendizaje individual del estudiante, lo que se denomina práctica cooperativa.

Los estudiantes luego de las observaciones, concluyeron que inicialmente lo que afirmaron acerca de la luz y la germinación no coincidía con lo que realmente sucedió, porque los resultados mostraron más semillas germinadas en la oscuridad que en fotoperiodo.

Por otro lado, se identificaron concepciones en torno a la relación entre la luz, la fotosíntesis y la germinación. Los estudiantes evidenciaron que las semillas germinan en los dos tratamientos: fotoperiodo natural y oscuridad; pero destacan que el número de semillas germinadas varía “a medida que pasa el tiempo”, pero destacan que el número de semillas germinadas varía “a medida que pasa el tiempo”. Además, algunos consideran como parte de la germinación, el desarrollo de la plántula, esto puede considerarse como información relevante para comenzar otras prácticas que permitan aclarar estos conceptos.

Finalmente el protocolo aplicado cumple con la tercera condición de la denominada instrucción metacognitiva, que consiste en que “La colaboración del profesor quien actúa como guía,

conduce y ayuda al alumno en el camino hacia la autorregulación. La característica distintiva de esta actividad es el diálogo entre profesor y alumno, cuyo fin es proporcionar ayuda y guía suficientes para alcanzar metas que quedan fuera de sus posibilidades sin esa ayuda” (**Osses y Jaramillo, 2008**), a continuación se describe la situación:

El grupo que en sus resultados observó que la germinación fue más alta en semillas puestas en la oscuridad, afirmó que fue debido al “calor” sin tener en cuenta inicialmente que el factor estudiado era la luz y su incidencia en la germinación; se les invitó a reflexionar acerca de lo que sucedió, reafirmando que “El papel aluminio, que se utilizó para cubrir las cajas de Petri, provocó el aumento de la temperatura, ocasionando estos resultados”.

Los estudiantes relacionan la luz con temperatura refiriéndose a esta última como “calor”, este es un preconcepto, frecuente en los estudiantes.

En la tabla 4.10 se muestran algunas opiniones (hipótesis) de los estudiantes, antes y durante el montaje de los protocolos de germinación de girasol en fotoperiodo 12h luz/12h oscuridad y oscuridad total.

Tabla 4. 10: Registro de las hipótesis individuales hechas por los estudiantes en la prueba del efecto de la luz en la germinación de girasol (*Helianthus annuus*)

| Hipótesis individuales de los estudiantes | Número de estudiantes con hipótesis similares. |
|--|---|
| Protocolo luz-germinación de semillas de girasol | |
| Las semillas germinan en fotoperiodo 12 h luz/12 h oscuridad y en oscuridad total. | 4 |
| Las semillas germinan más rápido en fotoperiodo 12 h luz/12 h oscuridad. Argumentos: debido a la energía que les proporciona el sol / el girasol es semilla del sol/ el agua y la luz hacen que las semillas germinen. | 5 |
| Las semillas germinan más rápido en oscuridad. | 1 |
| Las semillas de girasol no germinan en oscuridad | 0 |
| Las semillas de girasol germinan más lento en oscuridad. Argumento: es necesaria la luz para la germinación. | 4 |

En este caso la tabla 4.10 muestra las hipótesis hechas por los estudiantes a nivel individual, y luego de la discusión en grupo concluyeron que: *“Las semillas de girasol en fotoperiodo 12 h luz/ 12 h oscuridad y oscuridad germinan, es decir el embrión necesita oxígeno para germinar, aunque germinan más rápido en fotoperiodo 12 h luz/12 h oscuridad, porque el sol las ayuda a germinar.”*

Después de haber observado los montajes por diez días y de no haber obtenido sino una (1) semilla germinada en oscuridad, los estudiantes manifestaron, *“que todo lo que habían hecho,*

estaba mal". El docente les indicó que eran resultados que se habían obtenido directamente de la práctica y que ahora debían preguntarse el ¿por qué? de esos resultados. Posteriormente y luego de consultar alguna bibliografía el grupo entregó el siguiente análisis:

Luego de que el docente sugiriera la consulta en literatura acerca de por qué las semillas de girasol prácticamente no germinan en oscuridad exceptuando 1, y de la importancia de sus requerimientos óptimos para germinar, los estudiantes llevaron estas afirmaciones a clase: "la germinación de las semillas de girasol en oscuridad se da si se retira la testa a las semillas y se disminuye la luz"; sin embargo, no pudieron acercarse a una conclusión acertada, lo que sugiere se requiere realizar protocolos contrastantes entre semillas de diferentes especies que germinen en oscuridad o en luz, y profundizar en el tema

Para el caso el grupo decidió seguir observándolas por más días, a la espera de resultados positivos en cuanto a germinación.

Nuevamente, en este protocolo se siguen los pasos de la instrucción metacognitiva, en cuanto a las mediciones de las observaciones y la discusión en grupo en torno a lo realizado, permitiendo que los estudiantes realicen ejercicios de comparación y reflexión, argumentando a través de los supuestos (hipótesis) y lo que realmente sucedió (resultados), desarrollándose así el proceso cognitivo para un verdadero aprendizaje.

En referencia a la germinación de semillas en diferentes sustratos, en la tabla 4.11 se ilustra las opiniones (hipótesis) de los estudiantes, antes y durante el montaje de los protocolos de germinación de lechuga en los sustratos: arena A; tierra B; cascarilla de arroz C.

Tabla 4. 11: Registro de las hipótesis individuales hechas por los estudiantes en la prueba de germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa var capitata*) en diferentes sustratos

| Hipótesis de los estudiantes en el protocolo de germinación de semilla de lechuga en diferentes sustratos | Número de estudiantes, con hipótesis similares. |
|---|---|
| Las semillas germinarán más rápido en tierra y cascarilla de arroz. Argumentación: la cascarilla de arroz tiene nutrientes que la semilla aprovecha, al igual que en tierra. | 4 |
| Las semillas germinarán más rápido en tierra. | 1 |
| Las semillas germinarán en arena muy lento. | 3 |
| Las semillas no germinarán en arena. Argumentación: la arena es menos adaptable/ la arena no tiene nutrientes | 2 |
| Las semillas no germinarán en tierra. | 0 |
| Las semillas germinan en todos los sustratos, pero a diferentes velocidades. | 1 |

A continuación se muestran los datos obtenidos por los estudiantes y el respectivo análisis. Los grupos coincidieron en afirmar que la arena, que inicialmente no se consideraba un medio propicio para la germinación de lechuga, resultó la más eficiente, si se observan y comparan los datos. Los estudiantes analizaron intuitivamente y determinaron que lo importante es el agua, porque “*la semilla agarra los nutrientes del agua*” (descripción realizada por los estudiantes), los sustratos deben retener el agua para que se produzca la germinación.

Después de un tiempo de observación y al ver que no había germinación y que los sustratos pese al riego diario se secaban muy rápidamente, el docente sugirió a los grupos que se colocara papel vinipel sobre los germinadores y observar de nuevo. Luego de unos días el panorama cambió y se observaron las germinaciones. Además los estudiantes evidenciaron que las semillas germinan en todos los sustratos, pero en unos germinan más que en otros, dependiendo de la retención del agua en cada uno de ellos.

Los grupos describieron que inicialmente las semillas en el sustrato arena no germinaban, porque el agua no era retenida, pero al solucionar este inconveniente fue donde más germinaciones se obtuvieron; lo que no sucedió con el sustrato cascarilla.

Es importante destacar, la actitud de “asombro” de los estudiantes, cuando observaron semillas germinadas en el sustrato arena; es más, luego de unos días, éstas habían superado en número respecto a los otros sustratos.

En las observaciones hechas por otro grupo de estudiantes, describiendo lo que observan, concluyeron la importancia de la retención de agua por el sustrato, pues es el agua la que provoca la germinación de las semillas. Obsérvese aquí el ejercicio cognitivo que los estudiantes realizaron.

4.3 Diseño de protocolos para la práctica de germinación apropiados para el grado octavo de educación básica

Luego de los resultados obtenidos en los ensayos relacionados con luz y germinación, se decidió utilizar, además de la semilla de lechuga que germina muy rápido, dos tipos de semillas que

fueran fotosensibles a la luz como el fríjol y otra que germinara en completa oscuridad como las semillas de girasol, esto con el fin de causar asombro o sorpresa en los estudiantes. Por otra parte, también se decidió el uso de un sustrato más contrastante como la arena para la práctica de porcentaje de germinación y sustrato. En referencia a los ensayos de sustratos realizados por la docente en laboratorio, se decidió no hacer mezclas de sustratos para la práctica de estudiantes debido a que, puede causar confusiones, a la hora de analizar los resultados obtenidos.

En los protocolos se incluyeron dos hojas para coleccionar los preconceptos y las hipótesis elaboradas por los estudiantes de acuerdo a las preguntas planteadas acerca de los montajes observados; además de la medición y descripción de los resultados observados para posteriormente ser contrastados. Permitiendo de este modo que el estudiante evalúe y valore su aprendizaje.

Finalmente con dicha estructura, cada protocolo se diseñó en tres partes:

La primera relacionada con una instrucción breve que conlleva a una contextualización del proceso y la implementación del aprendizaje activo.

La segunda relacionada con la descripción de la práctica, la formulación de unas preguntas y una respuesta con respecto a lo que se observaba a nivel individual y luego en discusión en grupo para llegar a acuerdos y conclusiones.

La tercera etapa evaluativa que implementa las diferentes dimensiones de la metacognición, haciendo hincapié principalmente en la reflexión y comparación entre la hipótesis, los resultados obtenidos y la autoevaluación del conocimiento.

A continuación se presenta el formato propuesto, dirigido a los estudiantes para las prácticas.

Este formato denominado “PROTOSCOLOS DE LA PRACTICA” contiene los siguientes pasos, basados en la metodología de aprendizaje activo:

1. Instrucciones generales, con un objetivo claro y los materiales a utilizar en la práctica.
2. Planteamiento del problema: Descripción del experimento.
3. Predicciones individuales: los estudiantes realizarán unas predicciones de lo que pueda suceder en las observaciones de la situación planteada.
4. Discusión de las predicciones en grupo, para llegar a una predicción grupal
5. Realización de dibujos y gráficas representando lo que espera observar.
6. Predicciones grupales- Socialización: en mesa redonda los estudiantes expondrán sus predicciones grupales y discusión de ellas.
7. Observación y realización de la práctica. Los estudiantes realizarán mediciones durante el tiempo que duren las observaciones.

8. Resultados: los estudiantes presentarán los resultados al grupo y se discutirán (el docente debe guiar esta discusión) con las predicciones hechas antes de haber realizado la práctica.
9. Síntesis y discusión: El docente, junto con los estudiantes realizarán una síntesis de los conceptos involucrados en los resultados obtenidos.

4.3.1 Protocolo de la práctica uno: Efecto de la luz sobre la germinación de semillas

PARA EL DOCENTE

Objetivo: Establecer el efecto de la luz sobre el porcentaje de germinación en semillas de fríjol y girasol.

Materiales: cajas de Petri, semillas de fríjol y girasol, papel filtro, agua, papel vinipel, papel aluminio, cinta de enmascarar.

Metodología:

1. Montar dos tratamientos de la siguiente manera: En cajas de Petri colocar 50 semillas de fríjol y girasol, respectivamente, en medio estándar de germinación (caja Petri, papel filtro y agua) así:
 - En fotoperiodo normal (12 h luz/12 h oscuridad). Coloque los tratamientos con sus réplicas (como se indica abajo) en un lugar donde pueda recibir luz (cerca de una ventana, por ejemplo).
 - En oscuridad total: tape las cajas de Petri y cúbralas completamente con papel aluminio.
2. Cada tratamiento por cuadruplicado.
3. Registrar dos veces por semana el número de semillas germinadas. Con los datos obtenidos, determinar el porcentaje de germinación.

Predicciones individuales: luego de realizar el montaje, cada estudiante realizará supuestos de lo que sucederá en cada montaje y lo anotará en la hoja de predicciones (hoja de predicciones individuales).

Predicciones grupales y socialización: en grupos de estudiantes se discutirán las afirmaciones individuales y se determinará la más adecuada; posteriormente en la socialización de resultados, se expondrán los resultados y la comparación entre las predicciones individuales, grupales y los resultados obtenidos.

La tabla 4.12 muestra la hoja de predicciones individuales, en ella se busca que a partir de los montajes realizados se propongan posibles explicaciones de los fenómenos que se podrían observar.

Tabla 4. 12: Hoja de predicciones individuales práctica uno: efecto de la luz sobre la germinación de semillas.

| PREGUNTA | PREDICCIÓN |
|--|--|
| <p>A medida que pasa el tiempo, ¿qué ocurrirá con la germinación de las semillas que se colocaron en las cajas de Petri?</p> | <p>En oscuridad total:</p> <hr/> <hr/> <p>En fotoperiodo normal (12 h luz/ 12h oscuridad):</p> <hr/> <hr/> |

| | |
|---|--|
| <p>¿Cuáles semillas germinarán más rápido? Y ¿cuáles más lento?, ¿Por qué?</p> | <p>En oscuridad total: _____</p> <hr/> <p>En fotoperiodo normal (12 h luz/ 12h oscuridad): _____</p> |
| <p>Describe lo que espera observar y realice un dibujo de cómo se verán las semillas después de transcurrido cierto tiempo.</p> | |

La tabla 4.13 se diseña para que alrededor de las discusiones sobre las predicciones individuales, se proponga una predicción en consenso grupal.

Tabla 4. 13: Hoja de predicciones grupales práctica uno: efecto de la luz sobre la germinación de semillas.

| PREGUNTA | PREDICCIÓN |
|--|--|
| <p>A medida que pasa el tiempo, ¿qué ocurrirá con la germinación de las semillas que se colocaron en las cajas de Petri?</p> | <p>En oscuridad total: _____</p> <p>En fotoperiodo normal (12 h luz/ 12h oscuridad): _____</p> |

| | |
|---|--|
| <p>¿Cuáles semillas germinarán más rápido? Y ¿cuáles más lento?, ¿Por qué?</p> | <p>En oscuridad</p> <p>total: _____ _____</p> <p>En fotoperiodo normal (12 h luz/ 12h oscuridad): _____</p> |
| <p>Describe lo que espera observar y realice un dibujo de cómo se verán las semillas después de transcurrido cierto tiempo.</p> | |

4.3.2 Protocolo de la práctica dos: Evaluación de la germinación de semillas en diferentes sustratos

Objetivo: Observar el comportamiento de la germinación de las semillas de lechuga en diferentes sustratos.

Materiales: semilla de lechuga, germinadores (de 98 compartimentos C/U), agua destilada, sustratos (cascarilla de arroz, tierra y arena).

Metodología:

1. Preparar tres tratamientos con los siguientes sustratos:
 - Cascarilla de arroz

- Tierra
 - Arena
2. Colocar en tres germinadores por tratamiento.
 3. Sembrar tres semillas a 0,2 cm de profundidad (USAID RED, 2008) en cada compartimento de los germinadores.
 4. Observar dos veces por semana y registrar el porcentaje de germinación.

Predicciones individuales: Después de realizar los montajes, cada estudiante, realizará afirmaciones de lo que sucederá con cada tratamiento, anotando estas afirmaciones en la hoja de predicciones (ver hoja de predicciones individuales). Describir en la hoja de predicciones lo que espera observar.

Predicciones grupales y socialización: en grupos de estudiantes discutirán las afirmaciones individuales y determinarán la más adecuada; posteriormente en la socialización de resultados, se expondrán los resultados y la comparación entre las predicciones individuales, grupales y los resultados obtenidos.

En la tabla 4.14 se busca que a partir de los montajes realizados, se propongan posibles explicaciones de los fenómenos que se podrían observar.

Tabla 4. 14: Hoja de predicciones individuales protocolo dos: evaluación de la germinación en diferentes sustratos.

| PREGUNTA | PREDICCIÓN |
|---|---------------------|
| A medida que pasa el tiempo, ¿qué ocurrirá con la germinación de las semillas que se colocaron en los montajes arena; tierra; cascarilla de arroz, respectivamente? | Cascarilla de arroz |
| | Arena |
| | Tierra |
| ¿Cuáles semillas germinarán más rápido? Y ¿cuáles más lento?, ¿Por qué? | Cascarilla de arroz |
| | Arena |
| | Tierra |
| Describa lo que espera observar y realice dibujos de cómo se verán las semillas después de transcurrido cierto tiempo. | |

- Luego de haber discutido con el grupo las posibles predicciones, escriba su predicción grupal en la hoja.

En la tabla 4.15 se busca que a partir de los montajes realizados, proponga posibles explicaciones de los fenómenos que se podrían observar.

Tabla 4. 15: Hoja de predicciones grupales para el protocolo de la práctica dos: Evaluación de la germinación en diferentes sustratos.

| PREGUNTA | PREDICCIÓN |
|---|---------------------|
| A medida que pasa el tiempo, ¿qué ocurrirá con la germinación de las semillas que se colocaron en los montajes de tierra, arena y cascarilla de arroz, respectivamente? | Cascarilla de arroz |
| | Tierra |
| | Arena |
| ¿Cuáles semillas germinarán más rápido? Y ¿cuáles más lento?, ¿Por qué? | Cascarilla de arroz |
| | Tierra |
| | Arena |
| Describa lo que espera observar y realice dibujos de cómo se verán las semillas después de transcurrido cierto tiempo. | |

Conclusiones

- La metodología propuesta “APRENDER HACIENDO”, muestra el papel protagónico de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, pues permite el ejercicio de metacognición, esencial para una verdadera comprensión.

- Los protocolos propuestos son acertados, si se quiere trabajar e integrar conceptos complejos y relacionados entre sí, como en este caso el concepto de germinación de semillas, de manera que motive a los estudiantes a trabajar en biología.

- Aunque en la institución se hable de integralidad del currículo y la forma como aprenden los estudiantes, en este trabajo se evidenció lo contrario, los estudiantes tienen baja comprensión lectora, mala redacción, en general problemas de lecto- escritura, lo que dificulta el aprendizaje y el fortalecimiento para la capacidad de análisis, creatividad e innovación.

- La metodología de aprendizaje activo brinda posibilidades de integrar el currículo de una manera transversal con otros proyectos y otras áreas, porque a partir de la participación

protagónica del estudiante y sus constantes reflexiones ante una pregunta, permite la integración conceptual de conceptos.

Referencias bibliográficas

Aranda, C., Cosmelli, J., Chiple, R., Mancilla, R., Perez, M., Lee, X., ... Valdez, A., Aprendizaje Activo Diversidad e Inclusión, Enfoques metodológicos y recomendaciones para su implementación. Recuperado (2014).

http://www.plataforma.uchile.cl/libros/MANUAL_AA_01_dic_2014.pdf

Alters, B. J., Nelson, C. E. (2002). Perspective: Teaching evolution in higher education. *Evolution*, 56(10), 1891-1901.

Barcelo, J; Nicolas, G; Sabater, B; Sanchez, R. (1983). *Fisiología Vegetal*. Madrid: Pirámid S.A.

Barros, M. y Contreras, S. (2005) Pruebas de Vigor en Semillas de Lechuga y su Correlación con Emergencia. *Cien. Inv. Agr.* 32(1), 3-11. Chile.

Benegas, J. (2007). Tutoriales para Física introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física [versión electrónica]. *Lat. Am. J. Phys. Educ* , 1(1), 32-38.

Canguilhem, G., y Cid, F. (1976). *El conocimiento de la vida*. Anagrama.

Campanario, J., Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar en ciencias?: Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias*. Vol. 17 No 2. 16 de ago. 2012, recuperado desde <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v17n2p179>.

Carreto, M. (1997). *Construir y Enseñar las Ciencias Experimentales*. Argentina: Copyring Aique grupo editor S.A.

Carvajal, A. (2006) *Elemento de Investigación Social Aplicada*. Ed. Escuela nacional de cooperación y desarrollo. Colombia.

Castro, J., Valbuena, E. (2007). ¿Qué es biología, cómo enseñar y cómo hacerlo? Hacia una resignificación de la Biología escolar. *Tecné, Episteme y Didaxis*, N 22, 126-145. 15 Sep 2012, De Open Journal Systems Base de datos.

Dalling, J., (2002). Ecología de Semillas. En Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales (345-376). Costa Rica: LUR

Doria, J., (2010). Generalidades sobre las semillas: su Producción, conservación y Almacenamiento. Cultivos Tropicales, 31(1), 00. Recuperado en 24 de octubre de 2016, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011&lng=es&tlng=es.

García, M. 2013. El Cultivo de Lechuga. The lectucce Growing. Cultivos Herbáceos Intensivos, universidad de Valladolid.
https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2012/446/42109/1/Documento2.pdf.
Base de datos.

Georghius, K., Psaras, G., y Mitrakos, K., (1983). Lettuce Endosperm Structural Changes During Germination under Different Light, Temperature, and Hydration Conditions. Botanical Gazette, 144(2), 207–211. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2474642>. Base de datos.

Gil, D., Furio-Mas, C., Valdez, P., Salinas, J., Martinez, J., Guisalosa, J,...Pessoa, A. (1999).
¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de
problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?. Enseñanza de las
ciencias: Revista de investigación y experimentación didácticas, 17 No 12, 311-320.
Agos 14 2011, De <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21581> Base de
datos.

Hilton, J., Owen, P. (1985). Phytochrome Regulation of Extratable Cytochrome Oxidase Activity
during Early Germination of *Bromus sterilis* L, and *Lactuca sativa* L CR Grand Rapids
Seeds. *New Phytologist*. DOI.10.1111/j.1469-8137.1985.tb02768.x.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. En enseñanza de las
ciencias. Vol.12 No 3. 15 de nov. 2011. En
<http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v12n3p299.pdf>. Base de datos.

Maguregi, G. (2012). Las semillas no necesitan luz para germinar. Jan 08, 2014, de
ResearchGate Sitio web: <http://www.researchgate.net/publication/259602149>.

MANUAL AGRICULTURA URBANA. (2009) Manual de Tecnologías. Gafiset de Colombia ltd.

MEN – Ministerio de Educación Nacional (MEN). 2011. Lineamientos curriculares. Ciencias naturales y Educación Nacional. Referentes teóricos, implicaciones pedagógicas y didácticas, aplicaciones. Cooperativa editorial magisterio. Bogotá-Colombia.

MEN –Ministerio de Educación Nacional. 2004. Estándares básicos en ciencias naturales. Formar en ciencias el desafío, lo que necesitamos saber y saber hacer. Re revolución educativa. Bogotá-Colombia.

Osses, S., y Jaramillo S. (2008). Metacognición: Un camino para aprender a aprender. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 34(1), 187-197. Recuperado en 01 de diciembre de 2015, de <http://www.scielo.cl/scielo>.

Rosabal, L., Martínez , L., Reyes , Y., Dell’Amico, J., & Núñez , M. (2014). Aspectos fisiológicos, bioquímicos y expresión de genes en condiciones de déficit hídrico [versión electrónica]. Influencia en el proceso de germinación. *Cultivos Tropicales* 35(3), 24-35.

Ruiz, F. (2005). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales, Revista latinoamericana de estudios educativos, Vol. 3, núm. 2, julio-diciembre, 2007, pp41-60. España. En línea Redalyc Sistema de Información Científica, Red de Revistas Científicas.

Serrato, T. (1987). Representaciones de los alumnos en biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. Enseñanza de las ciencias. Vol 5 No7. 1 sep. 2011. En <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v5n3p181.pdf> Base de datos.

Silberman, M. (1998) Aprendizaje activo. 101 estrategias para enseñar cualquier tema. Argentina. Ed. Troquel S.A.

Solbes, J. 2009. Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (I): resumen del camino avanzado. Vol 6, No 1. Revista Eureka.

Suárez D., Melgarejo LM. 2010. Biología y germinación de semillas. Capítulo 1, 13-24. En Melgarejo, L.M (Ed.) Experimentos en fisiología vegetal. Departamento de biología, Facultad de ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Sung, Y., Cantliffe, D. J., Nagata, R. T., & Nascimento, W. M. (2008). Structural changes in lettuce seed during germination at high temperature altered by genotype, seed maturation temperature, and seed priming. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133(2), 300-311. <http://journal.ashspublications.org/content/133/2/300>.

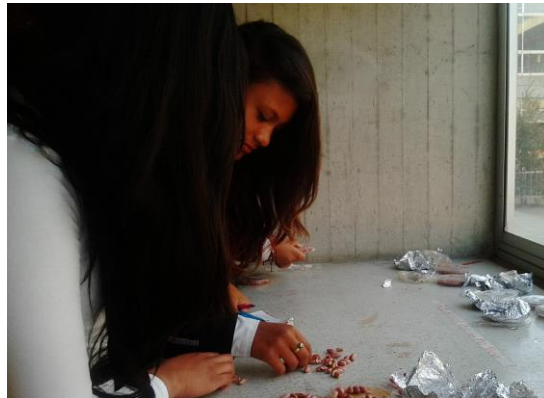
Taiz, L., Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. Sinauer Associates.
file:///C:/Users/pucho_000/Downloads/Plant%20Physiology.pdf.

USAID-red. Manual de producción, producción de lechuga, 2008. Proyecto de diversificación económica rural. EEUU.

Vargas, O., Perez, L. (Ed). 2014. *Semilla de plantas de páramo, ecología y métodos de germinación aplicados a la restauración ecológica*. Bogotá. Colombia. Universidad nacional.

ANEXOS.

Fotografías y Observaciones de los estudiantes en la prueba piloto para protocolos de germinación de semillas. Institución educativa Kimy Pernía Dómico



Resultados de los datos obtenidos, en los ensayos de Germinación de semillas de fríjol con respecto a la luz.

| Taller Ciencias Química Laboratorio Activa Jovenc | | | Germinación (Frijol) | |
|---|----------------------------|--|----------------------|--|
| Observación | Temperatura | Observaciones | | |
| 21-10-13 4. Germinación | 21-10-13 5 Germinación | Hoy observo que la cantidad de germinación está bajando con el tiempo y en la germinación de una semana, me daba que al menos faltaban muchos días | | |
| 21-10-13 21 Germinación | 22-10-13 33 Germinación | Hoy observo que la germinación está bajando lo que la cantidad por que en algunos días se están los tubérculos. | | |
| 21-10-13 21 Germinación 3,4 | 23-10-13 92 Germinación | Hoy observo que la cantidad de germinación está bajando y la cantidad de germinación de los tubérculos está bajando con el tiempo. Y se están los tubérculos. | | |
| 21/10/13 21 germinación 3,4 | 23/10/13 30 germinación | Hoy observo que están 3 días que hoy observo la temperatura germinación de germinación en frijol y me da cuenta por que tienen de agua y la cantidad de germinación está bajando y se está bajando por que no tienen la cantidad por que no tienen la cantidad. | | |
| | | <p>Lo que observo</p> <p>gustoso un que los germinales de frijol germinales más rápido lo observo que en los y que de frijol lo que germinales germinales más y también que si agua germinales más rápido.</p> | | |

Ensayos de germinación de girasol realizados por los estudiantes en el laboratorio escolar.



Observaciones descritas durante el ensayo de germinación de girasol

- Análisis de los Resultados

- Observamos que solo la semilla que estaba en el agua germinó, lo que se debe a que el agua proporciona la humedad necesaria para que la semilla pueda germinar. Además, las semillas de guisante germinaron más rápido que las de lenteja y de haba. El tiempo de germinación se inicia cuando la semilla empieza a duplicar su tamaño. Además, se tenía que ver el color de las raíces al día. Esto está unido en la teoría realizada.

Observaciones de los estudiantes en el ensayo de germinación y sustratos.

| DIA | AGUA | TIERRA | CASCARILLA | FECHA |
|-----|-------------------|--------|------------|------------|
| 2 | 0 | 12 | 0 | 22/10/2015 |
| 3 | 0 | 15 | 0 | 23/10/2015 |
| 4 | 112 78 | 73 | 4 | 23/10/2015 |

Juan Pablo Giraldo
Diego Alejandro P.

Suposiciones de las germinaciones
 Sin ~~agua~~
 En la arena germinaron mas lentamente las semillas por que el agua no se filtraba y en la mayoria de las veces se quedaba el agua estancada en la superficie.
 En la tierra germinaron mucho mas rapido porque la tierra absorvia muy bien el agua.
 En la cascarilla el agua se filtraba bastante rapido y la semilla no tenia donde coger agua por lo tanto vieron pocas germinaciones.

