

**ENSEÑANZA DE LA BIORREMEDIACIÓN: UNA PROPUESTA A PARTIR DEL
DISEÑO EXPERIMENTAL DE LAS ESFERAS DE ALGINATO DE CALCIO CON
MICROALGAS**

LAURA FERNANDA RUBIANO GIL

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**

BOGOTÁ, 2024

**ENSEÑANZA DE LA BIORREMEDIACIÓN: UNA PROPUESTA A PARTIR DEL
DISEÑO EXPERIMENTAL DE LAS ESFERAS DE ALGINATO DE CALCIO CON
MICROALGAS**

LAURA FERNANDA RUBIANO GIL

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

**LICENCIADA EN BIOLOGÍA
LICENCIADA EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

Directora:

M. Sc. Ibeth Paola Delgadillo Rodríguez

Codirector:

PhD. William Leonardo Gómez Lotero

Línea de investigación La Ecología en la Educación Colombiana (L.E.E)

GRUPO DE INVESTIGACIÓN CASCADA

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**

BOGOTÁ, 2024

A mis amigas y amigos, que la vida les devuelva todo el amor que han dado. Por acogerme y hacerme parte de sus vidas.

A mi madre y a mi hermana, por acompañarme en este arduo camino y estar siempre.

A Camilo, por animarme y darle luz a mis días. Por caminar a mi lado.

A la profe Ibeth, por confiar en mí, tenerme en cuenta siempre y desbloquearme cuando no veo la salida.

Siempre hemos sido extraños en una tierra extraña, pero este es el camino que elegí y me siento agradecida por ello.

Contenido

	Pág.
Introducción	1
Planteamiento del problema	4
Justificación	8
Objetivos	11
Objetivo general	11
○ Objetivos específicos	11
Antecedentes	12
Internacional	12
Nacional	15
○ Locales	18
Marco teórico	22
1. Diseño experimental como trabajo práctico	22
2. Enseñanza-aprendizaje de la biorremediación	26
3. Microalgas en los sistemas lénticos	29
4. Videos como Material educativo	32
Marco metodológico	35
Fase 1. Replicación del diseño experimental	36
Fase 2. Diseño del material educativo	38
Fase 3. Elaboración del material educativo	41
Resultados y discusión	43
Fase 1. Replicación del diseño experimental	43
Fase 2. Diseño del material educativo	60
Fase 3. Elaboración del material educativo	62
Grabación del material educativo	62
Edición y aspectos para resaltar	72
Conclusiones	75
Recomendaciones	76
Reflexiones	77
Bibliografía y Referencias bibliográficas	78

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. <i>Ángulos de la cámara</i>	40
Ilustración 2. <i>Fundamentos: El plano en fotografía y video</i>	40
Ilustración 3. <i>Materiales para medio de cultivo</i>	43
Ilustración 4. <i>Materiales para realizar el preparado algal previo al encapsulamiento.</i>	44
Ilustración 5. <i>Triangulo de mecheros</i>	45
Ilustración 6. <i>Cama de hielo</i>	46
Ilustración 7. <i>Microalgas inmovilizadas</i>	46
Ilustración 8. <i>Resorte para atrapar cápsulas</i>	47
Ilustración 9. <i>Microalgas con variables controladas</i>	47
Ilustración 10. <i>Microalgas en el laboratorio</i>	48
Ilustración 11. <i>Día 6 del montaje.</i>	48
Ilustración 12. <i>Día 9 del montaje</i>	49
Ilustración 13. <i>Día 20 del montaje</i>	49
Ilustración 14. <i>Bandeja con muestras</i>	50
Ilustración 15. <i>Fórmula para cámara de Neubauer</i>	50
Ilustración 16. <i>Gráfica de crecimiento poblacional</i>	52
Ilustración 17. <i>Scenedesmus sp. En las muestras.</i>	52
Ilustración 18. <i>Agrupaciones en las muestras 1</i>	53
Ilustración 19. <i>Agrupaciones en las muestras 2</i>	53
Ilustración 20. <i>Agrupaciones en las muestras 3</i>	54
Ilustración 21. <i>Día 29 del montaje</i>	55
Ilustración 22. <i>Día 29 del montaje</i>	56
Ilustración 23. <i>Poster con información del material educativo.</i>	70

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Macronutrientes y micronutrientes que componen el BBM</i>	37
Tabla 2. <i>Formato de escaleta.</i>	41
Tabla 3. <i>Conteo celular</i>	51

Introducción

En el contexto actual del país, la crisis ambiental es un hecho y particularmente la contaminación de los sistemas acuáticos representa uno de los desafíos más urgentes incluso a nivel global. Los cuerpos de agua se ven cada vez más amenazados por contaminantes industriales, residuos urbanos y actividades agrícolas. Así, a pesar de que Colombia es un país con abundancia en agua, presenta diferentes problemáticas relacionadas con la gestión del agua, por lo que la búsqueda de soluciones de menor impacto que ayuden a mitigar la contaminación y restaurar la calidad de estos recursos es una prioridad. Entre estas estrategias, destaca la biorremediación como un proceso natural a partir del cual se emplean organismos vivos, como bacterias, hongos o microalgas, para eliminar o transformar sustancias contaminantes en ambientes acuáticos mediante su metabolismo (Ortiz, Romero, & Meza, 2018). Este enfoque ecológico y económico se ha utilizado desde 1930, inicialmente para la degradación de hidrocarburos en suelos, y hoy en día se aplica en la restauración de ecosistemas afectados por diversas formas de contaminación.

Las microalgas, definidas como microorganismos unicelulares acuáticos capaces de fotosíntesis, desempeñan un papel crucial en la biorremediación de sistemas acuáticos debido a su capacidad para asimilar contaminantes como metales pesados y nutrientes en exceso (Coêlho et al., 2019). Además, su función como productoras primarias y generadoras de oxígeno las convierte en organismos esenciales para el equilibrio ecológico (Álvarez, 1994). De esta forma, se plantean las microalgas como organismos que permiten la restauración de ecosistemas, desempeñando un rol fundamental en la biorremediación acuática, siendo una alternativa mucho más económica al uso de compuestos que dejan en el ambiente otro tipo de residuos teniendo en cuenta su eficiencia en la remoción de sustancias tóxicas y su bajo impacto ambiental que las convierten en una alternativa viable frente a métodos convencionales.

Sin embargo, de acuerdo con la bibliografía revisada, a pesar de la alta relevancia y la presencia de investigaciones asociadas, es un proceso poco visibilizado o adaptado a ambientes educativos, implicando que mucha de esta información se queda en cuestiones netamente científicas y deja de estar al alcance de todo público.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo: desarrollar un material educativo para la enseñanza de la biorremediación a partir del diseño experimental de las microalgas encapsuladas en esferas de alginato de calcio para estudiantes de la Licenciatura en Biología

y de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. De esta forma, se pretende que los maestros en formación puedan interiorizar el proceso y llevarlo al aula desde los contextos particulares, siendo estos relevantes al estar directamente relacionados con las temáticas de Ecología en el aula de clases y otras que pueden ser explicadas de forma integral. Buscando, además, integrar conocimientos teóricos y prácticos que promuevan a su vez las discusiones al rededor del impacto del ser humano y permita tomar decisiones aplicando los conocimientos en contextos reales mientras se desarrollan habilidades prácticas y críticas.

Así, se propone inicialmente replicar el diseño experimental inmovilizando las microalgas en esferas de alginato de calcio con el fin de evidenciar los elementos para tener en cuenta para la enseñanza de la biorremediación, interiorizando el proceso y contrastando la teoría frente a la experiencia práctica con el fin de establecer elementos base para la replicación que puedan servir para el enriquecimiento del material educativo. A partir de ello, se establecen criterios, el contenido y procedimiento para desarrollar el material educativo, lo que implica definir la forma en la que se integran los elementos teóricos sobre biorremediación con las prácticas experimentales en el laboratorio y de esta forma, vincular el conocimiento científico con su aplicación en problemas reales. Finalmente, elaborar el material educativo integrando recursos teóricos, prácticos y visuales que permitan dar cuenta del proceso de biorremediación con microalgas y los elementos para su enseñanza, incluyendo así, además de las explicaciones teóricas, algunas reflexiones que permitan conectar la teoría con la práctica.

Para ello, se plantea una metodología con enfoque positivista y socio crítico de corte cualitativo, pues a pesar de tener en cuenta ciertos valores cuantitativos y objetivos en lo que respecta a la replicación del diseño experimental, se priorizan las descripciones en relación con la eficacia del método en la enseñanza de la biorremediación y la forma en la que se relacionan aspectos éticos y sociales con esta. Así mismo, se establecen 3 fases a partir de las cuales se desarrolla la investigación: 1) Replicación del diseño; 2). Diseño del material educativo y; 3). Elaboración del material educativo.

Esta propuesta busca la divulgación del conocimiento científico en diferentes espacios, de tal forma que pueda ser llevado a la vida diaria, que sea influenciado en la toma de decisiones y promueva otras investigaciones hacia la restauración de los cuerpos de agua. Buscando aportar a la formación de futuros maestros con un material que les permita entender, replicar y enseñar procesos científicos complejos en un lenguaje accesible y comprensible, contribuyendo, además, a la solución de problemas ambientales al promover la utilización de tecnologías sostenibles en frente a la alta contaminación de los sistemas acuáticos y proporcionando una comprensión integral de sus fundamentos y aplicaciones. Así mismo, es una propuesta que busca potenciar las actividades prácticas en el aula y el aprender haciendo.

Se busca desarrollar un material que pueda ser accesible y flexible de tal forma que pueda ser revisado tanto de forma presencial como a distancia fomentando así el aprendizaje autónomo. Sin embargo, al ser como producto un material educativo, se espera que pueda ser potenciado por los maestros que lo empleen, ya que son estos, en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula, quienes pueden realmente darle un significado y llevarlo a la práctica de acuerdo con las necesidades del contexto.

Planteamiento del problema

El uso de las microalgas en la biorremediación es un proceso fundamental ante la alta contaminación de los cuerpos de agua, por lo que, es importante poder plantear elementos que contribuyan al reconocimiento del proceso y a su enseñanza, particularmente por parte de los maestros en formación tanto de la Licenciatura en Biología (LB) y de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (LCNEA), de tal forma que aquellos experimentos que resultan muy técnicos y extensos puedan además de ser revisados por los maestros en formación, ser llevados al aula de clases; fortaleciendo los procesos de enseñanza-aprendizaje, dando elementos para entender la realidad que los acoge y fomentando el cuidado por los sistemas acuáticos.

Así, inicialmente es necesario ubicarse en un momento de la historia en el que se presenta un auge de las industrias y, el consumo resulta ser el primer propósito de muchos implicando una gran cantidad de productos nuevos, cada uno con un proceso de fabricación específico que deja a su paso gastos y residuos, pues, la materia prima es extraída de la naturaleza y no regresa de la mejor forma para el ecosistema, generando un deterioro y un cambio en la composición de los sistemas acuáticos que aumenta año tras año de manera exponencial y que pareciese que no fuera relevante ante la sociedad. *“En Colombia los procesos de eutrofización de los sistemas acuáticos se han acelerado debido al desarrollo urbano que ha tenido el país, lo que implica un fuerte deterioro de estos sistemas, en especial en las zonas más pobladas como las ciudades”* (Delgadillo, 2014, p. 17). Además, particularmente los vertimientos que se generan hacia los cuerpos de agua tienen graves repercusiones para los organismos allí, cambiando las condiciones del hábitat e implicando así daños tanto para las especies allí presentes como para las que dependen de este durante todo su cauce.

De esta manera, las grandes ciudades, ante la considerable presencia de industrias y la falta de una conciencia ambiental de la ciudadanía, generan desmedidas cantidades de metales pesados y residuos que terminan en los cuerpos de agua, que incluso, luego serán usados para el cultivo de alimentos e iniciarán un ciclo de enfermedades. “El agua dulce, necesaria para conservar la vida en el planeta se ha convertido en un recurso escaso. Por esta razón, las aguas residuales son usadas cada vez más para la agricultura, especialmente en las zonas más pobres y subdesarrolladas del planeta” (Candela, 2016, p.7). De esta forma, el uso irresponsable del agua termina siendo, además de un factor de riesgo para todos los organismos asociadas a esta, representando un riesgo para la salud humana.

Lo anterior, genera cambios de vida en los individuos, y no es que la naturaleza no genere cambios por si misma, sin embargo, estos cambios son por una especie particular, el humano, quien está haciendo uso de forma desenfrenada de la naturaleza, sin tener en cuenta los otros organismos, quienes, así como éste, merecen un espacio digno para vivir, No obstante, muchos ecosistemas, y con ellos sus sistemas acuáticos, han sido intervenidos generando la pérdida de muchas especies y acelerando el cambio climático, un aspecto que incluye a todos. De este modo, cada año se presentan cambios muy rápidos que disminuyen las posibilidades de regeneración natural, limitando las posibilidades de una restauración de los ecosistemas sin la necesidad de la intervención del humano, sin que este detenga su cadena desenfrenada de consumo y se preocupe más por usar lo que ya tiene de forma responsable y sustentable para la vida.

Así, las acciones deben ser precisas ante el grave problema y no deben generar más daños, por lo que es relevante buscar estrategias que permitan corregir parte del deterioro efectuado sin seguir afectado los organismos de otras formas, además de buscar que sean de bajo costos y alta eficiencia como lo es la biorremediación, en la que por medio de distintos organismos es posible recuperar las condiciones naturales de los ecosistemas que han sido afectados, de tal forma que no se haga uso de métodos más invasivos o químicos que puedan tener otros graves efectos en el ecosistema.

Por otro lado, en la revisión documental realizada para este trabajo, se pudo evidenciar que, en cuanto a la biorremediación para el caso de los cuerpos acuáticos se presentan principalmente resultados mediante el uso de las microalgas, las cuales han sido universalmente conocidas como una alternativa eficaz de tratamiento para la remoción de nutrientes como el nitrógeno y fósforo (Bermeo, 2011). Planteando así una forma eficaz y natural para la descontaminación de los sistemas acuáticos, partiendo de su “*capacidad de acumular importantes concentraciones de compuestos tóxicos, sin afectar su actividad biológica*” (Ortiz, Romero, & Meza, 2018, p.64). Estudios que se presentan, entre otras cosas como diseño experimental en programas digitales, en sustratos particulares o a pequeñas escalas desarrollado por investigadores como Ferrera, Rojas, Poggi, Alarcón & Cañizares (2006).

Planteando la necesidad de llevar proyectos a su implementación, teniendo en cuenta la interacción de las microalgas con otros organismos, y el uso de diversos sustratos en las aguas residuales. Para ello, es necesario potenciar el conocimiento de la biorremediación y de las microalgas desde el aula, de tal forma que sea un proceso que pueda ser llevado a la cotidianidad y a los contextos particulares promoviendo la conciencia ambiental y la búsqueda de diferentes soluciones que permitan mitigar la contaminación y restaurar los ecosistemas afectados.

No obstante, muchos de los experimentos, y particularmente los asociados a biorremediación con microalgas, se quedan solo en el marco de la academia de forma muy especializada y amplia, implicando que solo personas expertas en el tema lo pueden realizar. Los diseños experimentales permiten realizar una observación controlada para poder recolectar, analizar e interpretar datos, generando productos interesantes que pueden aplicarse en distintos campos a partir de estrategias particulares, pero resultan ser técnicos, extensos y poco usados o replicados para el proceso de enseñanza, lo que implica apartar un elemento que puede aportar bastante a la práctica pedagógica al integrar diferentes métodos, lo anterior, es objeto de investigación ante la necesidad de que los estudiantes puedan analizar la toma de decisiones frente a su diario. Por ello, es relevante acercar los complejos experimentos a las aulas, de tal forma que estén al alcance de los estudiantes y de sus territorios, pues, es allí donde se ve la necesidad inmediata.

Actualmente se le da prioridad a la dimensión teórica en la enseñanza, dejando de lado la dimensión práctica. El orden de presentación, el tiempo dedicado, la valoración relativa que se concede en la evaluación a los aspectos procedimentales frente a los conceptuales son algunas pruebas del predominio general de lo teórico sobre lo práctico. Es más, lo práctico es visto muchas veces como mera aplicación, consecuencia o ilustración de lo teórico y, en este sentido, no importa tanto el orden secuencial de la acción escolar (comenzar planteando un problema o comenzar por los conceptos básicos) como el valor que se concede a cada uno de los términos, leyes y principios teóricos enseñados (López & Tamayo, 2012, p.149).

Además, es relevante plantear experimentos que puedan sacar las clases de la cotidianidad, de tal forma que no se queden solamente en la teoría, sino que puedan ser llevados a la práctica. Sin embargo, es necesario que los experimentos no solo sean entendidos para validar una teoría sino para fomentar diferentes habilidades en los estudiantes y darles herramientas para el entendimiento de su realidad. Según, López, & Tamayo (2012).

“Las actividades de laboratorio, en su gran mayoría, se caracterizan por ser tipo receta, en las que los estudiantes deben seguir ciertos algoritmos o pasos para llegar a una conclusión predeterminada (...) se está transmitiendo una imagen distorsionada de ciencia, en la que las prácticas son el único criterio de validez del conocimiento científico y la prueba definitiva de las hipótesis y teorías (p.2).

Por lo tanto, no solo basta con llevar el experimento a las aulas de clase, sino llevarlo de tal forma que pueda aportar a los elementos teóricos de la clase en cuanto a que pueda ser visto en práctica y pueda fomentar el reconocimiento de aquellos elementos que conllevan a todos como lo es la contaminación de los sistemas acuáticos y las estrategias para su restauración, pero que son omitidos ante su complejidad y delegados a la academia.

En la revisión realizada también se encontraron de algunos escritos ligados a la enseñanza de la fitorremediación en el que se usan especies vegetales, como Fitorremediación con buchón de agua (Muñoz, & Novoa, 2018), en la cual, a pesar de que sí se encuentran elementos para la enseñanza de la biorremediación con diferentes organismos, hay muy pocos elementos que apoyen la enseñanza de la biorremediación, especialmente con microalgas, lo que implica que a pesar de que sí se están realizando trabajos alrededor de la temática, mucha de esa información se queda en cuestiones netamente científicas y deja de estar al alcance de todo público.

De esta forma, los maestros en formación de la LB y la LCNEA cobran relevancia, pues son principalmente ellos los que se van a hacer cargo de estas temáticas en la escuela, teniendo en cuenta que su área está directamente relacionada con aspectos ecológicos y al ponerlo en un contexto particular se va a ver atravesado por la Educación Ambiental, es por ello que son los licenciados en estas áreas los encargados de brindar a sus estudiantes un conocimiento oportuno a sus estudiantes que les permita tomar una conciencia ambiental y con ello, acciones puntuales frente a la protección, el cuidado y la restauración de los sistemas acuáticos.

Además, es pertinente que los maestros en formación no solo lleven una información al aula de clase, sino que primero sea comprendida e interiorizada por ellos mismos, de tal forma que posteriormente pueda ser llevada por medio de actividades prácticas contextualizadas a sus estudiantes de tal forma que generen un impacto, así, cobra relevancia esta propuesta de investigación al aportar elementos a los maestros en formación que puedan ser revisados ante la toma de decisiones propias en su diario vivir y en su rol docente. Para ello, se plantea la siguiente pregunta problema: **¿Qué elementos del diseño experimental de las esferas de alginato de calcio con microalgas pueden ser utilizados para la enseñanza de temas ambientales en población universitaria?**

Justificación

Teniendo en cuenta que el presente trabajo tiene como fin la enseñanza de la biorremediación a partir de la revisión de un diseño experimental con microalgas, se hace relevante en diferentes ámbitos que abarcan la relación con el cuidado de los sistemas acuáticos para la preservación y el mantenimiento de la vida en un país como Colombia; además, cuestiones más específicas que involucran los procesos de enseñanza- aprendizaje del maestro en formación, incluyendo las prácticas de laboratorio como un elemento fundamental para el desarrollo de habilidades que lleven la teoría a la práctica, y finalmente, en cuanto a la posibilidad de comprender procesos ambientales y visibilizar aquellos organismos con un rol ecológico fundamental como es el caso de las microalgas.

De esta forma, es de resaltar que es una propuesta que se ubica en un contexto como lo es Colombia, un país biodiverso en muchos aspectos, lo anterior ante su posición estratégica en la línea ecuatorial, considerándose un país ubicado en la zona intertropical entre el trópico de Cáncer y el Ecuador y siendo un país con abundancia de agua ante la combinación de factores geográficos y climáticos entre los que se encuentra su posición estratégica al limitar tanto con el océano Atlántico, como el océano pacífico recibiendo fuertes precipitaciones de ambos lados, además de su topografía variada, clima, zonas de convergencia ínter tropical y diversidad de ecosistemas que contribuyen a la retención, regulación y flujo constante de agua a través del país.

Sin embargo, a pesar de esta abundancia, es importante destacar que Colombia también enfrenta desafíos relacionados con la gestión del agua, como inundaciones estacionales y problemas de acceso al agua potable en algunas regiones, además frente su importancia en cuestiones transversales como lo es la supervivencia de las especies, la disponibilidad de agua dulce para consumo humano, actividades agrícolas y su papel fundamental en la absorción de dióxido de carbono y estabilización de la temperatura de la Tierra e impacto económico. De esta forma, es importante buscar estrategias que permitan restaurar los daños ya establecidos para mantener el equilibrio ecológico, asegurar la disponibilidad de recursos vitales y preservar la calidad de vida en nuestro planeta.

Por otro lado, en cuanto a los maestros en formación de la Licenciatura en Biología y de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación ambiental, es pertinente propiciar investigaciones que en la práctica, permitan generar reflexiones en las relaciones que se establecen entre el humano y la naturaleza, sensibilizando en cuanto al impacto que se tiene

mutuamente, principalmente ante el aumento de la contaminación y la responsabilidad que tiene el humano frente a su propia especie y las otras especies, teniendo en cuenta la influencia del “desarrollo” en relación con la calidad y mantenimiento de la vida misma. Generando de forma transversal posibles impactos en la toma de decisiones frente a las situaciones del día a día, además de, propiciar estrategias que no solo sean dirigidas al cuidado de los sistemas acuáticos, sino también a la protección y restauración de estos.

De igual forma, es pertinente brindar a los maestros en formación elementos que les permitan, además de la comprensión de procesos ambientales, fomentar en la escuela la búsqueda de soluciones prácticas ante la particularidad de los contextos y frente a la alta contaminación de los sistemas acuáticos que generan a su vez grandes desafíos ambientales. Así mismo, se plantea como una posibilidad de divulgación del conocimiento científico, de tal forma que los extensos diseños experimentales no se queden solo en el marco de la academia, sino que puedan ser llevados al aula de forma práctica y fomenten el interés en la ciencia y en la investigación. De esta manera, resulta relevante general materiales educativos que impliquen a su vez los trabajos prácticos, ya que *“para los estudiantes es motivante, interesante, y comprensible trabajar la temática desde la articulación de la clase magistral, la práctica de laboratorio y la orientación por parte del docente”* (Delgadillo y Góngora, 2009, p.153).

Así, se hace fundamental encontrar medios eficientes que permitan hacerle frente a los impactos negativos que el ser humano ha venido dejando a su paso por la naturaleza, de tal forma que no se generen nuevas afectaciones, sino que, por el contrario, permitan estabilizar aquellos ecosistemas que han sido afectados desde los diferentes espacios, como es la biorremediación, en este caso con microalgas. Para ello, es importante tener en cuenta que Colombia es un país muy diverso cuya mayor fuente de energía es la hidráulica ante la abundancia de este “recurso”. Sin embargo, su uso no se da de la mejor forma, pues, la cantidad de aguas residuales aumenta de forma considerable, su tratamiento no siempre resulta ser eficiente y los cuerpos de agua terminan con grandes contaminantes que impactan a todos los organismos presentes, generando a su vez un riesgo para todos los organismos que dependen de estos. De esta forma la biorremediación tiene un papel fundamental al plantear una técnica que no es invasiva con los ecosistemas, además permite fomentar una conciencia ambiental sobre los problemas ambientales y es una aplicación práctica que puede ser llevada al aula de clase como una práctica para el manejo de la contaminación.

De esta manera, se busca propiciar las prácticas experimentales en el aula, llevando la enseñanza de la ecología de las microalgas de otra manera al aula, no solamente desde lo teórico, sino acudiendo a la práctica, en búsqueda de una enseñanza que permita interiorizar los procesos a partir de la experiencia y la motivación de forma contextualizada.

Las ciencias naturales son consideradas experimentales porque justamente parten del principio de la experimentación como enfoque para dar cuenta de la explicación de los fenómenos naturales; de ahí que las teorías propuestas surjan de una dinámica constante de comprobación que corrobora evidencias en cada paso metodológico para hallar el grado de validez o certeza de la hipótesis formulada. (Medellín, Vargas, y Ojeda, 2016, p9).

En ese sentido, los licenciados en LB y LCNEA tienen un rol fundamental, pues es importante fortalecer aquellos procesos de práctica de laboratorio propios de tal forma que puedan ser llevados posteriormente al aula, además, aumentar el conocimiento en cuanto a los procesos de biorremediación con microalgas, la forma en la que estos se desarrollan, su importancia en el ecosistema y visibilizar la forma en la que a pesar de que son microorganismo que no se pueden ver a simple vista, sí pueden generar grandes impactos en el ecosistema, generando así una responsabilidad propia de poder compartir ese conocimiento científico sobre estos organismos, resaltándolos como vitales para el mantenimiento de la vida, contribuir al reconocimiento de los diferentes procesos que se efectúan en la naturaleza ante el gran impacto que ha dejado el humano y propiciar acciones puntuales que hagan frente a la alta contaminación de los sistemas acuáticos

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un material educativo para la enseñanza de la biorremediación a partir del diseño experimental de las microalgas encapsuladas en esferas de alginato de calcio para estudiantes de la Licenciatura en Biología y de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

○ **Objetivos específicos**

- Replicar el diseño experimental de las esferas de alginato de calcio con microalgas evidenciando los elementos para tener en cuenta para la enseñanza de la biorremediación.
- Establecer los criterios, el contenido y procedimiento para desarrollar el material educativo, teniendo en cuenta los elementos evidenciados en la replicación del diseño experimental para los estudiantes la Licenciatura en Biología y La Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental.
- Elaborar el material educativo integrando recursos teóricos, prácticos y visuales que permitan dar cuenta del proceso de biorremediación con microalgas y los elementos para su enseñanza.

Antecedentes

A continuación, se presentan algunas investigaciones previas relacionadas con el objeto de estudio de esta investigación, incluyendo algunos trabajos que, si bien no toman el mismo objeto de estudio particular, si abordan alguno de sus componentes, de manera que contribuye al reconocimiento de lo que se ha trabajado hasta ahora sobre el tema de la investigación. En este caso, relacionadas con los diseños experimentales, trabajos prácticos, enseñanza de la biorremediación, microalgas y material educativo, de tal forma que se presentan documentos de tipo artículo de investigación, trabajos de grado y de maestría organizados en tres apartados: internacional, nacional y local.

Internacional

En el artículo publicado en la Revista Latinoamericana de microbiología, en México, realizado por Ferrera, R., Rojas, N., Poggi, H., Alarcón, A. & Cañizares, R. (2006). Titulado *Procesos de biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos*; se discuten los principios básicos indispensables para el entendimiento de la efectividad de los diversos sistemas de biorremediación de suelos y agua contaminados con hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos. Relaciona aspectos prácticos del composteo y manejo de mejoradores del suelo, la utilización de plantas y la actividad microbiana de la rizosfera como pieza clave en los procesos de fitorremediación; además del potencial de utilización de microalgas en la descontaminación de aguas residuales que contengan contaminantes y resaltando técnicas de biorrestauración como los reactores de suelos activados (RSA) junto con sus implicaciones. Concluye, entre otros aspectos: 1) Para el tratamiento de suelos contaminados es necesario realizar un estudio de tratabilidad seleccionando variables significativas como son el tipo, cantidad de residuo agroindustrial, cantidad de nutrientes y un valor óptimo de humedad; 2) Durante la fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo, los microorganismos asociados a la rizosfera y aquellos denominados como simbióticos obligados, representan una alternativa biológica para incrementar el potencial de remediación de los compuestos contaminantes; 3). En el caso de aguas contaminadas, el biotratamiento con microalgas constituye una realidad y es útil como tratamiento terciario de aguas residuales; 4). Las microalgas y cianobacterias juegan un papel cada vez más importante en el tratamiento de aguas contaminadas con compuestos orgánicos y fracciones de petróleo, por lo que hay que profundizar en su estudio.

Esta publicación, aporta al presente trabajo debido a que da cuenta de otras formas en las que se ha venido implementando procesos de biorremediación, para este caso en lo que respecta a la contaminación por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos, señalando algunos microorganismos y en especial las microalgas en el proceso y planteando la idea de su empleo no solamente para aguas residuales, sino también para suelos contaminados. Además, da cuenta de cómo la fitorremediación es planteada como estimuladora de la actividad microbiana y de su baja efectividad a nivel industrial.

Jácome, C., Ballesteros, C., Rea, E., Rea, L. & Poma, P. (2011) en su artículo publicado en la revista Ciencia y Tecnología de Ecuador, con su investigación titulada *Microalgas en el tratamiento de aguas residuales generadas en industrias de curtiembres*; realizan una revisión bibliográfica detallada del uso de microalgas para el tratamiento de aguas residuales procedentes de curtiembres, para lo que analizan 42 trabajos de entre artículos científicos y trabajos de grado en relación al objeto de estudio. En la investigación sobresale que, las microalgas más utilizadas en los procesos de biorremediación en este tipo de industria son *Scenedesmus* sp, *Espirulina* sp, *Chlorella* sp, *Tetraselmis* sp, y *Pseudochlorella* sp., importantes por su alta eficiencia en la remoción de Cromo, y otros elementos contaminantes presentándose como buenas alternativas a los métodos de tratamiento convencionales para la industria del cuero teniendo en cuenta que, los niveles de remoción de contaminantes como el Cromo, en la mayoría de los estudios analizados superan el 90%. (p.7). De esta manera, esta investigación permite tener un referente en cuanto a una bibliografía detallada de otros trabajos realizados en los que se trabajan las algas como biorremediadores, además, indica porcentajes de eficiencia de remoción de metales pesados para poder determinar el organismo a trabajar en relación con los componentes del ecosistema, y las diferentes técnicas para su manejo. Por otra parte, se resalta que, según observación propia, ninguna investigación presentada está dentro de la enseñanza, implicando un vacío en este ámbito.

Así, estas investigaciones presentan la relevancia de algunos microorganismos en los procesos de restauración tanto de suelos como de aguas que han sido contaminadas con diversos compuestos que incluyen metales pesados. Indicando algunos limitantes y posibilidades en el campo.

La investigación publicada en la Revista de Educación en Biología realizada por Fernández, N. (2013), titulada *Los Trabajos Prácticos de Laboratorio por investigación en la enseñanza de la Biología* de la Universidad Nacional Tierra del Fuego, Argentina, aborda una revisión bibliográfica sobre algunas posibilidades de implementación de trabajos prácticos de laboratorio (TPL) en la enseñanza de la Biología, para lo que sistematiza algunas conceptualizaciones y clasificaciones de diseño de estas. Así, resalta que los trabajos prácticos refieren a las actividades en los que los estudiantes usan determinados procedimientos para resolverlas y no solo refieren a las actividades realizadas en laboratorio,

siendo además presentados como algo ya elaborado para su simple manejo y/o observación, señala además aspectos relacionados con los objetos de los TPL y su estructura. Concluye que son un componente fundamental en la enseñanza de las ciencias, por lo que al presentarlas a los estudiantes de forma organizada puede lograr el aprendizaje, promover el pensamiento crítico y las actitudes positivas hacia las ciencias, subrayando la investigación como promotor de la construcción de modelos conceptuales relevantes de la ciencia en los estudiantes.

Se resaltan los aportes de esta investigación al presente trabajo teniendo en cuenta la necesidad de plantearse actividades que den al estudiante una mayor participación, elaborando hipótesis y conclusiones con preguntas que le permitan al cuestionarse durante el ejercicio. Presenta, además, un referente conceptual que permite generar una guía en el momento de plantear las actividades de acuerdo con los diferentes tipos de objetivos que se busca promover y como un aporte concreto y práctico para el diseño de TPL en este caso para la enseñanza de procesos biológicos.

Cruz, J., Zapata, R. & Morales, M. (2017), presentan su trabajo titulado *Efecto del uso de materiales didácticos en la enseñanza-aprendizaje de Ciencias Naturales con estudiantes del 6to grado A, turno vespertino de la Escuela pública de primaria Diriangén, Comarca Momotombo, Municipio La Paz Centro, Departamento de León, durante el II semestre del año lectivo 2017*, como optativo para el título de Técnico Superior en Pedagogía con mención en Educación Primaria en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. En este, se propusieron analizar el efecto de los materiales didácticos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales. Inicialmente identificaron los materiales didácticos usados para este curso para luego examinar la relación entre estos y el contexto de los estudiantes de acuerdo con los requerimientos de cada material. Resaltando la importancia de los materiales didácticos en el desempeño educativo y su necesidad como intermediarios curriculares, concluyendo que en la escuela se usan principalmente los materiales que son fáciles de entender evitando los más complejos y enriquecedores en los que predomina solo el carácter informativo para lo cual, es necesario un cambio de paradigma en el docente que se vea reflejado en sus prácticas y en un aprendizaje significativo.

Esta investigación, aporta al presente trabajo ya que, señala una exhaustiva revisión en lo que respecta a las características, clasificaciones y aplicaciones del material didáctico, incluyendo el experimento como recurso didáctico, permitiendo realizar comparaciones frente a los tipos de materiales, además, resalta la incidencia del uso de materiales didácticos más elaborados directamente con el aprendizaje y los logros curriculares, poniendo al docente en el centro como mediador del proceso del cual depende el desarrollo de estos.

Nacional

Producto de un trabajo de maestría para optar al título de Magister en Ciencias Biológicas en La Universidad Nacional de Colombia, se encuentra la investigación desarrollada por Delgadillo, I. (2014). Titulada *Respuestas biológicas de Scenedesmus ovalternus y Chlorella vulgaris inmovilizadas en alginato de calcio, ante diferentes concentraciones de nutrientes en condiciones de laboratorio*, cuyo objetivo fue analizar el efecto de diferentes concentraciones de nutrientes en poblaciones de Scenedesmus ovalternus y Chlorella vulgaris inmovilizadas en alginato de calcio bajo condiciones de laboratorio y su probable utilidad como método de biomonitorio. De esta manera, se realizó un monitoreo en el que se cultivaron las dos especies por separado tanto en condiciones libres como encapsuladas, realizando las mediciones de crecimiento poblacional y eficiencia fotosintética a diario, así como de contenido de clorofilas al final del experimento en diferentes niveles de trofía simulados en el laboratorio. Concluyendo, entre otros que, la adecuación de la metodología para la medición y estudio de la fluorescencia de la clorofila A, permite generar análisis fisiológicos importantes para el objetivo de este estudio. (p.56). Así mismo que, las curvas de crecimiento de las especies son diferentes independientemente de la concentración inicial de células cultivadas, el tipo de cultivo, o incluso el tratamiento pues, S. ovalternus es más sensible a la concentración de nutrientes en el medio frecuentemente reportada en aguas ricas en nutrientes (estenotolerante a esta condición) a comparación de C. vulgaris que tiene un amplio rango de tolerancia permitiéndole encontrarse en cualquier estado trófico, principalmente reportada en aguas con baja concentración de nutrientes.

De esta manera, en cuanto al desarrollo del presente trabajo, me permite comprender cómo las algas pueden, aparte de la biorremediación, ser bioindicadoras, siendo un referente fundamental al desarrollar el diseño experimental de las esferas de alginato de calcio, diseño que puede ser replicado en condiciones similares para la enseñanza de la biorremediación permitiendo evidenciar procesos con microalgas. Además, en la investigación se dan ciertas recomendaciones para el desarrollo de experimentos similares en laboratorio y se establecen parámetros puntuales que funcionan como referente, señalando información relevante en cuanto al crecimiento y desarrollo de estas dos especies de algas ante diversas condiciones para una adecuada replicación.

El trabajo de investigación de Candela, R. (2016), como trabajo de grado optativo para el título de Ingeniero Ambiental en La Universidad Nacional Abierta y a Distancia titulado *Las microalgas y el tratamiento de aguas residuales: conceptos y aplicaciones. Una revisión bibliográfica pretendió realizar una revisión bibliográfica en torno al uso de microalgas en el tratamiento de aguas residuales*, para ello describe lo que implica cada concepto

relacionado con el objeto de estudio, luego realiza una apropiación teórica y conceptual sobre el concepto de microalgas y, finalmente, presenta su revisión de estudios realizados en diferentes contextos en los que se exponga el uso de microalgas en el tratamiento de aguas residuales. (p.8). Lo anterior, a partir de una búsqueda de publicaciones académicas hechas tanto en Colombia como en América Latina, España y Portugal, entre los años 2000 y 2015, concluyendo así que, el uso de microalgas como *Cyanophyta* y *Synechocystis* es bastante efectivo para la depuración de aguas residuales urbanas, especialmente en lo que tiene que ver con la remoción de nutrientes. Además, señala la efectividad del proceso bajo condiciones anaerobias, aunque eleva la demanda biológica de oxígeno por parte de las microalgas. De otro lado, indica que el uso de las microalgas *Chlorella* sp. y *Scenedesmus* sp. es efectivo para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria pesquera (p.43).

Este trabajo me brinda afirmaciones en cuanto al rol de algunas especies de algas en la biorremediación en diferentes ecosistemas como como *Cyanophyta* y *Synechocystis* con su gran capacidad de remoción de componentes y el entendimiento de que las etapas de crecimiento y desarrollo de microalgas dependen de las condiciones del cultivo, por lo que los experimentos se deben llevar a cabo según el ambiente y el organismo, además de señalar las características propicias para realizar un medio de cultivo como iluminación, temperatura, salinidad y aireación para diferentes especies, brindándome una guía para determinar el diseño experimental a presentar y aspectos a considerar para su replicación.

El artículo de Ortiz, M., Romero, M., & Meza, L. (2018). *La biorremediación con microalgas (Spirulina máxima, Spirulina platensis y Chlorella vulgaris) como alternativa para tratar la eutrofización de la laguna de Ubaque, Colombia*, buscó disminuir los niveles de nitratos, nitritos y fosfatos (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-}) de la laguna de Ubaque para comprobar la capacidad depuradora de las microalgas, determinando qué, la biorremediación con microalgas en la laguna de Ubaque es una alternativa viable para disminuir el nivel de eutrofización; sin embargo, no todas las cepas presentaron resultados significativos. (p.1). Ésta investigación me permite tener un referente en cuánto a el planteamiento de un diseño experimental con relación a las microalgas *Spirulina máxima*, *Spirulina platensis* y *Chlorella vulgaris* para la biorremediación, brindado estándares para ser tenidos en cuenta y ser realizado en cuerpos de agua colombianos destacando características de este y señalando la importancia de la biorremediación como un método de bajo costo de relevancia ante la alta contaminación de los cuerpos acuáticos en Colombia. También menciona autores relevantes para establecer los parámetros de recolección y preservación de muestras del cuerpo de agua siendo un referente teórico.

De esta manera, se presentan diferentes investigaciones que señalan las microalgas y algunas especies en particular con altas implicaciones para la restauración de sistemas acuáticos. Indicando, diversas condiciones óptimas para su cultivo y efecto frente a los diferentes

compuestos, como un grupo ampliamente estudiando desde el ámbito biológico qué se ha propuesto incluso a nivel industrial.

Por otro lado, el trabajo publicado en la revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia), por López, A. & Tamayo, O. (2012). Titulado Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las Ciencias Naturales, caracterizó las prácticas orientadas en un programa de Licenciatura en Biología y Química, mediante un diseño metodológico mixto. Para ello, se hizo un estudio descriptivo con once (11) docentes y noventa y seis (96) estudiantes del programa de Licenciatura en Biología y Química de la Universidad de Caldas, recolectando información mediante encuestas para estudiantes y maestros, obteniendo información alrededor de tres categorías centrales: propósitos, visión de ciencia y clasificación de las prácticas, siendo sometidos a validación por expertos y, además, realizando una prueba piloto. Así, se seleccionaron cinco guías al azar de cada una de las materias que poseían prácticas de laboratorio, estudiadas para analizar su estructura y contenido. Los resultados fueron de naturaleza descriptiva, sugiriendo que las actividades de laboratorio, en su gran mayoría, se caracterizan por ser tipo receta, en las que los estudiantes deben seguir ciertos algoritmos o pasos para llegar a una conclusión predeterminada. Además, el estudio revela que se está transmitiendo una imagen distorsionada de ciencia, en la que las prácticas son el único criterio de validez del conocimiento científico y la prueba definitiva de las hipótesis y teorías.

De esta manera, la investigación tiene relevancia para el desarrollo del presente trabajo ya que presenta un referente teórico importante en cuanto a las concepciones de las prácticas experimentales desde una perspectiva instruccional y constructivista, de tal forma que, el maestro se pueda posicionar de acuerdo a sus intereses, además, presenta una clasificación de las prácticas experimentales y los niveles que se deben alcanzar durante las prácticas, resaltando la necesidad de comprender las prácticas de laboratorio desde una nueva perspectiva, no solo como forma de validar un determinado conocimiento, sino de incentivar a los estudiantes y de despertar y desarrollar habilidades.

El trabajo de maestría de la Universidad Nacional de Colombia optativo al título de Magister en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas. Titulado *Diseño de un manual guía del docente para el estudio limnológico de ecosistemas acuáticos para el fortalecimiento de conceptos científicos en estudiantes de educación media* realizado por Moreno, F. (2012), presenta el diseño de una herramienta didáctica dirigida a docentes para acercar a los estudiantes de educación media al conocimiento científico mediante un manual para estudiar sistemas acuáticos en salidas de campo, lo anterior, con el propósito de ayudar a dilucidar problemas ambientales que han afectado a los ecosistemas hídricos. Para su desarrollo, inicialmente, se realizó un análisis reflexivo de algunas causas frecuentes por las cuales los docentes no involucran rutinariamente las salidas de campo como herramienta didáctica,

posteriormente, se realizó una revisión disciplinar con una perspectiva limnología para aplicarla a la didáctica de las ciencias y finalmente se consolida un manual para docentes con el fin de optimizar la salida de campo en mediación con el estudio de los sistemas acuáticos. A partir de ello, se concluye, entre otros aspectos que, El autor concluye que el fortalecimiento de conceptos científicos desde el trabajo de campo en limnología es un objetivo parcial, ya que la estructuración conceptual es solo el camino para consolidar el pensamiento crítico frente a las conductas que afectan al medio ambiente, así que el manual logra la articulación de los componentes normativos, disciplinares, pedagógicos y didácticos, éticos, y logísticos, facilitando actividades prácticas que permitan al docente realizar actividades fuera del aula convencional. Además, se plantea la implementación de la limnología en la Educación Ambiental como una oportunidad para involucrar elementos éticos y reflexivos en torno al reconocimiento del valor social del cuidado del agua. Así, aporta al trabajo porque es un referente en la Enseñanza de la Ecología de los sistemas acuáticos, en este caso mediante una trasposición didáctica de los conceptos reflejados en las prácticas, de forma que se propicien reflexiones sobre el cuidado y preservación de los sistemas y se potencie el aprendizaje de los conceptos biológicos desde la práctica. Además, articula componentes como los normativos, disciplinares pedagógicos, didácticos, éticos y logísticos. Resaltando así, que no solo son relevantes los aspectos disciplinares, sino su transversalidad con otros aspectos que atañen al individuo.

- **Locales**

La investigación propuesta por Parra, (2016). Titulada *Construcción de un recurso educativo natural para la enseñanza de microalgas dirigido a estudiantes de grado cuarto del Instituto Pedagógico Nacional*, estuvo enfocada a construir un recurso educativo para la enseñanza de microalgas orientado a estudiantes de grado cuarto del Instituto Pedagógico Nacional situado en la ciudad de Bogotá, planteando en su metodología la realización de la siembra de dos taxones de microalgas: *Chlorella* sp.y *Scenedesmus* sp, bajo el enfoque de investigación mixto, a partir de lo cual se diseña una cartilla denominada “conociendo el mundo microscópico”, donde se abordaron diferentes temáticas, desde el buen uso del microscopio hasta las funciones vitales desarrolladas por estos organismos. A partir de ello, dentro del contexto educativo y de la misma enseñanza de la biología, se posibilitó el aprendizaje y la comprensión de varios conocimientos de la vida unicelular en los estudiantes y se potencializaron actitudes procedimentales frente al uso adecuado del microscopio y aspectos actitudinales como la participación y escucha activa en clase. De esta forma, se evidencia la relevancia de la enseñanza y visibilización de microalgas el entorno escolar y cómo a partir de estas se pueden evidenciar distintos procesos biológicos. Esta investigación aporta al presente trabajo ante la posibilidad de tomar como parte importante la relación del sujeto con el contexto en la construcción del material educativo, concibiendo al estudiante

como persona capaz de tener reflexiones sobre lo que vive y aprende, sin dejar de lado el papel del maestro como quien orienta los conocimientos, además de ser un trabajo que permite visibilizar las microalgas y cómo desde estas se pueden establecer procesos de enseñanza-aprendizaje de procesos biológicos relacionándolos con el diario, siendo un referente frente a la elaboración de materiales educativos alrededor de las microalgas.

Una segunda investigación, propuesta por Sánchez y Gómez, (2017). *Diseño e implementación de un proyecto de investigación en el aula sobre la fitorremediación de Cr (VI) como una estrategia para el desarrollo de competencias científicas investigativas*, pretendió fortalecer el desarrollo de las competencias científicas investigativas en 17 estudiantes de noveno semestre del Énfasis de Tecnologías Limpias del programa de la Licenciatura en Química de la UPN, de Bogotá, Colombia, mediante la implementación de una secuencia didáctica diseñada desde un ciclo de aprendizaje hipotético-deductivo, con el que se consolidó un proyecto investigativo en el aula partiendo de problemas ambientales, y, en el que se estableció la fitorremediación de Cr (VI) como solución al tratamiento de las aguas residuales causadas en los procesos de curtido en Villa Pinzón (Cundinamarca, Colombia). De esta manera, se establece la fitorremediación como una biotecnología de bajo costo que puede dar solución a la problemática planteada, teniendo en cuenta que, los problemas ambientales que genera la contaminación por metales pesados en el agua son un claro ejemplo del tipo de problemáticas actuales que se pueden llevar al aula, y a las cuales se logra proponer alternativas de solución. Además, resalta la importancia de elaborar proyectos de investigación sobre problemas ambientales para fortalecer competencias científicas investigativas que permitieron al docente interpretar, argumentar y proponer soluciones frente a una situación problema, al permitir concienciarse sobre su entorno y ampliar sus conocimientos para impulsar la prevención y resolución de problemas ambientales presentes y futuros.

Así, esta investigación aporta al presente trabajo al evidenciar cómo una secuencia didáctica posibilita potenciar competencias científicas investigativas, como la indagación, experimentación y argumentación, siendo relevante la fitorremediación y su incidencia ante las problemáticas actuales en Colombia, buscando alternativas amigables y críticas.

Rivera, K. (2017). En su propuesta de trabajo de grado para optar al título de Licenciada en Biología titulada *Prácticas experimentales de laboratorio con microalgas: enseñar conceptos biológicos a maestros de biología en formación a partir de la Ficoteca*, tuvo como objetivo diseñar una estrategia didáctica desde las prácticas de laboratorio utilizando la Ficoteca, para la enseñanza de conceptos biológicos a los maestros en formación del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Para ello, establece elementos viables para la implementación de protocolos de laboratorio en el DBI, plantea el desarrollo de material didáctico digital que respondiese a la enseñanza de conceptos

biológicos a partir de las microalgas y finalmente valida la propuesta. Así, se establecieron diez conceptos estructurantes con once protocolos que forman parte de la propuesta curricular del Departamento de Biología, y que pueden apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje a partir de las microalgas como organismo experimental. Además, resaltan la importancia de emplear la Ficoteca para tal fin, debido que se posibilita que cualquier maestro, ya sea trabajador de la Universidad Pedagógica Nacional o maestro en formación pueda acceder a este material para sus prácticas docentes.

Es un trabajo que aporta bastante a la presente investigación, resalta la importancia de materiales de acceso libre para los maestros, para que puedan llevarse al aula. Así mismo, plantea la comprensión de los conceptos estructurantes como un paso fundamental para la comprensión de las temáticas y la necesidad de una estructura clara e intencionada en el momento de elaborar un material educativo, en el que se le dé principal importancia a la implementación de las prácticas de laboratorio permanentemente en las sesiones de clase y siendo un referente al plantear una forma de validar la propuesta educativa con los maestros con relación a sus percepciones sobre el material y su aplicabilidad.

Muñoz, C, & Novoa, S. (2018). En su trabajo de grado optativo para el título de Licenciatura en Biología, de la Universidad Pedagógica Nacional, titulado *El humedal artificial como material educativo para la enseñanza de la fitorremediación con Buchón de Agua (Eichhornia crassipes) en sistemas acuáticos dirigido a los maestros de biología del Distrito*, tuvieron como objetivo diseñar un humedal artificial como material educativo para los maestros de Biología de Bogotá, permitiendo la enseñanza de la fitorremediación con Buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) desde el enfoque mixto y estructurado en el paradigma sociocrítico, en el que se analizaron los resultados desde las reflexiones de los maestros de Biología. Este proceso en conjunto tuvo tres fases, las cuales fueron en un primer momento, la experimentación con el Buchón de agua (*Eichhornia c.*) con el fin de evaluar su respuesta a la Fitorremediación con Nitritos (NO₂-) y Nitratos (NO₃-), seguido de una revisión documental acerca de talleres teórico prácticos entorno a la enseñanza de la ecología y, finalmente, la validación de la propuesta con tres maestras del distrito egresadas de la Licenciatura en Biología, a través de una implementación presencial en el Colegio Gimnasio El Lago y una implementación virtual en el Colegio Agustiniiano Tagaste y Colegio Candelaria Integrada (p.17). Concluyen, entre otras cuestiones, que construir talleres sobre el humedal artificial permite articular y adaptar las temáticas desarrolladas en cada uno con las necesidades del contexto de las instituciones educativas, por otro lado, en relación con los humedales como recursos hídricos, se propone como tema necesario de abordar en el aula para la generación de soluciones y reflexiones frente a ello. Además, a partir de los modos de validación con los maestros de biología del distrito, se puede concluir que el humedal artificial, y el maestro de manera independientemente no alcanzan el mismo propósito, sino que es su articulación lo que permite que se cree un verdadero aprendizaje-haciendo.

Así, aporta a la presente investigación al resaltar la unión entre la teoría y la práctica para enseñar la dinámica de los sistemas acuáticos desde temáticas como la Fitorremediación, entendiendo que es un eje central para reflexionar sobre el uso e importancia de los recursos hídricos en Bogotá, especialmente para un licenciado en Biología, siendo muy acertadas al presentar un acercamiento frente a las condiciones reales de la naturaleza.

Almeciga, (2022). En su propuesta titulada *Diseño de un objeto virtual de aprendizaje para la enseñanza de la biorremediación a partir de especies de hongos basidiomicetos ligninolíticos en estudiantes del grado noveno del colegio Campestre Monte Verde*, tuvo como objetivo diseñar un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) para la enseñanza de la biorremediación con especies de hongos basidiomicetos ligninolíticos, en estudiantes del grado noveno del colegio Campestre Monte Verde. Para ello, implementó una metodología con enfoque mixto en el que se plantearon algunas encuestas, además, estableció elementos conceptuales y metodológicos que permitan el diseño del OVA, conforme a las exigencias académicas y de competencias exigidas para un tema de las ciencias naturales, en este caso para la enseñanza de biorremediación, luego, analizó los estándares básicos de competencias en grado noveno para la garantizar la construcción de conocimiento sobre la Biorremediación con especies de hongos basidiomicetos ligninolíticos y finalmente evaluó la pertinencia y viabilidad del recurso educativo a partir del juicio de expertos en Biología. Concluyen que fue una propuesta de interés para la enseñanza de las Ciencias Naturales y la Biología en el grado de noveno de bachillerato, además de contar con que el OVA es de uso abierto y se puede utilizar no solo para los alumnos de grado noveno, sino también para otros grupos de interés académico incluso el universitario. Siendo el OVA una herramienta adecuada para el uso de la presentación de un tema tan importante como lo es la perseveración y recuperación del medio ambiente mediante la biorremediación.

Así, aporta al presente trabajo ya que, presenta cómo un material educativo, en este caso un OVA, permite acercarse a la temática no solo a la población de estudio, sino a diversos grupos a los que puede llegar. Además, aunque presenta un grupo diferente a las microalgas, establece la biorremediación como eje central para presentarse, lo que implica ampliar los conocimientos y seguir construyendo sobre la temática, impulsando la realización de materiales que motiven a los estudiantes y presenten una alternativa para la práctica docente.

Marco teórico

Teniendo en cuenta que el objetivo de este trabajo es la enseñanza de la biorremediación a partir de los elementos obtenidos de un diseño experimental con microalgas, se presentan los referentes teóricos claves para el desarrollo de la presente investigación presentados en las categorías de Diseño experimental como trabajo práctico, Enseñanza-aprendizaje de la biorremediación, Microalgas en los sistemas lénticos y Videos como Material educativo.

1. Diseño experimental como trabajo práctico

Los diseños experimentales permiten, bajo unas condiciones particulares, determinar cambios significativos entre los fenómenos a observar. “El objetivo fundamental de los diseños experimentales radica en el determinar si existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos del experimento y en caso de que la respuesta es afirmativa, cuál sería la magnitud de esta diferencia.” experimental (Badii, Castillo, Rodríguez, Wong, & Villalpando, 2007, p.1). Además, permiten verificar tendencias. Según Badii, et al. (2007), los elementos a ser tenidos en cuenta al momento de hablar de un diseño experimental son:

- Experimento. Un procedimiento que basado en el control de las condiciones permite verificar.
- Unidad experimental. La unidad material del experimento al cual se aplica el experimento.
- Control de las condiciones. Se trata de controlar aquellas condiciones externas a las unidades experimentales que pueden ocasionar variación o ruido en los resultados del experimento.
- Tratamiento. La condición específica del experimento bajo del cual está sujeto la unidad experimental.
- Testigo (control). Es un tratamiento que se compara.
- Repetición. Cuando en un experimento se tiene un conjunto de tratamientos para poder estimar el error experimental, es necesario que dichos tratamientos aparezcan más de una vez en el experimento.
- Diseño experimental. Es un esquema para realizar un experimento.

Además, plantean que los objetivos de un diseño experimental son: (1) verificar si la diferencia entre los tratamientos es una diferencia verdadera o se debe a un proceso al azar, (2) establecer tendencias entre las variables. Compartiendo rasgos como 1) La selección

aleatoria de las unidades experimentales. Esto evita el sesgo del muestreo. 2) El número de las repeticiones. Esto permite la cuantificación del error experimental. 3) El control local de las condiciones. Esto ayuda a la reducción del error experimental (Badii, et al., 2007, p.1).

Así, es necesario comprender cada parte para relacionarlo con el lenguaje empleado por el investigador y entender cómo se realizará el experimento. De esta manera, el diseño experimental representa un esquema a ser seguido, tiene unos objetivos particulares y se diferencian entre sí de acuerdo con la forma como se agrupan o clasifican las unidades experimentales. Presentan conceptos asociados importantes para tener en cuenta para su entendimiento y comparten rasgos generales que los identifican como tal. Implica, además, poder establecer unas condiciones particulares para determinar si unos determinados factores influyen en una variable de interés.

De esta forma, al llevarlo al aula, resulta parte de algo más grande como lo son los Trabajos Prácticos (TP). Este término se usa con frecuencia para referirse a las actividades de enseñanza de las ciencias en las que los alumnos deben utilizar determinados procedimientos para resolverlas (Fernández, 2013, p.16). Siendo relacionados con el trabajo de laboratorio o de campo, pero, también engloba la resolución de problemas científicos o tecnológicos de características diversas, teniendo en cuenta que no todos los Trabajos Prácticos (TP) se llevan a cabo en un laboratorio, y no todos los TP de Laboratorio son experimentos (Hodson, 1994).

Los trabajos prácticos constituyen una de las actividades más importantes en la enseñanza de las ciencias por permitir una multiplicidad de objetivos: la familiarización, observación e interpretación de los fenómenos que son objeto de estudio en las clases de ciencias, el contraste de hipótesis en los procesos de modelización de la ciencia escolar, el aprendizaje del manejo de instrumentos y técnicas de laboratorio y de campo, la aplicación de estrategias de investigación para la resolución de problemas teóricos y prácticos y, en definitiva, la comprensión procedimental de la ciencia. (Caamaño, 2003)

Siendo relevantes para la enseñanza de conceptos biológicos, pero además para la interiorización de los diferentes contenidos, Hodson (1994) plantea 4 fases para la elaboración de los TP de tal forma que sean pertinentes empleando los métodos y procedimientos científicos para investigar fenómenos, resolver problemas y seguir intereses concretos:

1. Fase de diseño y planificación: se hacen preguntas, se formulan hipótesis, se idean procedimientos experimentales y se seleccionan técnicas.
2. Fase de realización: se ponen en práctica varias operaciones y se recogen datos.

3. Fase de reflexión: los hallazgos son examinados e interpretados desde perspectivas teóricas.
4. Fase de registro y elaboración de un informe: el procedimiento es registrado, así como sus fundamentos, los distintos hallazgos conseguidos, las interpretaciones y las conclusiones extraídas para uso personal o para comunicarlas a otros.

Así, se busca que los TP no se planteen como procesos inmodificables ya establecidos que el estudiante debe seguir puntualmente, sino que sean más flexibles e invite a diferentes cuestionamientos que aporten a su aprendizaje de tal forma que se refleje en su cotidianidad. “Las actividades de laboratorio bien estructuradas tienen el potencial de lograr un cambio efectivo en la estructura de conocimiento de los estudiantes, porque al considerar las ideas previas y utilizar diversas estrategias de aprendizaje que permiten modificar las concepciones alternativas, logran aprendizajes significativos” (Nieto Calleja et al., 2005, p.2). Los TP suponen además una articulación entre la teoría y la práctica, poniendo como mediador el gado de variable de diseño y ejecución, además del uso de procedimientos científicos de diferentes características y el desarrollo de habilidades científicas, del Carmen (2011), resalta su pertinencia para la enseñanza aprendizaje de las ciencias ya que:

- Inciden en la motivación del estudiante frente a las ciencias experimentales.
- Permiten avanzar en la comprensión de los aspectos teóricos y el desarrollo del razonamiento científico.
- Facilitan la comprensión de cómo se elabora el conocimiento científico y de su significado.
- Permiten el desarrollo de actitudes frente a la ciencia

Siendo insustituibles para la enseñanza aprendizaje de los procedimientos científicos, ya que es relevante plantearse prácticas bien concebidas, claras y con valor educativo real. Caamaño, (2003) presenta cuatro tipos de trabajos prácticos de acuerdo con los objetivos e intereses que se puedan proponer:

1. Experiencias: pretenden obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos. Implica la observación por los canales de información del cuerpo. Ejemplo: observar diferentes tipos de hojas, oler un gas, ver el cambio de color en una reacción química.
2. Experimentos ilustrativos: destinados a ilustrar un principio o una relación entre variables. Suponen normalmente una aproximación cualitativa o semicuantitativa al fenómeno. Son utilizados como experiencias demostrativas o ilustrativas. Ejemplo: observar la relación entre el aumento de la presión y la disminución del volumen de un gas, observar el efecto de la luz en el crecimiento de las plantas.

3. Ejercicios prácticos: diseñados para aprender determinados procedimientos o destrezas o para realizar experimentos que ilustren o corroboren la teoría. Tienen un carácter orientado. Según el énfasis se pueden distinguir en:
 - Para el aprendizaje del procedimientos o destrezas:
 - Prácticas: realización de medidas, tratamiento de datos, técnicas de laboratorio. Ejemplo: determinar el punto de fusión, realizar una preparación para ver en el microscopio.
 - Intelectuales: observación e interpretación, clasificación, emisión de hipótesis, diseño de experimentos, control de variables. Ejemplo: clasificación de conchas de los grupos.
 - De comunicación: planteamiento de un experimento por escrito. Ejemplo: realización de un informe de una salida de campo
 - Para ilustrar teoría: Se pone énfasis en la determinación experimental de propiedades y en la comprobación de leyes o relaciones entre variables, con el objetivo ilustrativo o corroborativo de la teoría y con enfoque dirigido. Ejemplo: Determinar experimentalmente la relación volumen temperatura de un gas.

4. Investigaciones: Diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar como lo hacen los científicos en la resolución de problemas, familiarizarse con el trabajo científico y aprender en el curso de estas investigaciones las destrezas y procedimientos propios de la indagación. Estas pueden ser para resolver problemas teóricos o para resolver problemas prácticos.

En relación con lo anterior, es relevante llevar al aula prácticas que permitan evidenciar procesos que parecen abstractos al dejarlos solo en la teoría, sino que permiten caracterizar ambientes particulares y establecer condiciones de riesgo, considerando microorganismos como las microalgas, que deben resaltarse ante su rol fundamental en la naturaleza en cuanto al mantenimiento de la vida. Así, las prácticas de laboratorio en la enseñanza se convierten en algo fundamental para que los estudiantes puedan llevar la teoría a la práctica, no solo comprobando una teoría particular, sino, desarrollando en ellos habilidades particulares que les dan elementos para comprender su realidad y desenvolverse en esta.

La actividad experimental es uno de los aspectos clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias tanto por la fundamentación teórica que puede aportar a los estudiantes, como por el desarrollo de ciertas habilidades y destrezas para las cuales el trabajo experimental es fundamental, asimismo, en cuanto al desarrollo de ciertas habilidades del pensamiento de los estudiantes y al desarrollo de cierta concepción de ciencia derivada del tipo y finalidad de las actividades prácticas propuestas. (López & Tamayo, 2012, p.146)

De esta manera, las prácticas en el laboratorio desarrollan además curiosidad en los estudiantes, en este caso por aquellos organismos que no se ven a simple vista como en el caso de las microalgas

“La actividad experimental hace mucho más que apoyar las clases teóricas de cualquier área del conocimiento; su papel es importante en cuanto despierta y desarrolla la curiosidad de los estudiantes, ayudándolos a resolver problemas y a explicar y comprender los fenómenos con los cuales interactúan en su cotidianidad. Una clase teórica de ciencias, de la mano de la enseñanza experimental creativa y continua, puede aportar al desarrollo en los estudiantes de algunas de las habilidades que exige la construcción de conocimiento científico”. (López & Tamayo, 2012, p.149)

Así, las actividades prácticas resultan fundamentales para la enseñanza al tener en cuenta los diseños experimentales, dándoles a los estudiantes elementos que puedan ser incluidos en su vida cotidiana para afrontar problemáticas en su día a día, y, así como lo menciona Grilli, (2018), en el que se incluya un enfoque de investigación, “promoviéndose así en los estudiantes la construcción de modelos conceptuales relevantes de las ciencias y ofreciéndose una visión más correcta de la actividad científica” (p.2). Conectando a su vez conocimientos previos que aporten en la construcción de un conocimiento científico de forma colectiva.

2. Enseñanza-aprendizaje de la biorremediación

La biorremediación cobra un rol fundamental para el desarrollo del presente trabajo, teniendo en cuenta que es un proceso que está mediado por el metabolismo de los organismos y la forma en la que estos transforman los diferentes compuestos contaminantes en otros que hacen parte del ciclo de la naturaleza, de tal forma que puedan ser aprovechados por esta. “Se fundamenta en la capacidad natural que poseen determinados microorganismos para incorporar contaminantes en sus procesos metabólicos y usarlos como fuente de energía o carbono” (Ortiz, Romero, & Meza, 2018. p. 8).

Así, es un proceso en el cual, a partir del uso de microorganismos, se pueden transformar diversos componentes que afectan los ecosistemas, por otros, resultado del metabolismo de los microorganismos, de tal forma que se impulsa un proceso natural en el que el resultado es la restauración de ciertas condiciones del ambiente, siendo a su vez, un proceso de importancia económica. Presentada por primera vez en 1930 por Tausz y Donath con la idea de usar microorganismos para limpiar suelos contaminados con derivados del petróleo, dando lugar a procesos de biodegradación. Hoy en día, es comúnmente utilizado en procesos de restauración tras de la degradación o transformación de diversos compuestos, muchas veces tóxicos.

Los microorganismos pueden descomponer los contaminantes orgánicos utilizándolos como fuente de carbono y energía, o mediante cometabolismo. Los metales pesados no pueden degradarse ni destruirse biológicamente y sufren transformación de un estado oxidativo o complejo orgánico a otro. Cambia su solubilidad en agua y disminuye su toxicidad. La biorremediación es ecológica, no invasiva, más barata que los métodos convencionales y es una solución permanente que puede terminar con la degradación o transformación de contaminantes ambientales en formas inofensivas o menos tóxicas. (Dzionic, Wojcieszynska, & Guzik, 2016, p.2)

Así, la biorremediación se plantea además como una alternativa económica que no impacta negativamente los ecosistemas a comparación de otras alternativas, aprovechando los procesos naturales de los microorganismos para la restauración de los diferentes sistemas. Siendo relevante para sistemas acuáticos afectados, principalmente en Colombia, que presenta grandes precipitaciones en diferentes regiones por su posición estratégica en la zona intertropical y el acceso al océano Atlántico y al Pacífico. Esta no la ha usado de la mejor forma el humano, quien ha impactado negativamente en los sistemas acuáticos generando grandes cambios climáticos que afectan a los distintos organismos y en general, a todo el planeta.

“El balance global del agua refleja que, en el mar, se evapora más agua que la que se precipita; en cambio, en el ámbito continental ocurre lo contrario. La evaporación de los océanos es, por tanto, la fuente fundamental del agua en los continentes. Suramérica es la región del mundo que dispone de la mayor cantidad de agua líquida, cerca del doble por área con relación a los demás continentes. Sin embargo, las modificaciones que el hombre está haciendo en el ambiente, especialmente con la destrucción de la selva amazónica, pueden traer alteraciones en el balance del agua en el clima de magnitudes aún no suficientemente evaluadas.” (Roldán, 1992, p.21).

De esta forma, el estudio de los sistemas acuáticos implica a su vez el estudio del agua, y de esta como fuente de vida que permite el mantenimiento de los sistemas vivos. Siendo la base para las múltiples interacciones en la tierra y en el agua y un elemento fundamental para los procesos metabólicos de los sistemas vivos directa e indirecta. “*El ecosistema acuático, al igual que el terrestre, es el resultado de la interacción entre el agua, la atmósfera, la tierra y los organismos vivos*” (Roldán, 1992, p.15). Cubriendo el 71% de la superficie de la tierra y siendo indispensable para el desarrollo de la vida.

En el ecosistema, confluyen los diferentes organismos con una relación tanto biológica como química y física que a su vez dependen de las condiciones del ambiente, ya sean de orden natural o por intervenciones antrópicas, formando un entramado de redes entre los diferentes nacimientos, precipitaciones y diversas fuentes que lo componen y generan variaciones.

Por definición, el ecosistema es una unidad ecológica de carácter convencional y disipativo en la cual un grupo de organismos interactúa entre sí y estos con el ambiente (...) En un lago existen igualmente un número variado de hábitats a los cuales viven asociados los distintos grupos de organismos, que en último término forman las cadenas y tramas alimenticias cuya abundancia complejidad están determinadas por el estado trófico del lago. (Roldán, 1992, p.20)

Estando a su vez determinadas por diferentes factores que incluyen la cantidad de luz, la geología, morfología y posición latitudinal, además de la influencia del ser humano sobre estos. “En un lago existen igualmente un número variado de hábitats a los cuales viven asociados los distintos grupos de organismos, que en último término forman las cadenas y tramas alimenticias cuya abundancia complejidad están determinadas por el estado trófico del lago” (Roldán, 1992, p.20). Así, los diferentes sistemas influyen directamente en el desarrollo de cada organismo que lo habita. Siendo un balance entre las condiciones del ecosistema dadas por los aspectos topográficos y fisiológicos de su composición vegetal, siendo particular de acuerdo con cada región.

De esta manera, el entorno afecta al individuo y este a su vez influye él, evidenciando una clara relación que puede empezar a medirse a partir de los procesos de enseñanza aprendizaje en el aula, presentando la biorremediación como una temática que puede abordarse desde distintos contextos y que al enseñarla podría darles a los estudiantes herramientas que les permitan enfrentarse mediante propuestas a situaciones reales en su entorno que tengan que ver con los sistemas acuáticos y sus posibles implicaciones. La enseñanza de la biorremediación no solo implica transmitir conocimientos científicos, sino también promover una conciencia crítica sobre la importancia de la conservación del medio ambiente y el desarrollo de soluciones sostenibles para abordar la contaminación (Johnson, y Brown, 2016).

Así, es necesario, partir de las ideas de los estudiantes de su contexto y de los procesos que allí se llevan para propiciar estrategias alternativas frente a los problemas evidenciados mediante la integración de conocimientos distintos. Destacando el potencial de la biorremediación para mitigar la contaminación ambiental de manera natural y sostenible. Hodson, (1994), menciona un enfoque alternativo para la enseñanza de las ciencias que implica:

- 1) Procurar oportunidades enfocadas a que los estudiantes exploren la capacidad de comprender y evaluar la firmeza de sus modelos y teorías para alcanzar los objetivos de la ciencia.
- 2) Ofrecer estímulos adecuados para el desarrollo y el cambio. En cuanto a:
 - Identificar las ideas y los puntos de vista de los niños.

- Diseñar experiencias para explorar tales ideas y puntos de vista.
- Ofrecer estímulos para que los alumnos desarrollen, y posiblemente modifiquen, sus ideas y puntos de vista.
- Apoyar los intentos de los alumnos de volver a pensar y reelaborar sus ideas y puntos de vista.

Así, la biorremediación se presenta como una técnica que permite preparar a los estudiantes para abordar desafíos ambientales que pueden encontrar en su contexto, teniendo en cuenta los procesos asociados a las distintas instituciones en el que se integren distintos componentes, pues, “la tarea de integrar saberes constituye una necesidad social en el contexto del Proceso Enseñanza Aprendizaje” (Guillén, Ramírez, & Guillén, 2020, p. 106). Resaltando la necesidad de una enseñanza integradora con un interés particular como lo es la protección y cuidado del medio ambiente, en este caso mediante un proceso de restauración ante las graves transformaciones del ecosistema, en la que además de la comprensión profunda de los principios científicos involucrados, se puedan ver reflejados aspectos éticos y ambientales asociados.

3. Microalgas en los sistemas lénticos

Las microalgas, son microorganismos acuáticos fotosintéticos con una gran variedad de formas y tamaños, responsables de la vida como la conocemos.

Microalgae, or microphytes, are defined as aquatic unicellular microorganisms that can be both found in freshwater and marine systems; are capable of photosynthesis; and found in many shapes and sizes, ranging from three to ten micrometres. Cyanobacteria, also called blue-green algae, are frequently considered part of the same group due to their physiological characteristics and ‘photofermentation’ feature. They can grow as individual cells or associated in chains or small colonies and play an important role in aquatic ecosystems due to their photosynthetic capability. (Coêlho, Tundisi, Cerqueira, Rodrigues, Mazzola, Tambourgi, Souza, 2019, p.2)

Resaltando así, su rol en la naturaleza, teniendo una alta relevancia como productoras de oxígeno, además de su rol en la red trófica como productoras primarias.

Las algas juegan un importante rol benéfico en la naturaleza. Ellas representan la productividad primaria de materia orgánica en ambientes acuáticos debido a sus actividades fotosintéticas. Su desaparición significaría la ausencia de la primera fuente de alimento y energía para los animales acuáticos. Además, oxigenan el agua durante el día y aportan sus productos como polisacáridos, aminoácidos, DNA, RNA,

enzimas y otras proteínas al medio que sirven directamente a los organismos asociados a ellas. (Álvarez, 1994, p.3)

De esta forma, sin las microalgas, cambiaría por completo la vida como la conocemos. Siendo relevante conocer también la forma en la que se proliferan las microalgas para entender tendencias y esperar resultados en cuanto a su crecimiento. Así, la reproducción asexual en algas se puede dar por fisión binaria, fragmentación, gemación, esporas, zoosporas o por reproducción sexual. “Las algas unicelulares se reproducen por simple división celular, lo que puede ser repetido en rápidas sucesiones o “bipartición repetida”, para formar nuevos individuos de iguales características a la progenitora. Este proceso se conoce también como fisión binaria” (Álvarez, 1994, p.4).

Por otro lado, las microalgas se ubican dentro del grupo de las algas, además de tener un interés comercial y de distribución al rededor del mundo, indicando así que son organismos de importancia no solo ecosistémica como productores de energía y biomasa implicados en diferentes niveles de organización ante su estrecha relación con otros organismos, sino también con valor comercial.

Aún hoy *Chlorella* retoma el primer lugar en el uso comercial de estos microorganismos. Las microalgas se encuentran en todo el mundo. Se distribuyen en aguas, pero también en la superficie de suelos. Aunque ellos son generalmente de vida libre, un cierto número de microalgas viven en simbiosis asociación con una variedad de otros organismos. (Richmond, 2004, p.20)

Así, se han usado variedad de organismos en procesos de biorremediación, entre ellos, las microalgas, que, a partir de su metabolismo, permiten la remoción de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, además de compuestos que por efecto del humano terminan en sistemas acuáticos impactándolos negativamente. Todo esto, permitiendo procesos más limpios en los que en vez de generar más daños, se puedan restaurar cuerpos de agua y otros de importancia económica. “Las microalgas también se emplean para la eliminación de sustancias tóxicas, como: pesticidas, herbicidas y metales pesados, entre otros; esto gracias a su capacidad de acumular importantes concentraciones de compuestos tóxicos, sin afectar su actividad biológica.” (Ortiz, Romero, & Meza, 2018. p. 2).

Además, son utilizadas debido a sus procesos metabólicos, pues, al liberar O₂ resultado del proceso de fotosíntesis, degradan también compuestos orgánicos generando acumulación de biomasa, lo cual les da una alta importancia económica en el sector de producción de biocombustibles. “They are an interesting feedstock for biofuel production in comparison with the other biomass sources as they have higher photosynthetic efficiency and biomass productivity than terrestrial crops, and the ability to grow on wastewater and marginal land”

(Mehrabadi, Craggs & Farid, 2015, p.2). Señalando así su alta eficiencia en los procesos de restauración.

Las microalgas son un organismo bioindicador, lo que implica cierta susceptibilidad ante los cambios en el ambiente, que generan cambios fisiológicos y morfológicos que, al estudiar, revelan las condiciones del entorno, señalando condiciones de riesgo para otros organismos.

Bioindicadores son organismos o comunidades de ellos que pueden responder a la contaminación ambiental mediante alteraciones en su fisiología o a través de su capacidad para acumular polutantes. Miden los efectos de la contaminación en seres vivos, por lo tanto, ofrecen información sobre los riesgos para otros organismos, ecosistemas y el hombre. (Anze, Franken Zaballa, Pinto, Zeballos, Cuadros, Canseco, De La Rocha, Estellano & Del Granado, 2007, p.3)

A partir de lo anterior, se pueden comprender las microalgas desde su importante rol en los ecosistemas, además de visibilizar la posibilidad de a partir de sus funciones biológicas, poder generar cambios importantes en los sistemas acuáticos frente al grave impacto que el ser humano ha venido dejando, particularmente para este caso, en los sistemas lénticos, definidos según Dodds y Whiles, (2010) como cuerpos de agua dulce estancados o de flujo muy lento, como lagos, lagunas y embalses, que se caracterizan por una baja tasa de renovación del agua y una sedimentación significativa en el fondo (p. 123). Lo cual influye en su estructura y función ecológica. A comparación de los lóticos como ríos y arroyos que, se caracterizan por su flujo constante y dirección unidireccional, lo que resulta en una mayor erosión y transporte de sedimentos (Allan, 2004, p. 76).

Según lo cual, también se puede ver alterada la trofia de los sistemas acuáticos. "La trofia de un ecosistema acuático se define por su nivel de productividad primaria y la disponibilidad de nutrientes, que influyen en la estructura trófica y la biodiversidad del sistema" (Wetzel, 2001, p. 87). De acuerdo con ello, los sistemas acuáticos pueden presentar diferentes niveles de trofia, pudiendo ser eutróficos, mesotróficos u oligotróficos.

Los sistemas eutróficos se caracterizan por altos niveles de productividad primaria y una abundante presencia de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, que promueven el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas" (Håkanson & Jansson, 1983, p. 76). Estas floraciones pueden tener consecuencias negativas para el ecosistema, como la reducción de la transparencia del agua, la disminución de los niveles de oxígeno disuelto y la alteración de la comunidad acuática. Pueden experimentar cambios significativos en su estructura y función debido a la eutrofización, las algas y las plantas acuáticas pueden formar densas capas en la superficie del agua, bloqueando la luz solar y afectando negativamente a otras formas de vida acuática. Además, cuando estas algas mueren y se descomponen, el proceso

de descomposición puede agotar los niveles de oxígeno en el agua, creando zonas muertas donde la vida acuática no puede sobrevivir.

Por otro lado, en un nivel intermedio de niveles de nutrientes y productividad primaria se ubican los sistemas mesotróficos "exhiben niveles moderados de productividad y nutrientes, lo que resulta en una diversidad biológica intermedia y una calidad de agua aceptable para usos recreativos y de abastecimiento público" (Reynolds et al., 2002, p. 112). La productividad primaria puede ser relativamente alta, pero no tan excesiva como en los sistemas eutróficos. Esto significa que hay una cantidad moderada de algas y plantas acuáticas presentes en el sistema, lo que contribuye a la biodiversidad y a la salud del ecosistema acuático, siendo más estables y resilientes que los sistemas eutróficos, por lo que son menos propensos a sufrir cambios drásticos en su estructura y función por el exceso de nutrientes. Sin embargo, aún pueden ser vulnerables a la eutrofización si se produce un aumento en la entrada de nutrientes al agua.

Por último, se encuentran los sistemas oligotróficos, caracterizados por bajos niveles de nutrientes y productividad primaria, lo que conduce a aguas claras y transparentes con una baja concentración de materia orgánica y una alta biodiversidad de especies" (Wetzel, 2001, p. 145). Son comunes en regiones donde hay poca aportación de nutrientes, como en áreas de clima frío o en ecosistemas muy antiguos, como algunos lagos de alta montaña y lagos glaciares. Sin embargo, también pueden ser el resultado de condiciones extremas, como la acidez o la salinidad del agua, que limitan el crecimiento de organismos productores.

Así, la trofía de los sistemas acuáticos puede variar según factores como el clima, la geología y las actividades humanas, siendo "un indicador importante de su salud y calidad ambiental, y puede ser utilizado para guiar la gestión y conservación de los recursos hídricos" (Vollenweider, 1968, p. 23). El vertido de aguas residuales sin tratar, el desmonte de tierras y el uso de fertilizantes pueden introducir cantidades excesivas de nutrientes en el agua, desequilibrando el ciclo de nutrientes y promoviendo el crecimiento descontrolado de organismos.

4. Videos como Material educativo

Los materiales educativos son un apoyo para el maestro en el aula, facilitando la explicación de un tema y propiciando un mejor aprendizaje por parte de los estudiantes, pueden ser de diferentes tipos según el medio que se use y la finalidad que se les dé, adecuándose a cualquier tipo de contenido.

Los materiales didácticos son los elementos que empleamos los docentes para facilitar y conducir el aprendizaje de nuestros/as alumnos/as (libros, carteles, mapas, fotos,

láminas, videos, software,). También consideramos materiales didácticos a aquellos materiales y equipos que nos ayudan a presentar y desarrollar los contenidos y a que los/as alumnos/as trabajen con ellos para la construcción de los aprendizajes significativos. (...) cualquier elemento que, en un contexto educativo determinado, es utilizado con una finalidad didáctica o para facilitar el desarrollo de las actividades formativas. (Guerrero, 2009, p.1)

Sin embargo, al buscar información es posible encontrarse con diferentes términos que hacen referencia con la definición anterior para lo cual, Reyes, (2015) menciona que, “En la última década, los materiales utilizados en el proceso de enseñanza se han denominado de maneras distintas, tales como, “material de apoyo”, “herramienta de aprendizaje”, “medios educativos” etc., pero lo más utilizado es material didáctico.” (p.3). Así, se indica que emplear la palabra "material educativo", hace igual referencia al uso de la palabra “material didáctico”, pues, comparten un mismo fin.

Se trata entonces, de una forma en la que se plasma la realidad, lo que muchas veces no se ve y requiere de una trasposición didáctica del maestro para que el material pueda usarse para comprender la realidad del estudiante y responder a las tareas concretas del proceso educativo, estableciendo una conexión entre la teoría y el contexto particular del individuo. “Lo ideal sería que todo aprendizaje se lleve a cabo dentro de una situación real de vida. No siendo esto posible, el material didáctico debe sustituir a la realidad, representándola de la mejor forma posible, de modo que facilite su objetivación por parte del alumno” (Michean, 1972, p. 282).

De esta forma, en el momento de llevar un material al aula, es necesario que el maestro tenga dominio del tema para que pueda ser explicado mediante un lenguaje que pueda ser entendido por un grupo particular, así, en 1975 Michel Verret propone la teoría de la trasposición didáctica la cual “comprende las transformaciones sucesivas, rupturas, desplazamientos, distorsiones, que se producen en el conocimiento desde que es elaborado por la comunidad científica hasta su vehiculización institucionalizada como conocimiento escolar” (Mendoza, 2008 en Moreno, 2012, p.63). Implica una selección de contenidos a enseñar por el maestro, según cada nivel que debería considerarse para realizar un correcto acercamiento a las poblaciones estudiantiles.

Para la evaluación y construcción de textos escolares se deben tener en cuenta La trasposición didáctica vista como una transformación de un contenido del saber sabio (saber científico) a una versión comprensible para la enseñanza denominada saber a enseñar, el cual a su vez sufre un conjunto de nuevas transformaciones hasta hacerse objeto de enseñanza. (Moreno, 2012, p.63)

Así, el conocimiento sufre una transformación que lo hace apto en contextos particulares de forma más comprensible y presentado acorde con las necesidades, articulando los términos de la disciplina de forma que puedan comprender la población a la que se dirigen. Lo anterior, con la posibilidad de usar materiales didácticos que reflejen este proceso. Para ello, este material debe ser un desencadenador de aprendizajes para lo cual es necesario un trabajo intencional.

El material cumple su función cuando entra en el circuito pedagógico, cuando se articula a diferentes tipos de acción para encontrar su sentido, es allí donde el docente juega un papel muy importante ya que se constituye como el orientador que puede escoger los instrumentos, estrategias y metodologías más adecuadas para la enseñanza aprendizaje de los contenidos necesarios para la formación de los estudiantes. (Convenio Andrés Bello, 2001)

El material debe estar intrínsecamente ligado a las intenciones del maestro, a sus intenciones de enseñanza-aprendizaje en el aula y a su contexto particular, pues, es allí donde surgen las necesidades específicas a abordar. Así, los materiales audiovisuales, en este caso los videos como material educativo, permiten generar una experiencia de aprendizaje en el que el estudiante puede ver directamente el procedimiento, facilitando la comprensión del fenómeno, en este caso de la biorremediación. "El uso de videos educativos en el aula facilita la comprensión de conceptos complejos al proporcionar representaciones visuales y contextos prácticos que complementan la enseñanza tradicional" (González & Ruiz, 2020, p. 112).

Los videos como material educativo pueden presentarse como una alternativa para llevar la teoría a la práctica ya que, desde la bibliografía pueden resultar muy abstractos los procesos. "Los videos pueden servir como herramientas efectivas para la enseñanza, ya que permiten a los estudiantes visualizar procesos y conceptos que de otro modo serían abstractos o difíciles de entender" (Martínez & Rodríguez, 2019, p. 78). Así, los videos como material educativo permiten al maestro seguir el aprendizaje de sus estudiantes, pudiéndola aplicar y adaptar a contextos específicos para motivar a sus alumnos e impulsarlos.

Además, permite promover la motivación en el aula, planteando la posibilidad de incluir actividades que pueden interiorizarse o adaptarse según contextos particulares, impulsando un cambio en las metodologías tradicionales. "La integración de videos en la enseñanza puede mejorar la motivación y el compromiso de los estudiantes, ofreciendo una experiencia de aprendizaje más dinámica y atractiva" (Pérez, 2021, p. 94).

Marco metodológico

La investigación se orienta a partir de un enfoque mixto, a partir del cual se pretende aprovechar los aspectos cuantitativos y cualitativos resultado de la investigación, con el fin de generar una comprensión integral de los datos y enriquecer la propuesta. El enfoque mixto permite a los investigadores explorar un fenómeno desde múltiples ángulos, combinando la profundidad de la investigación cualitativa con la amplitud de la investigación cuantitativa (Nuñez, 2017).

Así, aunque se consideren algunos aspectos numéricos, no se pretende basarse solo en estos, hay que considerar que, la biorremediación implica conceptos científicos y consideraciones éticas, sociales y ambientales complejas, por lo que, a su vez, es necesario que la investigación posea un enfoque que permita su abordaje desde esta perspectiva. Tal como lo menciona Fernández, (2020). El enfoque mixto es útil para estudiar fenómenos complejos que requieren una comprensión de los patrones generales y de los significados individuales y contextuales.

Además, este enfoque es ideal para investigaciones que involucren aspectos educativos, permitiendo una mirada más amplia del fenómeno a estudiar. El enfoque mixto permite integrar métodos cualitativos y cuantitativos para abordar de manera más completa los problemas educativos, facilitando una comprensión más rica y multifacética de los procesos de enseñanza y aprendizaje (Arias, 2006). Así, proporciona una visión más profunda de aquellos aspectos pertinentes para la enseñanza de la biorremediación, así como la forma en la que los estudiantes podrían percibir y comprender el fenómeno.

Por otro lado, la investigación se orienta bajo el paradigma hermenéutico- interpretativo, teniendo en cuenta la relevancia de interpretar los datos desde una perspectiva contextual que permita fortalecer los procesos educativos. La hermenéutica en la educación latinoamericana no solo busca entender los textos y prácticas educativas, sino también cómo estos se entrelazan con las realidades socio-culturales de los estudiantes y educadores, proporcionando una visión más completa del proceso educativo (Castañeda, 2003). A partir de ello, la enseñanza de la biorremediación pretende verse como un proceso que podría implicarse en lo cotidiano y en relación con un problema ambiental amplio como la contaminación de los sistemas acuáticos.

Fase 1. Replicación del diseño experimental.

En esta primera fase se pretende establecer los métodos para el desarrollo del primer objetivo de esta investigación: *replicar el diseño experimental de las esferas de alginato de calcio con microalgas evidenciando los elementos para tener en cuenta para la enseñanza de la biorremediación.*

La metodología para la replicación del diseño experimental es adaptada a partir de lo planteado por Delgadillo (2014) y Muñoz (2018). Partiendo así, de un experimento en el que “se evidenció la utilidad del método de biomonitorio (..) así se evaluó el efecto del encapsulamiento en las algas y se analizaron los cambios ante la concentración diferencial de nutrientes en el medio” (Delgadillo, 2014, p.7). Señalando así procesos de bioadsorción de las microalgas (particularmente *scenedesmus* sp. y *chlorella* sp.)y con ello, de biorremediación. Así, con el fin de proporcionar a las microalgas un medio altamente enriquecido, se escoge como medio de cultivo el BBM (Bold’s Basal Medium), “compuesto por soluciones stock a composiciones concentradas de nutrientes, las cuales están formuladas por sales minerales que se emplean en un medio particular” (Muñoz, 2018, p.68). Una solución stock es una solución concentrada de una sustancia que puede diluirse a una concentración más baja para su uso real (Harris, 2016). A continuación, se presenta la tabla que nos indica los nutrientes y las proporciones de cada uno en las soluciones stock (véase tabla 1) Las cantidades están indicadas para 1 litro del BBM, si se requiere una menor cantidad, es importante realizar las conversiones necesarias.

Tabla 1. *Macronutrientes y micronutrientes que componen el BBM*

Tabla 4-2: Medio Basal de Bold (BBM) (Andersen, 2005).

Componente final	Solución stock (g/L dH ₂ O)	Cantidad usada (mL/L)	Concentración final en el medio (M)
Macronutrientes			
NaNO ₃	25.00	10	2.94 x 10 ⁻³
CaCl ₂ · 2H ₂ O	2.50	10	1.70 x 10 ⁻⁴
MgSO ₄ · 7H ₂ O	7.50	10	3.04 x 10 ⁻⁴
K ₂ HPO ₄	7.50	10	4.31 x 10 ⁻⁴
KH ₂ PO ₄	17.50	10	1.29 x 10 ⁻³
NaCl	2.50	10	4.28 x 10 ⁻⁴
Solución EDTA alcalina			
EDTA	50.00	1	1.71 x 10 ⁻⁴
KOH	31.00		5.53 x 10 ⁻⁴
Solución ácida de hierro			
FeSO ₄ · 7H ₂ O	4.98	1	1.79 x 10 ⁻⁵
H ₂ SO ₄		1	
Solución de boro			
H ₃ BO ₃	11.42	1	1.85 x 10 ⁻⁴
Solución de metales traza			
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	8.82	1	3.07 x 10 ⁻⁵
MnCl ₂ · 4H ₂ O	1.44		7.28 x 10 ⁻⁶
MoO ₃	0.71		4.93 x 10 ⁻⁶
CuSO ₄ · 5H ₂ O	1.57		6.29 x 10 ⁻⁶
Co(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O	0.49		1.68 x 10 ⁻⁶

Nota. Tomado de Delgadillo (2014).

Tras la preparación de las soluciones Stock, se realiza el medio de cultivo según las cantidades establecidas para 1Lt. en la Tabla 1. Por ello, hay que adicionar 10 ml de las primeras 6 soluciones stock y 1 ml de las últimas 5 soluciones, diluyendo y completando el volumen con agua destilada (hasta completar 1000 ml) para luego distribuirlo en las botellas de vidrio donde se hará el montaje. Para 4 botellas se reparten 250 ml en cada una y se tapan con papel aluminio y sobre él con papel vinipel para llevarlas a esterilizar en la autoclave junto con las mangueras y tubos de vidrio que se usarán en el montaje. Luego de enfriarse el material se realiza el montaje.

Seguido de esto, se procede a realizar las soluciones necesarias para la inmovilización de microalgas mediante su encapsulamiento, así continua la metodología de acuerdo con lo descrito por Delgadillo (2014), quien sigue la metodología descrita por Forero (2011) de la siguiente manera:

Se realizó una solución de alginato con algas (en adelante preparado algal) de relación 1 a 1, entre la solución que define la concentración algal (mezcla del inóculo de

concentración conocida por conteo de células, y el BBM), y alginato de sodio al 4%. Adicionalmente, se preparó cloruro de calcio en una solución de 0.66gr por 200 ml de agua destilada. El cloruro de calcio se mantuvo a una temperatura de 4°C en una cama de hielo; con una jeringa de 1ml, se tomó el preparado algal y se dejaron caer gotas al cloruro de calcio, para conseguir 25 +/- 5 esferas por cada mililitro; con un volumen aproximado de 0.04 +/- 0.01ml por esfera. Luego las cápsulas se dejaron reposar en el cloruro de calcio durante 12 horas aproximadamente, manteniendo la temperatura de 4°C para estabilizar las membranas y endurecer las esferas. (p.25)

Posterior a la inmovilización, se distribuyen las cápsulas en las botellas y se procede a realizar el montaje, tal como lo menciona Muñoz (2018).

Se pone una tapa que posea un agujero en donde quepa el tubo de vidrio que le proporcionará dióxido de carbono atmosférico y un agujero para una aguja de jeringa que permita la salida de oxígeno y dióxido de carbono, provenientes de procesos fisiológicos como la fotosíntesis y la respiración (...) A continuación, se adecuan las condiciones de cultivo óptimas, proporcionando luz artificial en fotoperiodos de 16/8 (luz/oscuridad) a través de lámparas y un sistema de aireación permanente. (p.68)

Después, para poder realizar la toma de datos, hay que diluir las esferas para poder realizar conteo celular. Según lo mencionado por Delgadillo (2014).

Se disolvieron las esferas en tubos eppendorf con 1ml de bicarbonato de sodio al 4%, por 24 horas a 4°C oscurecidas con papel aluminio hasta su completa dilución. Posteriormente, se hizo conteo celular con cámara de Neubauer. Con los datos resultantes se determinó el crecimiento poblacional de cada montaje y se hizo un análisis descriptivo comparando los datos entre tratamientos. Cabe anotar, que el número de células está dado en términos de esferas, es decir número de células por esfera, más no por mililitro. (p.31)

En este caso, siendo el conteo celular una medida indirecta del crecimiento poblacional de las microalgas inmovilizadas, teniendo en cuenta que un aumento en el número de células puede reflejar la capacidad de las microalgas para sobrevivir y prosperar en un ambiente contaminado, sugiriendo, en relación con el proceso de biorremediación, que están absorbiendo y procesando los contaminantes de manera efectiva.

Fase 2. Diseño del material educativo

Para dar cumplimiento al segundo objetivo de esta investigación: ***proponer un material educativo para la enseñanza de la biorremediación a partir de los elementos evidenciados en la replicación del diseño experimental***, establecer los criterios, el contenido y procedimiento para desarrollar el material educativo, teniendo en cuenta los elementos evidenciados en la replicación del diseño experimental para los estudiantes la Licenciatura en Biología y La Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. se propone realizar como material educativo una secuencia de videos que permitan dar cuenta de los momentos de la construcción del diseño experimental y con ello: evidenciar el fenómeno de biorremediación, dejar en evidencia elementos que permitan replicar adecuadamente el diseño, reconocer la importancia del proceso ante la alta contaminación de los sistemas acuáticos, comprender el rol de las microalgas como biorremediadores y, dar paso a discusiones alrededor de la temática y sus posibles aplicaciones en contextos particulares acorde con las necesidades.

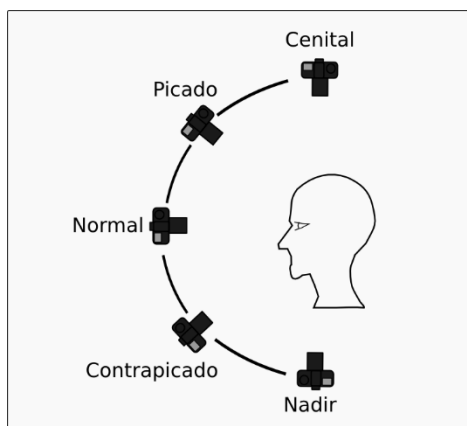
Así, se proponen 5 videos en relación con los siguientes temas:

1. Construcción de las soluciones Stock
2. Preparación del medio de cultivo BBM Botellas
3. Encapsulamiento de microalgas
4. Cultivo y montaje de microalgas libres y encapsuladas
5. Medición de crecimiento poblacional con cámara de Neubauer, sistematización y análisis de datos

Para ello, previo a la grabación de los videos, se desarrolla un formato de escaleta adaptada de las planteadas por el Centro Nacional de Desarrollo Curricular en Sistemas no Propietarios “Cedec” (2024), León (s,f) y Justexw (2023), que sirven de guía al realizar las grabaciones debido a que permiten describir el minuto a minuto de las secuencias (ver Tabla 2). A continuación, se presentan los elementos para tener en cuenta dentro de la matriz escaleta, así como los descriptores de cada uno:

1. Secuencia: hace referencia a la numeración de la escena.
2. Temática: indica la escena, estas se diferencian de acuerdo con los distintos procedimientos que se realizan.
3. Lugar: señala el lugar en el que se desarrolla la escena, puede ser un lugar en general, como el laboratorio o, un sitio específico de este como la mesa del laboratorio.
4. Ángulo: detona la posición de la cámara respecto al objeto a grabar (ver ilustración 1).

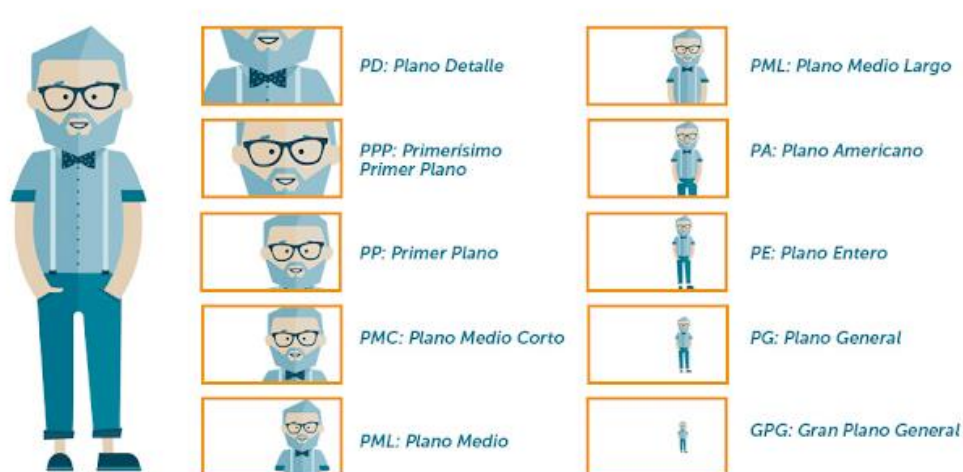
Ilustración 1. *Ángulos de la cámara*



Nota. Tomada de (Wikipedia. s.f.)

5. Plano: indica la cercanía de la toma en referencia con el objetivo de grabación y el detalle con el que se desee visualizar (ver ilustración 2).

Ilustración 2. *Fundamentos: El plano en fotografía y video*



Nota. Tomada de (Iglesias, 2020).

6. Descripción: en esta sección, se describe puntualmente qué aspectos se graban de acuerdo con el proceso a realizar. Debe escribirse desde el inicio de la toma hasta el final en términos del proceso.
7. Materiales: se puntualiza en listado de cada uno de los elementos necesarios de acuerdo con lo mencionado en la descripción

8. Voz en off: refiere al guion en el que se explicita lo que retransmitirá la voz que acompañará los procesos desarrollados durante el video.
9. Imágenes o notas: señala las fotografías, diapositivas o notas con tips o consejos a utilizar. Para cada caso describe el contenido de estas y se incluye la referencia en normas APA según sea el caso. También en esta sección se indican fórmulas puntuales acordes con el proceso particular.

En relación con la música de fondo, se encuentra mediada por el programa de edición con el fin de que el material a usar se encuentre libre de derechos.

Dentro del contenido que se pretende establecer para la realización de los videos, se considera la metodología empleada en la fase 1, así como otros aspectos que surgieron producto de la experiencia y que no se encuentran fácilmente en la bibliografía. De esta forma, se pretende resaltar distintas recomendaciones y aportes que le ayuden al observador a optimizar el proceso, llevar la teoría a la práctica, aprender haciendo y plantear algunos aportes para la enseñanza de la biorremediación a partir del diseño experimental.

Tabla 2. *Formato de escaleta.*

NOMBRE DE LA ESCALETA								
SECUENCIA	TEMÁTICA	LUGAR	ÁNGULO (Posición de la cámara)	PLANO (cercanía de la toma)	DESCRIPCIÓN	MATERIALES	VOZ EN OFF	FOTOGRAFÍAS Y NOTAS puntuales y detalladas. Notas (consejos, fórmulas, ideas)
1								
2								
3								
4								

Nota. Adaptada de adaptada de las planteadas por el Centro Nacional de Desarrollo Curricular en Sistemas no Proprietarios “Cedec” (2024), León (s,f) y Justexw (2023)

Fase 3. Elaboración del material educativo.

Se presenta la tercera y última fase de la metodología orientada por el objetivo específico: ***Elaborar el material educativo integrando recursos teóricos, prácticos y visuales que permitan dar cuenta del proceso de biorremediación con microalgas y los elementos para su enseñanza.*** Así, se propone realizar una serie de grabaciones que den cuenta del proceso para llevar a cabo todo el diseño experimental, la duración de los videos se define según las escaletas realizadas y se busca que las grabaciones se realicen en las instalaciones de la Universidad Pedagógica Nacional calle 72 en el laboratorio del departamento de Biología a partir de los materiales aportados por el grupo de investigación CASCADA y el laboratorio. Además, las tomas de video se plantean realizar con una cámara de 48 MP, preferiblemente

en formato horizontal para facilitar los procesos de edición que se realizarán en la aplicación para PC CapCut.

Durante la edición, se pretende además que puedan nutrirse las escaletas realizadas, teniendo en cuenta el contraste entre los criterios planteados durante el diseño del material y las grabaciones en sí mismas, resaltando incluso otros posibles aportes que puedan ir surgiendo al analizar el material grabado. Se busca que la secuencia de videos pueda incluirse en la lista de reproducción del grupo de investigación CASCADA en YouTube para poder visualizarse de forma gratuita y accesible.

Uso de la inteligencia artificial:

Con el fin de mejorar la claridad, coherencia y fluidez de la presente investigación, se utilizó la inteligencia artificial (ChatGPT, OpenAI, versión GPT-4) como herramienta de apoyo en la corrección de estilo de algunos apartados del documento, como lo es principalmente la construcción del contenido de las escaletas y la discusión de resultados con el fin de optimizar la redacción al sugerir ajustes en la estructura de las oraciones, mejorar la precisión léxica y corregir posibles errores gramaticales o de puntuación. Sin embargo, es de resaltar que todas las modificaciones propuestas fueron revisadas manualmente para garantizar el cumplimiento de las normas académicas, la fidelidad al contenido original y la preservación del estilo de la autora de la presente investigación. Así, la inteligencia artificial se empleó únicamente como un recurso complementario dentro del proceso de edición y refinamiento del documento con el fin de comunicar mejor las ideas y la claridad durante los procedimientos realizados y descritos.

Resultados y discusión

Fase 1. Replicación del diseño experimental.

Según los métodos establecidos para esta fase, en el marco del objetivo específico, **Replicar el diseño experimental de las esferas de alginato de calcio con microalgas evidenciando los elementos para la enseñanza de la biorremediación**. El diseño experimental se replicó según la metodología establecida, para ello, los materiales necesarios y el espacio para la experimentación son proporcionados por la Colección de Insectos Acuáticos (CIA) del Departamento de Biología (DBI) de la Universidad Pedagógica Nacional.

Para preparar el medio de cultivo BBM se emplearon las proporciones descritas en la metodología, incluyendo las cantidades empleadas y los materiales (véase ilustración 3) para la preparación de 1000 ml de medio de cultivo, obteniendo 4 botellas con 250 ml de BBM cada una.

Ilustración 3. *Materiales para medio de cultivo*



Nota: Botellas de vidrio empleadas para el medio de cultivo de microalgas antes de ser esterilizadas. Elaboración propia.

Para la realización de las soluciones necesarias para la inmovilización, la CIA proporciona una cepa mixta de microalgas. De acuerdo con sus registros y con la información proporcionada por los maestros a cargo corresponde a dos especies algales: *Chlorella* sp y *Scenedesmus* sp. Posteriormente, en un beaker de 50 ml se realizó una solución de 20 ml de preparado algal que contenía 18ml de BBM y 2 ml del inóculo teniendo en cuenta los materiales (véase ilustración 4) y las proporciones planteadas en la metodología respecto a las concentraciones de las soluciones. Adicionalmente, en otro beaker de 100 ml se realizó la solución con el alginato de sodio, para ello se emplearon 20ml de agua destilada y 0.8g de alginato de sodio; la mezcla se agitó muy bien hasta eliminar todos los rastros de polvo del alginato. Se adicionó el preparado algal y se agitó suavemente. Todo el proceso dentro de un ambiente estéril formado por 3 mecheros ubicados en forma de triángulo (véase ilustración 5), el beaker fue tapado con papel aluminio y vinipel y llevado a la nevera por 12 horas con el fin de eliminar las burbujas producto de la agitación.

Ilustración 4. *Materiales para realizar el preparado algal previo al encapsulamiento.*



Nota. Elaboración propia.

Ilustración 5. *Triángulo de mecheros*



Nota: Triángulo de mecheros que forman un ambiente estéril para la toma de muestra de medio de cultivo (BBM) previamente esterilizado. Elaboración propia.

Para el encapsulamiento se realizó la cama de hielo y en el centro se ubicó un Erlenmeyer de 1000 ml que contenía 200 ml de agua destilada y 0,66 g de cloruro de calcio en la cual caerían las cápsulas (véase ilustración 6), en este caso era cloruro dihidrato por lo que fue necesario hacer la conversión correspondiente. El preparado algal se tomó con una jeringa de 1 ml y se dejaron caer gotas en el cloruro de calcio formando un aproximado de 750-800 esferas con un promedio de entre 23 y 28 cápsulas por ml de la jeringa, el Erlenmeyer fue sellado con papel aluminio y vinipel y fue llevada a la nevera por 24 horas de acuerdo con la metodología descrita (véase ilustración 7).

Ilustración 6. *Cama de hielo*



Nota. Cloruro de calcio en cama de hielo a 4°C previo a encapsulamiento. Elaboración propia.

Ilustración 7. *Microalgas inmobilizadas*



Nota. Microalgas encapsuladas en esferas de alginato de sodio previo a su distribución en el medio de cultivo (BBM) pasadas las 24 horas desde su conformación. Elaboración propia.

Pasado el tiempo correspondiente para fortalecer las membranas en las cápsulas, se distribuyen las esferas en las botellas con BBM previamente obtenidas, para ello se asignan 200 esferas en las botellas 1, 2 y 3 (Véase ilustración 8); en la botella número 4 se le asignan 150 esferas y se procede con el montaje correspondiente. Así, la botella 2 y 4 se expusieron

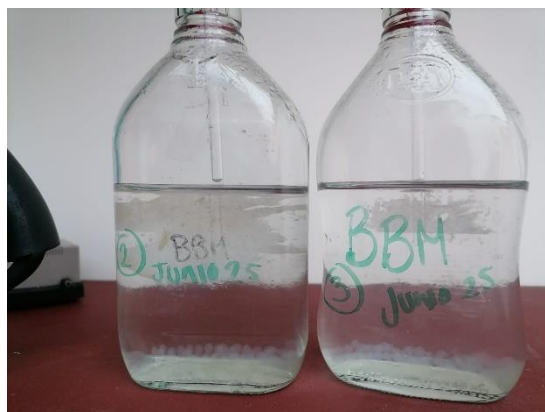
bajo la variable de luz solar con aproximadamente 12 horas de sol y 12 horas de oscuridad (véase ilustración 9), y las botellas 1 y 4 se dejaron en el laboratorio en el que estuvieron brevemente expuestas a periodos de luz artificial que no se controlaron (véase ilustración 10), además no se les realizaron las mediciones correspondientes. Las condiciones de cultivo, incluyendo la luz, pueden influir significativamente en la morfología y tamaño de las microalgas, afectando su crecimiento y producción de biomasa (Kim & Lee, 2013)

Ilustración 8. *Resorte para atrapar cápsulas*



Nota. Instrumento proporcionado por la CIA en forma de embudo para atrapar las cápsulas dentro del cloruro de calcio y después dentro del BBM. Elaboración propia.

Ilustración 9. *Microalgas con variables controladas*



Nota. Día 3 del montaje de las cápsulas de alginato de sodio en el medio de cultivo (BBM). Elaboración propia.

Ilustración 10. *Microalgas en el laboratorio*



Nota. Día 0 del montaje de las botellas 1 y 4 en el laboratorio. Elaboración propia.

El seguimiento del montaje expuesto bajo condiciones de luz solar se realizó durante 20 días para evidenciar el ciclo completo de crecimiento de las microalgas (véase ilustración 11, 12 y 13). Para la toma de mediciones, se optó por una medida indirecta como lo es el conteo celular, para ello, con el fin de obtener 4 réplicas, se tomaron como muestras 2 esferas diarias de cada una de las botellas y se disolvieron por 24 horas con 1ml de una solución de bicarbonato de sodio al 4%, para lo cual, previamente se había preparado la solución con 100ml de agua destilada y 4 gramos de bicarbonato de sodio.

Ilustración 11. *Día 6 del montaje.*



Nota. Día 6 del montaje de las cápsulas de alginato de sodio en el medio de cultivo (BBM) con variables controladas. Elaboración propia.

Ilustración 12. *Día 9 del montaje*



Nota. Día 9 del montaje de las cápsulas de alginato de sodio en el medio de cultivo (BBM) con variables controladas. Elaboración propia.

Ilustración 13. *Día 20 del montaje*



Nota. Día 20 del montaje de las cápsulas de alginato de sodio en el medio de cultivo (BBM) con variables controladas. Elaboración propia.

Por temas metodológicos se esperó a acumular 10 muestras (10 días) para realizar el conteo respectivo en la cámara de Neubauer. Durante ese tiempo, mientras eran llevadas al laboratorio, las muestras quedaron en una bandeja en la nevera cubiertas con papel aluminio con el fin de que no siguieran creciendo (véase ilustración 14). Como lo menciona Liu & Xu, (2018), La baja temperatura de almacenamiento en neveras puede inducir un estado de latencia o reducción en la tasa metabólica de las microalgas, disminuyendo su actividad enzimática y afectando su capacidad de crecimiento y reproducción.

Ilustración 14. *Bandeja con muestras*



Nota. Bandeja en el laboratorio con muestras tras 20 días transcurridos. Elaboración propia

Para el conteo en la cámara de Neubauer, se toma una alícuota por cada una de las muestras y son contados los organismos que se evidencian en dos cuadros grandes, el de la esquina superior izquierda y el de la esquina inferior derecha. Los datos son anotados durante 21 días (incluido el día cero). Después, para conocer la concentración por mililitro, se aplica la fórmula correspondiente a la cámara de Neubauer (véase ilustración 15).

Ilustración 15. *Fórmula para cámara de Neubauer*

$$\text{Concentración} = \frac{\text{número de células} \times 10.000}{\text{número de cuadros}}$$

Nota. Fórmula para cámara de Neubauer en cuadros grandes. Tomada de “fórmula para recuento con cuadros grandes en cámara Neubauer” [Imagen] Bastidas, s.f. Technical Note - Neubauer Chamber Cell Counting.

Los datos son consolidados y promediados como se presenta en la *Tabla 2. Conteo celular* con el fin de obtener un dato representativo respecto a las 4 réplicas realizadas, presentando los datos separados por frascos y luego por los cuadros grandes de la cámara de Neubauer en los que se realizó el conteo. Seguido de ello, se presenta la concentración en cel/ml $\times 10^3$ aplicando la fórmula para los 2 cuadros grandes en los que se realizó el conteo y finalmente se presenta una última columna en la que se indica el dato de la concentración en cel/ml $\times 10^3$ al promediar las concentraciones obtenidas de ambos frascos.

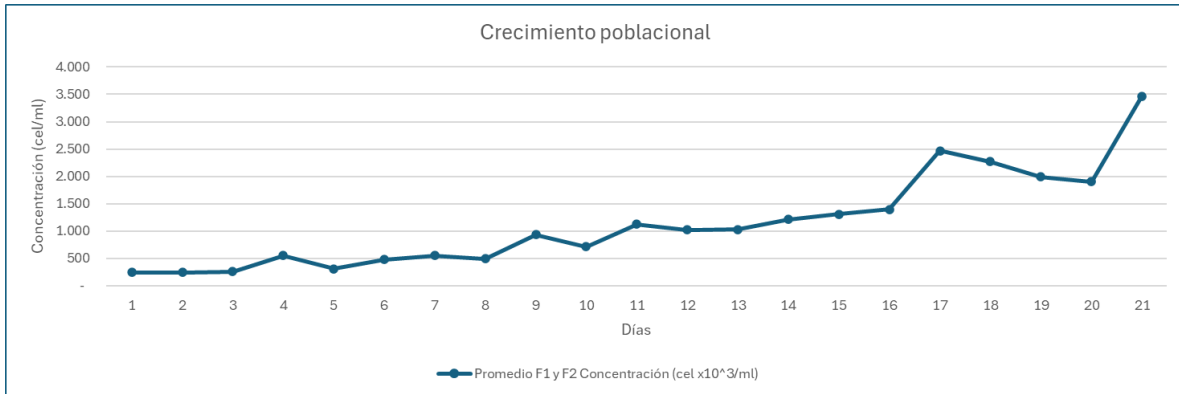
Tabla 3. Conteo celular

Conteo celular - Crecimineto poblacional								
Día	Fecha	Frasco 1			Frasco 2			Promedio F1 y F2 Concentración (cel x10 ³ /ml)
		Cuadro 1	Cuadro 2	F1 Concentración (cel x10 ³ /ml)	Cuadro 1	Cuadro 2	F1 Concentración (cel x10 ³ /ml)	
0	25/06/2024	23	34	285	17	23	200	243
1	26/06/2024	36	13	245	19	28	235	240
2	27/06/2025	38	23	305	22	21	215	260
3	28/06/2025	98	86	920	25	13	190	555
4	29/06/2024	40	32	360	28	24	260	310
5	30/06/2024	53	52	525	43	42	425	475
6	1/07/2024	57	86	715	34	44	390	553
7	2/07/2024	62	43	525	41	51	460	493
8	3/07/2024	85	95	900	97	95	960	930
9	4/07/2024	52	104	780	61	69	650	715
10	5/07/2024	77	89	830	34	251	1.425	1.128
11	6/07/2024	122	111	1.165	41	134	875	1.020
12	7/07/2024	91	141	1.160	34	145	895	1.028
13	8/07/2024	109	130	1.195	75	172	1.235	1.215
14	9/07/2024	118	124	1.210	95	185	1.400	1.305
15	10/07/2024	127	118	1.225	115	198	1.565	1.395
16	11/07/2024	459	289	3.740	135	105	1.200	2.470
17	12/07/2024	27	104	655	244	532	3.880	2.268
18	13/07/2024	146	433	2.895	53	164	1.085	1.990
19	14/07/2024	215	136	1.755	288	122	2.050	1.903
20	15/07/2024	159	117	1.380	536	572	5.540	3.460

Nota. Sistematización de los datos obtenidos durante el conteo celular aplicando la fórmula para la cámara de Neubauer. Elaboración propia.

A partir de los datos promediados, se genera el siguiente gráfico (véase Ilustración 16), que muestra cómo, a lo largo de los 20 días del experimento, la cantidad de individuos varía, evidenciando una alteración progresiva en la población de microalgas, con una tendencia general al aumento, aunque con algunos días en los que se observa una disminución.

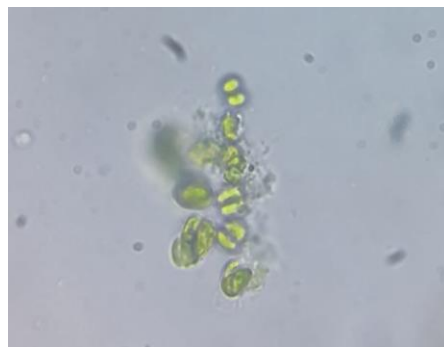
Ilustración 16. Gráfica de crecimiento poblacional



Nota. Gráfica de crecimiento poblacional en la que se evidencia el aumento de la concentración en cel/ml x10³ en el transcurso de 21 días (incluido el día cero). Elaboración propia.

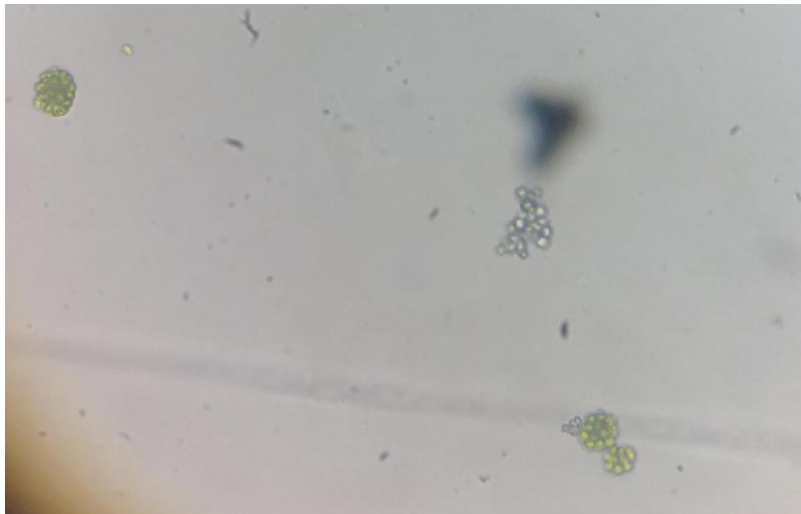
El conteo celular se realiza principalmente con los individuos de la especie de *Chlorella* sp., sin embargo, teniendo en cuenta la poca experticia en el tema, es posible que se hayan presentado alguna confusión con los organismos de la especie de *Scenedesmus* sp. también presentes en las muestras (véase ilustración 17). Además, durante el conteo se evidenciaron grandes agrupaciones de individuos (véase ilustración 18, 19 y 20) que implicaron una dificultad para el conteo, a partir de ello se entiende que pudo haber un error metodológico. Sin embargo, la experiencia sigue enriqueciendo el proceso, ya que son estos elementos los que aportarán en el material educativo. Por otro lado, tal como lo plantean los resultados del diseño experimental replicado.

Ilustración 17. *Scenedesmus* sp. En las muestras.



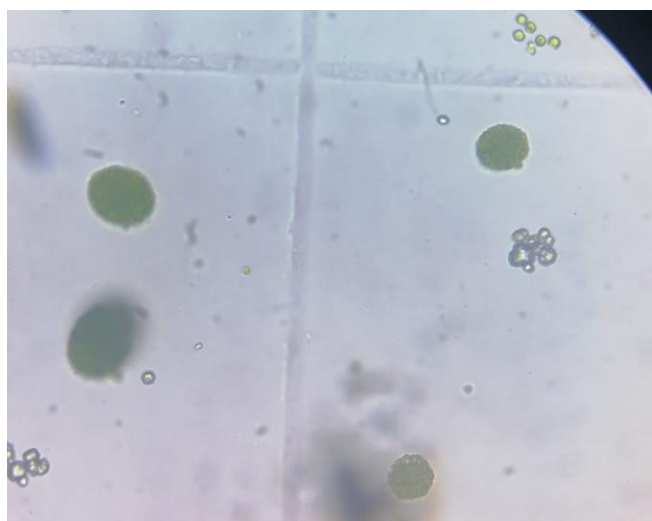
Nota. Células de *Scenedesmus* sp en la muestra, vista desde la cámara de Neubauer. Elaboración propia.

Ilustración 18. *Agrupaciones en las muestras 1*



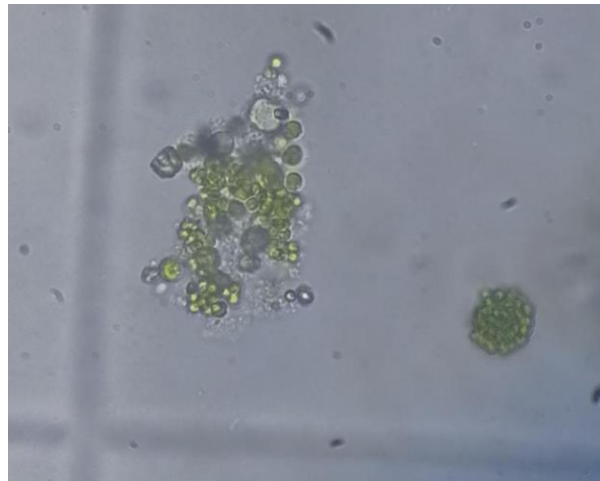
Nota. Agrupaciones de organismos en las muestras. Vistos desde la cámara de Neubauer. Elaboración propia.

Ilustración 19. *Agrupaciones en las muestras 2*



Nota. Agrupaciones de organismos en las muestras. Vistos desde la cámara de Neubauer. Elaboración propia.

Ilustración 20. Agrupaciones en las muestras 3



Nota. Agrupaciones de organismos en las muestras. Vistos desde la cámara de Neubauer. Elaboración propia.

En cuanto a las variaciones de disminución y aumento que se evidencian en la gráfica, se considera que no pueden ser del todo explicadas. Lo anterior, debido a que durante la toma de datos no se realizó la correspondiente bitácora en el que se describían diariamente las condiciones externas u ambientales bajo las que estuvo el cultivo y que pudieron haber influido en el crecimiento poblacional. Este aspecto también se presenta como relevante para la realización del material educativo.

El ciclo de vida de las microalgas puede variar considerablemente dependiendo de las condiciones ambientales, como la disponibilidad de nutrientes, la temperatura y la intensidad de la luz. Estos factores pueden influir en la duración de cada fase del ciclo de vida, desde el crecimiento vegetativo hasta la reproducción (Wahl, & Li, 2016).

Así, las condiciones pueden tener un impacto significativo en la dinámica y desarrollo del crecimiento de las microalgas, por lo que su ausencia en el registro dificulta la evaluación de estos efectos durante el desarrollo del experimento.

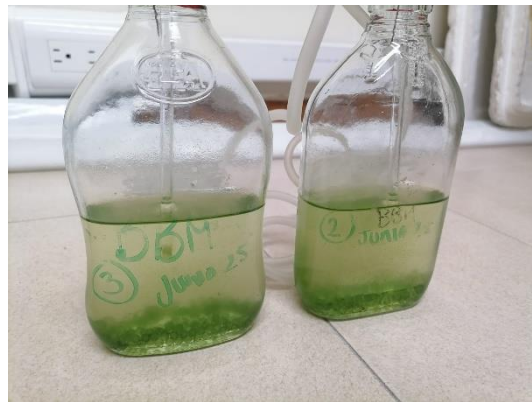
Por otro lado, al comparar cualitativamente las 4 botellas pasados 9 días de retirar los montajes, se evidencian cambios significativos en cuanto a la coloración de las esferas, las botellas 1 y 4 que se quedaron en el laboratorio (véase ilustración 21), presentan una leve coloración verde, mientras que las botellas 2 y 3 que estuvieron expuestas a luz solar (véase ilustración 22), presentan una alta coloración. Al realizar un análisis de ello, se podría decir que en el frasco 2 y 3 presenta una mayor concentración de microalgas respecto a los frascos

1 y 4. Teniendo en cuenta que un mayor aspecto verde en las muestras, implica una mayor cantidad de clorofila a y un aumento en la biomasa de la muestra a estudiar.

La coloración verde intensa en cultivos de microalgas es un indicativo de alta concentración de clorofila, un pigmento esencial para la fotosíntesis. Un aumento en la coloración verde generalmente refleja un incremento en la biomasa y la densidad celular de las microalgas, ya que la clorofila es proporcional a la cantidad de células presentes en el cultivo (Beaker, 2007).

Se evidencia que se deben establecer condiciones para el desarrollo y crecimiento de los organismos que no fueron óptimas en el caso de las botellas 1 y 4. Así, aunque no se consideraba este ejercicio dentro de los objetivos de esta investigación, resalta como un aspecto que debió ser tenido en cuenta teniendo presente los elementos al hablar de un diseño experimental, como lo menciona Badii, et al. (2007) *se trata de controlar aquellas condiciones externas a las unidades experimentales que pueden ocasionar variación o ruido en los resultados del experimento*. Este aspecto es relevante para la elaboración del material educativo, por lo que sirve de punto de comparación y ratificación alrededor de la importancia del seguimiento a las muestras y el establecimiento de parámetros para comprender los fenómenos que allí suceden.

Ilustración 21. Día 29 del montaje



Nota. Día 29 del montaje de las cápsulas de alginato de sodio en el medio de cultivo (BBM). Botellas 2 y 3. La muestra ya no está siendo controlada por variables. Elaboración propia.

Ilustración 22. *Día 29 del montaje*



Nota. Día 29 del montaje de las cápsulas de alginato de sodio en el medio de cultivo (BBM) botellas 1 y 4. La muestra ya no está siendo controlada por variables. Elaboración propia.

Además, el ejercicio completo de la replicación del diseño experimental aporta diferentes elementos para ser tenidos en cuenta en la enseñanza de la biorremediación y alrededor de la relevancia de los trabajos prácticos en el laboratorio como lo son:

Replicación efectiva del experimento

- Protocolo de laboratorio detallado: la revisión de la bibliografía y la experiencia permiten la obtención de un protocolo de laboratorio detallado, aspecto relevante para una adecuada precisión en el momento de replicar el diseño. Así, un protocolo bien estructurado proporciona una guía paso a paso que minimiza el riesgo de errores y asegura la consistencia de los resultados. Como lo menciona García (2006), un protocolo bien diseñado no solo asegura la replicabilidad de los experimentos, sino que también facilita la comprensión y la aplicación de los métodos por parte de los investigadores" (p. 102). De esta forma, un protocolo detallado aporta en un entorno educativo al permitir que tanto maestros como estudiantes puedan replicar adecuadamente el diseño experimental de manera efectiva, mejorando así el aprendizaje y la investigación.
- Cantidades y variables: al replicar el diseño, se corroboró las cantidades adecuadas para las soluciones requeridas, tales como la concentración de alginato, condiciones de cultivo, entre otros, evidenciando cómo al ajustar las variables permite obtener resultados óptimos y la importancia de cada parámetro durante el proceso, teniendo en cuenta que la variación en estos parámetros puede afectar significativamente la estabilidad y efectividad del sistema, "la optimización de parámetros como la

concentración de alginato y las condiciones del cultivo es fundamental para maximizar la eficacia del sistema de biorremediación, ya que estos factores influyen directamente en la viabilidad y desempeño de las microalgas" (Mendoza et al. 2012, p. 45). Comprender y ajustar estas variables permite obtener resultados óptimos y proporciona una base sólida para futuras investigaciones.

- Gráficas de crecimiento poblacional: Las gráficas de crecimiento poblacional de las microalgas son herramientas fundamentales para evaluar la efectividad de la biorremediación. Estas gráficas permiten observar el desarrollo de las microalgas y cómo responden a las condiciones experimentales a lo largo del tiempo. Morales y Gómez (2014) subrayan que "las curvas de crecimiento proporcionan una representación visual clara del rendimiento del sistema de biorremediación, permitiendo a los investigadores evaluar cómo las microalgas eliminan contaminantes y cómo varían sus poblaciones en respuesta a diferentes condiciones" (p. 98). Estos datos visuales son cruciales para interpretar los resultados y ajustar los parámetros del experimento según sea necesario, además, al ser un claro resultado de la evidencia del proceso pueden propiciar al observador nuevas preguntas en torno al comportamiento de la gráfica que le permitan comprender mejor el proceso y/o establecer nuevas hipótesis al respecto.
- Referentes bibliográficos: es importante tener referentes bibliográficos porque a partir de estos el investigador puede tomar decisiones en cuanto a los ajustes razonables necesarios durante el proceso, pero, esto solo será posible en la medida que se encuentre con las dificultades de la práctica.

Aprender haciendo

- Recomendaciones prácticas para la replicación: se establecieron algunos tips, consejos, recomendaciones o apuntes que no se encontraron explícitos en la bibliografía y que son esenciales para una replicación adecuada del diseño. Lo anterior, producto de la experiencia y de las propias dudas de la autora, como lo es el material de los instrumentos y algunas alternativas a estos, el punto exacto en el que el preparado algal está listo para ser guardado en la nevera, la técnica para manejar la jeringa al formar las cápsulas de alginato, entre otros.
- Observación directa de los cambios: es relevante poder evidenciar directamente los cambios en las muestras al paso del tiempo, aspectos cualitativos que se evidenciaron en la muestra como el cambio de color en las esferas y la posterior degradación de

estas, además de los materiales que permitieron su conformación, esto, con el fin de poder generar comparaciones y comprender las condiciones bajo las cuales se realizó el experimento.

- Ajuste del diseño experimental: replicar el diseño, implica ajustarlo a los materiales y el objetivo de investigación que se tenga, por ello, al realizar la actividad práctica, fue necesario establecer medidas, proporciones, materiales y procedimientos adecuados para desarrollar el diseño experimental acorde con la disponibilidad y el objetivo de la investigación.
- Impacto en el aprendizaje: la práctica en el laboratorio enriquece la experiencia educativa, en la que, al implicarse directamente en el proceso, permite interiorizarlo e incluso general nuevos cuestionamientos alrededor de lo que se evidencia, como lo es la posibilidad de evidenciar el proceso a partir de una muestra de agua de un sistema acuático del contexto

Entre la teoría y la práctica

- Conceptos y experiencia: los aspectos conceptuales y los prácticos permiten abordar la enseñanza de la biorremediación desde un enfoque integral al complementarse entre sí. "Las actividades experimentales en el laboratorio contribuyen significativamente al aprendizaje de los estudiantes al ofrecerles experiencias directas que refuerzan los conceptos teóricos aprendidos en clase" (Pérez, 2019, p. 110). Los aspectos conceptuales permiten entender la naturaleza del fenómeno evidenciado, realizando comparaciones y pudiendo establecer hipótesis que aporten a su comprensión y, la replicación del diseño permite generar experiencia en el tema, aprendiendo incluso a partir de errores cometidos durante el proceso.
- Actitudes frente a la ciencia: la experiencia integral que ofrecen los trabajos prácticos permite promover la experticia en el manejo y uso de instrumentos de laboratorio, así como los valores hacia la ciencia, pues, replicar un experimento implica pasar por diferentes discusiones, tanto con autores como prácticos que permiten acercar al estudiante a una ciencia que no está terminada y se encuentra en constantes cambios. "La utilización del laboratorio en la enseñanza de las ciencias fomenta un aprendizaje activo y participativo, crucial para el desarrollo de competencias prácticas y teóricas en los estudiantes" (Mendoza & Guzmán, 2020, p. 25).

Más allá del experimento

- Importancia de las microalgas: al realizar cultivos de algas y ver los cambios directos en su población, se puede pensar en los efectos de estos microorganismos en los ecosistemas y alrededor de su papel de biorremediadores en los sistemas acuáticos. Así, organismos que no son visibles a simple vista, pueden generar grandes efectos en su entorno.
- Comprensión del proceso: el experimento permite entender cómo funciona la biorremediación en los sistemas acuáticos, y visibilizarlo como una estrategia que permite aportar a la restauración del equilibrio ecológico y profundizar en la comprensión de las afectaciones de contaminación, ofreciendo al investigador elementos que pueden ser analizados desde un contexto práctico y cotidiano
- Limitaciones y tensiones: durante la replicación del diseño, uno de los aspectos relevantes es el cuestionamiento del funcionamiento de este, así, permite verse desde las limitaciones de la biorremediación a partir de las tensiones que se generan, como lo es la falsa sensación de que estos métodos pueden reemplazar la necesidad de una conducta responsable y con ello, de prácticas más amigables con el medio ambiente. "La integración de teoría y práctica en el laboratorio debe ser acompañada de una discusión sobre las limitaciones de los experimentos para una comprensión más completa y crítica de la ciencia" (Martínez, 2020, p. 103). De esta forma, surgen cuestiones que el investigador debe revisar desde una perspectiva crítica frente al proceso que está realizando y sus posibles implicaciones.
- Bitácora: además de visible en el experimento, es relevante que el investigador pueda poner atención al entorno en el que lo realiza, al estar en un ambiente determinado, los microorganismos pueden verse afectados por las condiciones que se presenten a su alrededor, lo que resalta la necesidad de llevar una bitácora en la que el investigador pueda ir anotando estas condiciones y también las inquietudes que le surjan con ello, pues, esta permitirá dar explicaciones a los procesos, incluso algunos que vayan más allá de su objetivo de investigación.
- Enfoque integral: a partir de lo realizado, se evidenció que es posible abordar la temática desde un ámbito que incluye además de lo científico, lo tecnológico, lo social y lo ambiental, promoviendo la habilidad para identificar problemas ambientales y desarrollar soluciones prácticas, en este caso, la biorremediación como alternativa ante la alta contaminación de los sistemas acuáticos.

Fase 2. Diseño del material educativo

De acuerdo con la metodología planteada para el objetivo específico 2, *Establecer los criterios, el contenido y procedimiento para desarrollar el material educativo, teniendo en cuenta los elementos evidenciados en la replicación del diseño experimental para los estudiantes la Licenciatura en Biología y La Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental*; se realizaron 5 escaletas teniendo en cuenta los 5 videos propuestos, (véase anexos A: Escaleta 1. Soluciones STOCK; anexo B; Escaleta 2. Medio de cultivo BBM; anexo C: Escaleta 3. Encapsulamiento de microalgas; anexo D: Escaleta 4. Montaje del cultivo de microalgas libres y encapsuladas y anexo E: Escaleta 5. Mediciones y sistematización.

Las escaletas fueron organizadas en columnas con el fin de estructurar cada uno de los ítems propuestos en la metodología, y en filas se separaron por colores dividiendo grandes secciones las cuales son: introducción, materiales, preparación del espacio, procedimiento, reflexiones y aportes para la enseñanza de la biorremediación y cierre. Esto permitió unificar las secciones y el orden en el cual se desarrollaría el contenido presentado en los videos, además, permite una estructura clara y escalonada del proceso experimental en el que se detallan desde la preparación de las soluciones STOCK hasta el montaje y sistematización de los datos obtenidos durante el cultivo, garantizando un seguimiento del procedimiento paso a paso y visualizando las distintas etapas que conlleva el diseño. Tal como lo menciona González & Torres, (2017), *"una estructura metodológica clara no solo guía el proceso de aprendizaje, sino que también facilita la comprensión y replicación de procedimientos complejos, especialmente en contextos educativos experimentales"* (p. 45).

En lo que respecta al contenido de la escaleta, éste permite detallar el paso a paso que fundamenta las grabaciones, estableciendo una guía muy puntual, no solo sobre las descripciones, sino también alrededor de los tipos de materiales y descripciones de los movimientos a realizar durante las grabaciones; consolidándose a partir de lo establecido durante la replicación inicial del diseño e incluyendo algunas notas o tips que permiten contribuir a una adecuada realización del diseño experimental. Como señalan Ramírez y Correa (2020), *"incluir reflexiones prácticas basadas en la experiencia contribuye significativamente a la formación de habilidades aplicadas, permitiendo que los estudiantes comprendan los desafíos y soluciones propios del trabajo experimental"* (p.28).

Así, se plantearon sugerencias y recomendaciones basadas en la experiencia práctica obtenida en la fase 1 que ofrece un valor agregado, ya que permite resaltar algunos elementos que no se evidencian fácilmente en la bibliografía como lo son algunos tips sobre los

materiales que se van a utilizar, algunas consecuencias de realizar inadecuadamente uno de los procedimientos, algunas alternativas frente a los materiales y los procesos que se realizan, recomendaciones sobre el uso de los equipos, entre otras, que permiten entender no solo el "cómo", sino también el "por qué" de cada acción.

Estos aspectos son además producto de las dificultades que surgieron durante el proceso de experimentación, enriqueciendo el material educativo y contribuyendo a la comprensión de los posibles desafíos que también implica la replicación del diseño. Mostrando además la importancia de aprender haciendo y, con ello, fortalecer las habilidades prácticas. De esta forma, otro aspecto para resaltar es la voz en off, planteada de forma transversal al video, ya que permite dar descripciones detalladas que acompañan los procesos que se realizan y que busca, así mismo, reforzar los aspectos teóricos detrás de cada paso práctico y fortalecer la conexión entre los conceptos teóricos y las actividades experimentales. *"El uso de narraciones, como la voz en off, en materiales educativos audiovisuales permite conectar eficazmente los conceptos teóricos con su aplicación práctica, fortaleciendo la comprensión de los estudiantes"* (Salas, 2019, p. 28).

Por otro lado, en la sección de reflexiones y aportes para la enseñanza de la biorremediación, se establecen elementos clave de acuerdo con la temática del video, en la que se plantean cómo lo allí propuesto es relevante frente a la contaminación de los sistemas acuáticos y se menciona que estos son procesos que enseñan principios que pueden escalarse a gran escala, proponiendo reflexiones que pueden motivar a la toma de decisiones frente a su día a día y las necesidades específicas de sus comunidades. *"Abordar problemas ambientales mediante proyectos prácticos ofrece a los estudiantes la oportunidad de desarrollar un pensamiento crítico, al mismo tiempo que refuerza su rol como agentes de cambio"* (López & Martínez, 2018, p. 60).

Las escaletas funcionan además como referente para otras investigaciones en las que se desee cambiar o adaptar algunos aspectos puntuales del diseño experimental ya que detallan la globalidad del proceso. *"Diseñar recursos educativos flexibles y adaptables es clave para garantizar su aplicabilidad en diferentes contextos, fomentando la innovación y el aprendizaje contextualizado"* (Ruiz & Gómez, 2021, p. 85). Resaltando así la importancia de un material educativo que pueda llegar a distintos campos y ser adaptado según las necesidades del contexto.

Fase 3. Elaboración del material educativo.

Teniendo en cuenta lo planteado para el objetivo específico 3: *Elaborar el material educativo integrando recursos teóricos, prácticos y visuales que permitan dar cuenta del proceso de biorremediación con microalgas y los elementos para su enseñanza*; se graba el material audiovisual y se editan 5 videos de acuerdo con los elementos propuestos en las escaletas y lo planteado en la metodología para esta fase.

Grabación del material educativo

Las grabaciones se realizaron en las instalaciones del laboratorio del Departamento de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, específicamente en la sede de la calle 72, utilizando una cámara con resolución de 48 MP en formato horizontal. Esto permitió obtener imágenes nítidas y adecuadas para el propósito del material a pesar de no ser un formato de alta calidad. Los videos previamente validados por la tutora que dirige el presente trabajo son publicados según lo planteado en la página de YouTube del grupo de investigación CASCADA con el fin de que puedan ser difundidos ampliamente bajo el título de la presente investigación. Según González y Torres (2017), *"los recursos educativos digitales de acceso abierto permiten la democratización del conocimiento y favorecen la inclusión en procesos formativos"*.

A continuación, se enlistan los videos publicados junto con una breve descripción que acompaña el video en la publicación.

Video 1. Soluciones STOCK para cultivo de microalgas. Duración 10:40 min. Enlace al recurso: <https://youtu.be/ukZkArFHaUg>

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
Educadora de Educadores

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES
EDUCACIÓN AMBIENTAL

¿CÓMO REALIZAR SOLUCIONES STOCK PARA EL CULTIVO DE MICROALGAS (CHLORELLA SP)?

ENSEÑANZA DE LA BIORREMEDIACIÓN: UNA PROPUESTA A PARTIR DEL DISEÑO EXPERIMENTAL DE LAS ESFERAS DE ALGINATO DE CALCIO CON MICROALGAS

LAURA FERNANDA RUBIANO GIL

DIRECTORA:
IBETH DELGADILLO RODRÍGUEZ
CODIRECTOR:
WILLIAM GÓMEZ LOTERO

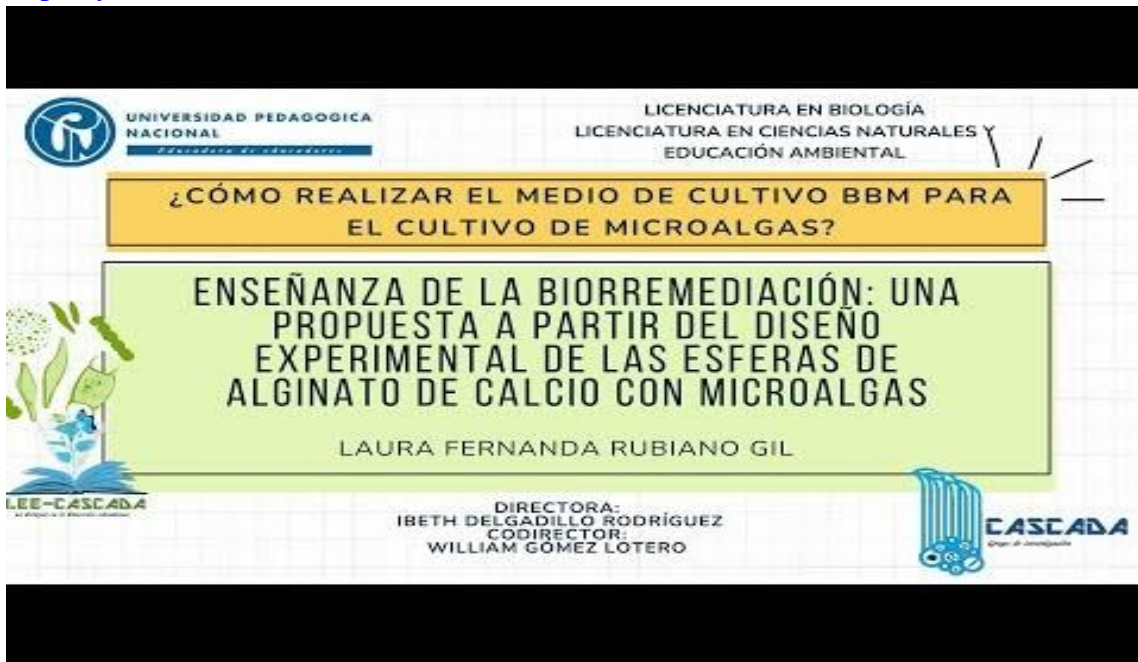
LEE-CASCADA
CASCADA

Solución STOCK 9

Solución 9. Solución de Boro
1,142g de Ácido trioxobórico (H_3BO_3)

En este video se detalla el paso a paso para la construcción de soluciones STOCK para cultivo de microalgas, incluyendo explicaciones detalladas sobre las cantidades y materiales necesarios. Además, se mencionan elementos para ser tenidos en cuenta en relación con la enseñanza de la biorremediación.

Video 2. Medio de cultivo BBM. Duración: 12:00 min. Enlace al recurso: https://youtu.be/2_xFS7DaY3k



En el video se detalla el proceso para la realización del medio de cultivo BBM para microalgas a partir de las soluciones STOCK creadas en el primer video. Resaltando aspectos clave para evitar contaminación y optimizar el crecimiento de las microalgas.

Video 3. Encapsulamiento de microalgas. Duración: 11:37 min. Enlace al recurso:
<https://youtu.be/GwYH7tyzv70>



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
Educadora de Educadores

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES Y
EDUCACIÓN AMBIENTAL

¿CÓMO REALIZAR EL ENCAPSULAMIENTO DE MICROALGAS?

ENSEÑANZA DE LA BIORREMEDIACIÓN: UNA PROPUESTA A PARTIR DEL DISEÑO EXPERIMENTAL DE LAS ESFERAS DE ALGINATO DE CALCIO CON MICROALGAS

LAURA FERNANDA RUBIANO GIL

DIRECTORA:
IBETH DELGADILLO RODRÍGUEZ
CODIRECTOR:
WILLIAM GÓMEZ LÓTERO

LEE-CASCADA
Escuela de Educación Ambiental

CASCADA
Escuela de Biología

Este video hace parte de una secuencia de videos relacionados con la enseñanza de la biorremediación a partir de un diseño experimental con microalgas. En esta ocasión se detalla el proceso para el encapsulamiento de microalgas resaltando distintas recomendaciones prácticas.

Video 4. Montaje y monitoreo de microalgas libres y encapsuladas. Duración: 9:18 min.
Enlace al recurso: <https://youtu.be/DVYtART40Gw>

The image shows the cover of a video resource. At the top left is the logo of Universidad Pedagógica Nacional (UPN) with the text 'UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL' and 'Educadora de Educadores'. To the right, it lists the degrees: 'LICENCIATURA EN BIOLOGÍA', 'LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL'. The main title is 'MONTAJE Y MONITOREO DE MICROALGAS LIBRES Y ENCAPSULADAS' in a yellow box. Below that, in a green box, is the subtitle 'ENSEÑANZA DE LA BIORREMEDIACIÓN: UNA PROPUESTA A PARTIR DEL DISEÑO EXPERIMENTAL DE LAS ESFERAS DE ALGINATO DE CALCIO CON MICROALGAS' and the author's name 'LAURA FERNANDA RUBIANO GIL'. At the bottom, it lists the director 'IBETH DELGADILLO RODRÍGUEZ' and codirector 'WILLIAM GÓMEZ LOTERO'. Logos for 'LEE-CASCADA' and 'CASCADA' are also present.



En este cuarto video se presenta el desarrollo del montaje del cultivo de microalgas encapsuladas y libres, enfatizando en las diferencias prácticas.



Video 5. Toma de Mediciones del cultivo. Duración: 9:02 min. Enlace al recurso: <https://youtu.be/yo1geVavDPI>

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
Escuela de Educación

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES Y
EDUCACIÓN AMBIENTAL

TOMA DE MEDICIONES DEL CULTIVO DE
MICROALGAS LIBRES Y ENCAPSULADAS

ENSEÑANZA DE LA BIORREMEDIACIÓN: UNA
PROPUESTA A PARTIR DEL DISEÑO
EXPERIMENTAL DE LAS ESFERAS DE
ALGINATO DE CALCIO CON MICROALGAS

LAURA FERNANDA RUBIANO GIL

DIRECTORA:
IBETH DELGADILLO RODRÍGUEZ
CODIRECTOR:
WILLIAM GÓMEZ LOTERO

LEE-CASCADA
Escuela de Educación

CASCADA
Escuela de Educación

En este video final, tomaremos las mediciones correspondientes al medio de cultivo de acuerdo con los objetivos de la presente investigación, para ello se realizará una medición de crecimiento poblacional y luego se presentará la forma en la que se sistematizan y analizan los datos obtenidos. Resaltando el uso de la cámara de Neubauer y la organización de la información den tablas para su respectivo análisis Lo anterior, en el marco de aportar

elementos a la enseñanza de la biorremediación a partir de un diseño experimental con microalgas.

La información es, además, sintetizada y organizada en el siguiente poster (véase ilustración 23) con el fin de que sea más sencilla su divulgación y se puedan acceder rápidamente a aspectos puntuales del material educativo de acuerdo con la necesidad presentada. Se pretende que pueda ser manejado por parte del grupo de investigación.

Ilustración 23. *Poster con información del material educativo.*

ENSEÑANZA DE LA BIORREMEDIACIÓN:

UNA PROPUESTA A PARTIR DEL DISEÑO EXPERIMENTAL DE LAS ESFERAS DE ALGINATO DE CALCIO CON MICROALGAS

La biorremediación es un proceso natural mediante el cual organismos vivos, como las microalgas, utilizan su metabolismo para eliminar o transformar sustancias contaminantes presentes en sistemas acuáticos.

Enseñar el proceso implica además de entender y replicar un diseño experimental, generar discusiones entre la teoría y la práctica que permitan tomar decisiones y acciones contextualizadas en situaciones reales.

Escanea los códigos y descubre, paso a paso, cómo diseñar un experimento con microalgas inmovilizadas en esferas de alginato de calcio. Además, explora elementos clave que enriquecen su enseñanza en el marco de la biorremediación.

Video 1. Construcción de Soluciones STOCK para cultivo de microalgas

La preparación requiere precisión, reflejando el equilibrio necesario en los ecosistemas para evitar problemas como la eutrofización. Estas soluciones modelan la contaminación real, permitiendo simular escenarios de aguas residuales en el laboratorio. Además, su uso enseña principios escalables.



Video 2. Medio de cultivo BBM

Los medios de cultivo permite replicar con precisión diferentes concentraciones de nutrientes y contaminantes, facilitando el estudio de la respuesta de las microalgas a diversos entornos. También puede llevar a reflexionar sobre cómo las actividades humanas generan concentraciones de contaminantes que las microalgas pueden mitigar, pero que podrían haberse prevenido.



Video 3. Encapsulamiento de microalgas.

El encapsulamiento de microalgas facilita el monitoreo de su crecimiento y eficiencia en la biorremediación, permitiendo una visualización clara del proceso al conectar conceptos teóricos con fenómenos visibles. El proceso puede combinar conocimientos de la Biología, Química y Física fomentando un enfoque integral hacia la resolución de problemas ambientales y promueve la discusión sobre el uso responsable de las microalgas en contextos de biorremediación.



Video 4. Montaje y monitoreo de microalgas libres y encapsuladas.

En el montaje del cultivo es posible optimizar recursos, controlar variables y desarrollar habilidades experimentales, simulando procesos de biorremediación a escala. Esto permite visualizar su impacto y reflexionar sobre soluciones ambientales reales.



Video 5. Toma de Mediciones del cultivo.

El cultivo de microalgas fomenta el monitoreo periódico y el uso de instrumentos de laboratorio, desarrollando habilidades analíticas en biorremediación. Las gráficas de crecimiento poblacional son herramientas clave para evaluar su efectividad, interpretar resultados y ajustar parámetros experimentales. Además, estos datos visuales pueden generar nuevas preguntas y fortalecer la comprensión del proceso.



Elaborado por: Laura Fernanda Rubiano
Dirigido a: Licenciatura en Biología y Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental

Nota. Elaboración propia.

Edición y aspectos para resaltar.

El proceso de edición se realizó utilizando la aplicación CapCut para PC, seleccionando las tomas más claras y relevantes de acuerdo con las escaletas previamente diseñadas, para ello, se usaron algunas tomas producto de la replicación del primer objetivo y, en su mayoría se crearon nuevas tomas del proceso de acuerdo con la secuencia planteada en las escaletas, las cuales sirven como una gran referencia que permite guiar el paso a paso del video, permitiendo además flexibilizarse o ajustarse constantemente de acuerdo con los requerimientos de la aplicación de edición, las consideraciones del investigador y la linealidad del video. Según el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), "*CapCut ofrece una herramienta de edición de vídeo accesible y versátil para la creación de contenidos educativos, tanto por parte del alumnado como del docente*" (INTEF, 2025).

De esta forma, algunos aspectos fueron incluidos, ampliados o corregidos en la escaleta mientras transcurría el tiempo de edición, teniendo en cuenta que al ver las grabaciones realizadas es posible evidenciar nuevos aspectos que no se tuvieron en cuenta al momento de realizar las grabaciones y que se deben adicionar durante el proceso de edición. Así, se decide separar el proceso por pasos e incluir una diapositiva en la que se indiquen los materiales para tener en cuenta para dicho paso, esto con el fin de que para próximas réplicas sea más sencillo ubicar los materiales necesarios si solo se desea realizar una parte del proceso y no en su globalidad.

Por otro lado, el material audiovisual en el que se evidencia el paso a paso del diseño experimental resulta relevante frente a la posibilidad de visualizar procedimientos que pueden resultar complejos o que no se entienden fácilmente solo con revisar la bibliografía. Además, la idea de conocer a profundidad el paso a paso, también permite realizar modificaciones puntuales que permitan enseñar el proceso estableciendo diferentes variables que puedan ser adaptadas a los contextos particulares, pudiendo a su vez, replicar o diseñar entornos que simulen aguas residuales o contaminadas.

Además, el material educativo permite visualizar los efectos de la biorremediación a través de la secuencia de videos. Mostrado transformaciones puntuales como el cambio de color en las microalgas al transcurrir el tiempo. Siendo fundamental para poder establecer relaciones entre las observaciones prácticas y los conceptos teóricos asociados. Siendo, además, una invitación para replicar el diseño experimental bajo distintas condiciones y fomentar el aprendizaje mediante prácticas (aprender haciendo) que den a los estudiantes más elementos para enfrentarse a la cotidianidad y desarrollar distintas habilidades tanto experimentales como de pensamiento crítico y reflexivo propiciando nuevas preguntas alrededor de lo que sucede. De acuerdo con lo mencionado por Gómez, (2013):

Dada la riqueza informativa de los videos por la particularidad de estos de integrar imagen, movimiento virtual, gráficos, textos y audio juntos, se convierten en conocimiento significativo para los estudiantes, en razón a que se estimulan y ponen en actividad más sentidos de los que pueden intervenir con acciones donde meramente se trabaja con voces (p.23).

Proporcionando así, diferentes estímulos que permitan mejorar la comprensión de la temática a contrastar la teoría con la práctica y a su vez con las dificultades presentadas y las posibilidades aplicadas a sus propios contextos. La integración de videos en la enseñanza puede mejorar la motivación y el compromiso de los estudiantes, ofreciendo una experiencia de aprendizaje más dinámica y atractiva" (Pérez, 2021, p. 94).

Por otro lado, el material desarrollado podría ser utilizado en diversas modalidades de enseñanza, tanto presenciales como a distancia, ampliando su alcance a distintos contextos educativos, fomentando así, el aprendizaje autónomo al tener la posibilidad de acceder al recurso desde distintas partes, buscando el desarrollo de un pensamiento crítico, reflexivo y que de paso a nuevas propuestas contextualizadas frente a las grandes afectaciones que sufren los cuerpos de agua en el país. Sin embargo, de acuerdo con lo planteado por Gómez, (2013), hay limitaciones presentes que hay que tener en cuenta en el momento de desarrollar el material y presentarlo (p.22).

A pesar de las potencialidades del uso de videos en los procesos educativos, es significativo advertir las limitaciones de estas en los propósitos educativos: se requiere de competencias en los docentes para buscar, seleccionar, analizar, descargar y organizar los contenidos video-gráficos más relevantes y pertinentes con los objetivos pedagógicos del área o tema que se orienta en determinado grupo.

Así mismo, se deben presentar condiciones tecnológicas para su presentación. No obstante, es posible plantear alternativas como la interiorización del proceso y toma de datos, previendo las condiciones de lugares con difícil acceso, con el fin de obtener los aspectos clave y poder llevarlos a cabo en distintos contextos, ajustándose incluso a la necesidad docente. De igual forma, a pesar de que los videos ofrecen una descripción detallada del proceso y elementos de reflexión, es relevante que los docentes puedan complementar aspectos y fomentar una discusión en las diversas aulas alrededor de lo que allí sucede con el fin de ampliar el alcance del material. Plantea Fandos (1994):

Que respecto de la pasividad en la que puede estar el estudiante en actividades de visionado de videos, es importante que el docente no centre su atención solo en las bondades del video en sí mismo, sino, que incentive la actividad mental reflexiva en

los estudiantes, es decir dedicar tiempo a la planificación para obtener los resultados de aprendizaje deseados.

De esta forma, el video funciona como material educativo al apoyar el proceso de aprendizaje y la práctica docente, pero es la intencionalidad del maestro la que le da un significado contextualizado que permita llevar el conocimiento realmente a la práctica.

Conclusiones

El desarrollo del material educativo a partir del diseño experimental del encapsulamiento de microalgas en esferas de alginato de calcio logró vincular distintos elementos que contribuyen a la enseñanza de la biorremediación, a partir de la interacción entre los elementos teóricos y la práctica experimental, brindando elementos claros, accesibles y adaptables para los maestros en formación de la Licenciatura en Biología y de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Produciendo así, una serie de materiales audiovisuales que permiten dar cuenta del diseño experimental detalladamente y a su vez, proponen elementos que pueden dar paso a discusiones frente a la contaminación de los sistemas acuáticos y el rol del ser humano en ello.

La replicación del diseño experimental destacó la importancia del control de variables y el seguimiento riguroso del crecimiento de las microalgas. La luz solar favoreció su desarrollo, mientras que la falta de control en laboratorio afectó su biomasa. Las dificultades metodológicas subrayan la necesidad de un registro preciso para optimizar futuros estudios y fortalecer el material educativo. Este proceso fue clave para construir el material educativo, ya que permite establecer un protocolo detallado basado en referentes teóricos y recomendaciones prácticas. Facilita la comprensión del experimento, integrando teoría y práctica para mejorar la enseñanza de la biorremediación.

El desarrollo de escaletas fue clave para estructurar la secuencia de videos educativos, sistematizando la práctica experimental y su relación con la enseñanza de la biorremediación. Permitió integrar teoría y práctica, incorporando ajustes metodológicos, reflexiones y recomendaciones para su replicación. Además, resaltó la importancia de la biorremediación frente a problemáticas ambientales, promoviendo nuevas propuestas adaptadas a distintos contextos.

La elaboración de los videos educativos integró teoría, práctica y recursos visuales para detallar paso a paso procedimientos complejos, facilitando su replicación. Además, promovió el aprendizaje práctico mediante la observación de transformaciones en las microalgas, fomentando preguntas y reflexiones sobre retos ambientales. Su impacto educativo depende de la intencionalidad docente, permitiendo su uso en modalidades presenciales y virtuales para fortalecer la autonomía en el aprendizaje.

Por otro lado, en relación la Línea de Investigación La Ecología en la Educación Colombiana (L.E.E) es una propuesta que permite aprender y enseñar la Ecología desde el aula. Se plantea un diseño experimental que puede ser replicado en un aula de clases convencional y que puede hasta ser llevado a casa de acuerdo con los objetivos que se propongan en la investigación, presentando además a los maestros en formación distintas posibilidades desde las cuales se puede abordar e interiorizar el proceso, fomentando una comprensión integral de los procesos ecológicos y su aplicación en problemáticas como lo es la alta contaminación de los sistemas acuáticos desde la teoría y la práctica.

Recomendaciones

A partir de lo realizado, se sugiere para futuras investigaciones o continuación de esta, validar el material educativo con la población objetivo con el fin de poder tener un acercamiento a las percepciones acerca de la pertinencia del material, obtener recomendaciones para su mejora y con ello obtener un mayor impacto.

Por otro lado, a pesar de que el objeto de la presente investigación no era como tal hacer biorremediación, sino obtener elementos para su enseñanza, el material educativo brinda elementos que pueden ser ajustados para realizar procesos de biorremediación incluso en dado caso de querer realizar el diseño experimental a partir de aguas residuales de algún cuerpo de agua. Este aspecto no se tuvo en cuenta para el desarrollo de la presente investigación debido a que se considera que para llevar de esta forma el procedimiento al aula se requieren un manejo especial que puede dificultarse por la presencia de ciertos residuos, sin embargo, las concentraciones del medio de cultivo podrían ser modificadas y ajustar los valores de acuerdo con las proporciones deseadas con el fin de simular los diferentes estados de trofia de los sistemas acuáticos y con ello comparar la eficiencia de las microalgas en la biorremediación.

Reflexiones

A modo de reflexión sobre la forma en la que dialogan las Ciencias Naturales con la Biología desde la investigación formativa, se considera que el estudio de la presente propuesta no se limita a Biología, sino que también pueden tomarse elementos para abordar desde la Física o la Química, dependiendo los intereses del investigador. De esta forma, es posible comprender fenómenos biológicos, en este caso la biorremediación, desde una perspectiva aplicada, en la cual se pretende además de comprender el fenómeno, poder establecer nuevas propuestas y construir conocimiento desde la experiencia, promoviendo una enseñanza de las ciencias más reflexiva, contextualizada y orientada a la solución de problemas ambientales reales; vinculando así, el conocimiento científico con la formación pedagógica, pues se abre espacio para la reflexión sobre la enseñanza de estos procesos, destacando la relevancia de experiencias prácticas y fomentando competencias científicas como la observación, la formulación de hipótesis, el análisis crítico y la interpretación de datos.

Bibliografía y Referencias bibliográficas

- Acebal, M. & Brero, V. (2005). *Acerca de la conciencia ambiental de futuros formadores. Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-5. https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp1.pdf
- Allan, J. D. (2004). "Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems." *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 257-284
- Almeciga, P. A. (2022). *Diseño de un objeto virtual de aprendizaje para la enseñanza de la biorremediación a partir de especies de hongos basidiomicetos ligninolíticos en estudiantes del grado noveno del colegio Campestre Monte Verde*. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/17825>
- Álvarez, H. (1994). *Folleto de algas*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Andersen, R. (2005). *Algal culturing techniques*. USA: Elsevier Academic Press.
- Anze, R., Franken, M., Zaballa, M., Pinto, M., Zeballos, G., Cuadros, M., Canseco, A., De La Rocha, A., Estellano, V. & Del Granado, S. (2007). *Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia*. REDESMA, vol. 1, pp. 53-74, 2007. https://cebem.org/revistaredesma/vol1/pdf/redesma0101_art03.pdf
- Arias, P. (2006). *Investigación educativa: Métodos cualitativos y cuantitativos*. Editorial Universitaria.
- Badii, M., Castillo, M. Rodríguez, A. Wong, A. & Villalpando, P. (2007). *Diseños experimentales e investigación científica*. Universidad Autónoma Nuevo León. México. Revista InnOvaciones de NegOcios. Vol. 4. Pp. 283-330. Obtenido de <https://eprints.uanl.mx/12482/1/A5.pdf>
- Bastidas, O. (s.f). *Fórmula para recuento con cuadros grandes en cámara Neubauer* [Imagen]. Technical Note - Neubauer Chamber Cell Counting.
- Becker, E. W. (2007). *Microalgae: Biotechnology and Microbiology*. Cambridge University Press.
- Bermeo, L. (2011). *Estudio del cosechado de cultivos de microalgas en agua residual mediante técnicas de centrifugado*. (Tesis de pregrado). Universidad de Cádiz. Cádiz, España

- Caamaño, A. (2004). *Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos?*. Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales, 39:8-1.
- Candela, R. (2016). *Las microalgas y el tratamiento de aguas residuales: conceptos y aplicaciones. Una revisión bibliográfica*. [Trabajo de grado]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Obtenido de [91541023.pdf \(unad.edu.co\)](https://repositorio.unad.edu.co/handle/unad/91541023)
- Castañeda, J. (2003). *Hermenéutica y educación: Una mirada crítica desde América Latina*. Editorial Siglo XXI.
- Centro Nacional de Desarrollo Curricular en Sistemas no Propietarios “Cedec”. (2024). *Plantilla para crear una escaleta*. Obtenido de <https://cedec.intef.es/rubrica/plantilla-escaleta/>
- Coêlho D, Tundisi L, Cerqueira K, Rodrigues J, Mazzola P, Tambourgi E, Souza R (2019). *Microalgae: Cultivation Aspects and Bioactive Compounds*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 62, e19180343. Epub June 13, 2019. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2019180343>
- Convenio Andrés Bello. (2001). *Memorias: Encuentro internacional de materiales educativos y práctica pedagógica*. Bogotá, Colombia: Convenio Andrés Bello.
- Cruz, J., Zapata, R. & Morales, M. (2017). *Efecto del uso de materiales didácticos en la enseñanza-aprendizaje de Ciencias Naturales con estudiantes del 6to grado A, turno vespertino de la Escuela pública de primaria Diriangén, Comarca Momotombo, Municipio La Paz Centro, Departamento de León, durante el II semestre del año lectivo 2017*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/9806/1/98916.pdf>
- Delgadillo, I. (2014). *Respuestas biológicas de Scenedesmus ovalternus y Chlorella vulgaris inmovilizadas en alginato de calcio, ante diferentes concentraciones de nutrientes en condiciones de laboratorio* [Trabajo de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/74989>
- Delgadillo, I. y Góngora, F. (2009). *Colecciones Biológicas: Estrategias didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la Biología*. (pág. 131-140). *Bio-grafía*, 2(3), 131.140. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.2num.3bio-grafia131.140>
- Díaz, D. N. (2019). *Falencias en la política de educación ambiental y falta de conciencia ambiental en Colombia*. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/10654/32306>
- Dodds, W. K., & Whiles, M. R. (2010). *Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications*. Academic Press.

- Duarte, J. (2012). *Cartilla didáctica, guía para el docente preescolar. Jardín Psicopedagógico Parque Mágico. Universidad Libre*. <https://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/22777/CARTILLA.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Dzionaek, A., Wojcieszynska, D., & Guzik, U. (2016). *Portadores naturales en biorremediación: una revisión*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 23, 28-36. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0717345816300732#bb0110>
- Fandos, I. M. (1994). *El vídeo y su papel didáctico en Educación Primaria*. *Comunicar* N°2, 1-5.
- Fernández, L. (2020). *Investigación con métodos mixtos: Aplicaciones en contextos latinoamericanos*. Editorial Siglo XXI.
- Fernández, N. (2013). *Los trabajos prácticos de laboratorio por investigación en la enseñanza de la Biología*. *Revista de Educación en Biología*, 16 (2); 15-30.
- Ferrera, R., Rojas, N., Poggi, H., Alarcón, A. & Cañizares, R. (2006). *Procesos de biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos*. *Revista Latinoamericana de microbiología*. Vol. 48, No. 2. pp. 179 - 187. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2006/mi062s.pdf>
- Gómez, J. (2013). *Videos educativos de YouTube para la enseñanza de las Ciencias Naturales en educación básica colombiana*. *Revista Escenarios*. CECAR. (14) pp. 56-81.
- González, C. & Lozada, W. (2013). *Manejo y control de las aguas de escorrentía para mantener la calidad del agua*. Universidad de Puerto Rico – Mayaguez. Obtenido de: <http://www.uprm.edu/agricultura/sea/publicaciones/Manejo%20y%20control%20esorrentia.pdf>
- González, L., & Torres, M. (2017). *Diseño de recursos educativos digitales para la enseñanza experimental*. Bogotá: Editorial Académica.
- González, M., & Ruiz, P. (2020). *El impacto de los videos educativos en la enseñanza de las ciencias: Una revisión de prácticas y resultados*. *Revista Iberoamericana de Educación en Ciencias*, 14(1), 105-120. <https://doi.org/10.23856/riec.14.01.08>
- González, R., & Torres, L. (2017). *Diseño de metodologías educativas para ciencias naturales*. Bogotá: Editorial Educativa.

- Grilli, J. (2018). *El material natural en la Biología escolar: Consideraciones éticas y didáctica sobre las actividades prácticas de laboratorio*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 15(1), 1104.
- Guerrero, A. (2009). *Los materiales didácticos en el aula*. Revista digital para profesionales de la enseñanza. Obtenido de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6415.pdf>
- Guillen, A., Ramírez, C., Guillen, A. (2020). La tarea docente integradora en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Didasc@ lia: Didáctica y educación*, 11(2), 106-116.
- Håkanson, L., & Jansson, M. (1983). *Principles of Lake Sedimentology*. Springer Science & Business Media.
- Harris, D. C. (2016). *Análisis químico cuantitativo* (9.^a ed.). New York: W. H. Freeman and Company.
- Hodson, D. (1994). *Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio*. Enseñanza de las Ciencias. 12 (3): 299-313
- Iglesias. (2020, junio). *Fundamentos: El plano en fotografía y video*. Recursos Multimedia para Iglesias. https://www.recursosmultimediamaparaiglesias.com/2020/06/fundamentos-el-plano-en-fotografia-y.html#google_vignette
- Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF). (2025). *CapCut: tu editor de vídeo para el aula*. Obtenido de https://intef.es/observatorio_tecno/capcut-tu-editor-de-video-para-el-aula/?utm
- Jácome, C., Ballesteros, C., Rea, E., Rea, L. & Poma, P. (2021). *Microalgas en el tratamiento de aguas residuales generadas en industrias de curtiembres*. Ciencia Y Tecnología, 14(2), 47–55. <https://doi.org/10.18779/cyt.v14i2.502>
- Johnson, A. & Brown, K. (2016). *Fostering Environmental Stewardship Through Bioremediation Education*. Journal of Sustainable Development Education, 11, 45-56.
- Justexw. (2023). *Escaleta de guion cinematográfico en Excel*. Justexw. https://es.justexw.com/plantillas/escaleta-de-guion-cinematografico-en-excel#google_vignette
- Kim, S., & Lee, J. (2013). *Effects of Light Intensity on Microalgal Growth and Morphology*. Journal of Applied Phycology, 25(5), 1189-1202. <https://doi.org/10.1007/s10811-012-9891-5>

- León, V. (s.f).. *Escaleta para video*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/425463335/ESCALETA-PARA-VI-DEO>
- Liu, J., & Xu, X. (2018). *Effect of low temperature on the growth and metabolic activity of microalgae*. *Journal of Applied Phycology*, 30(5), 2325-2333. doi:10.1007/s10811-018-1405-1
- López, A., & Martínez, J. (2018). *La enseñanza de la sostenibilidad a través de proyectos experimentales*. Medellín: Fondo Editorial Universitario.
- López, R. & Tamayo, Ó. (2012). *Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales*. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 8 (1). Pp. 145-166.. ISSN: 1900-9895. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134129256008>
- Martínez, J., & Rodríguez, A. (2019). *Uso de recursos audiovisuales en la educación: Ventajas y desafíos*. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 21(2), 65-80. <https://doi.org/10.15446/rkte.v21n2.71163>
- Martínez, L. (2020). *Enseñanza crítica y práctica de las ciencias: Enfoques y desafíos*. *Revista Iberoamericana de Educación en Ciencias*, 14(3), 95-110. <https://doi.org/10.23856/riec.14.03.05>
- Medellín, F., Vargas, C. & Ojeda, G. (Eds.). (2016). *Encuentro de experiencias: Relatos sobre enseñanza de la biología a través de trabajos prácticos* (1st ed.). Universidad Pedagógica Nacional. <https://doi.org/10.2307/j.ctvfc54rc>
- Mehrabadi, A., Craggs, R., & Farid, M. (2015). *Wastewater treatment high rate algal ponds (WWT HRAP) for low-cost biofuel production*. *Biosurce Technology*. Vol 1847. Pp. 202-214. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085241401606X?via%3Dihub>
- Mendoza, A., & Guzmán, F. (2020). *Metodologías activas en la enseñanza de las ciencias: Perspectivas y prácticas*. *Revista Latinoamericana de Investigación en Educación en Ciencias*, 16(1), 20-35. <https://doi.org/10.15359/rlied.16.01.03>
- Michean, R. (1972). *Principios y Métodos en la Educación primaria*. Buenos Aires: Troquel.
- Moreno, F. (2012). *Diseño de un manual guía del docente para el estudio limnológico de ecosistemas acuáticos para el fortalecimiento de conceptos científicos en estudiantes de educación media* [Trabajo de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75102/186796.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Muñoz, C. V. & Novoa, S. K. (2018). El humedal artificial como material educativo para la enseñanza de la fitorremediación con Buchón de Agua (*Eichhornia crassipes*) en sistemas acuáticos dirigido a los maestros de Biología del Distrito (Trabajo de grado). Universidad Pedagógica Nacional. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/10509>.
- Nieto, E.; Carrillo, M.; González, R.; Montagut, P. y Sansón, C. (2005). *Nuevos contenidos, nuevos enfoques. Trabajos prácticos en microescala*. Enseñanza de las Ciencias. Número Extra. VII Congreso de Investigación en Enseñanza de las Ciencias.
- Ortiz, M., Romero, M. & Meza, L. (2018). *La biorremediación con microalgas (Spirulina máxima, Spirulina platensis y Chlorella vulgaris) como alternativa para tratar la eutrofización de la laguna de Ubaque, Colombia*. Revista De Investigación, Desarrollo E Innovación, 9(1), 163–176. <https://doi.org/10.19053/20278306.v9.n1.2018.8153>
- Pérez Serrano, G. (1994). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes*. Editorial La Muralla. Pp. 26-41
- Núñez, J. (2017). *Los métodos mixtos en la investigación en educación: hacia un uso reflexivo*. Cuadernos de pesquisa. 47(164), 632-649. <https://www.scielo.br/j/cp/a/CWZs4ZzGJj95D7fK6VCBFxy/?format=pdf&lang=es>
- Pérez, J. (2019). *La práctica en el laboratorio como herramienta pedagógica en la educación científica*. Revista Colombiana de Educación en Ciencias, 15(3), 105-120. <https://doi.org/10.5377/rcec.15.03.02>
- Pérez, L. (2021). *Videos como recursos didácticos: Efectividad y aplicaciones en el contexto educativo latinoamericano*. Educación y Desarrollo Social, 29(3), 85-100. <https://doi.org/10.23855/eds.29.03.07>
- Ramírez, P., & Correa, D. (2020). *Estrategias para el aprendizaje experimental en Biología*. Cali: Editorial Universidad del Valle.
- Reyes, G. (2015). *Tema I. Materiales didácticos*. Obtenido de <http://erecursos.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/2063/TEMA%20I-Materiales%20Did%C3%A1cticos.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L., & Melo, S. (2002). *Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton*. Journal of Plankton Research, 24(5), 417-428

- Richmond, A. (2004). Part 1. The Microalgae: With Reference to Mass- Cultivation. En *Handbook of microalgal culture* (pp. 3-40). Blackwell Science. <https://alगतex.org/ebook/Handbook%20of%20microalgal.pdf>
- Rivera, K. A. (2017). *Prácticas experimentales de laboratorio con microalgas : enseñar conceptos biológicos a maestros de biología en formación a partir de la Ficoteca*. (trabajo de grado). Universidad Pedagógica Nacional. Obtenido de: <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/9624/TE-21854.pdf?sequence=1>
- Roldán, P. (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. (p. 3-35).
- Romero, J. (2004). *Tratamiento de aguas residuales. Teorías y principios de diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería. Obtenido de [https://www.academia.edu/41246680/Tratamiento de Aguas Residuales Romero Rojas](https://www.academia.edu/41246680/Tratamiento_de_Aguas_Residuales_Romero_Rojas)
- Ruiz, C., & Gómez, V. (2021). *Innovación en materiales educativos para la enseñanza de las ciencias*. Bogotá: Ediciones Pedagógicas.
- Salas, F. (2019). *Producción de recursos audiovisuales educativos: Guía práctica*. Manizales: Editorial Didáctica.
- Vollenweider, R. A. (1968). *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*. OECD.
- Wahl, S., & Li, J. (2016). *Environmental Influences on Microalgae Growth and Life Cycle*. In J. A. Callow & S. G. B. Wilkes (Eds.), *Microalgae in Biotechnology: Potential and Prospects* (pp. 55-78). Wiley-Blackwell.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Academic Press.
- Wikipedia. (n.d.). *Ángulos de la cámara* [Imagen]. Wikimedia Commons. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/96/%C3%81ngulos_de_la_c%C3%A1mara.png

A. Anexo: Escaleta 1. Soluciones STOCK

ESCALETA 5: MEDICIÓN DE CRECIMIENTO POBLACIONAL CON CÁMARA DE NEUBAUER								
SECUE NCIA	TEMÁTICA	LUGAR	ÁNGULO (posición de la cámara)	PLANO (cerca de la toma)	DESCRIPCIÓN	MATERIALES	VOZ EN OFF	FOTOGRAFÍAS Y NOTAS puntuales y detalladas. Notas [consejos, formulas, ideas]
1		N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 1 mientras corre la voz en off	Diapositiva	[Hola] Mi nombre es Laura Fernanda Rubiano, hago parte de la línea de investigación La Ecología en la Educación Colombiana (L.E.E) del grupo de investigación CASCADA de la Universidad Pedagógica Nacional	Diapositiva 1. Texto de la imagen: Construcción de las soluciones STOCK. Elaborado por Laura Fernanda Rubiano Gil. (Incluir logo de la universidad, del semillero y de la línea de investigación)
2	Introducción	N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 2 mientras corre la voz en off	Diapositiva	Este video hace parte de una secuencia de 6 videos en el que se realizan diferentes procesos relacionados con la enseñanza de la bioremediación a partir de un diseño experimental con microalgas	Diapositiva 2. Texto de la imagen: Listado de las secuencia de videos - 1. Construcción de las soluciones Stock 2. Preparación del medio de cultivo BBM 3. Encapsulamiento de microalgas - 4. Cultivo y montaje de microalgas libres y encapsuladas 5. Toma de mediciones
3		N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 3 mientras corre la voz en off	Diapositiva	En este video final, tomaremos las mediciones correspondientes al medio de cultivo de acuerdo con los objetivos de la presente investigación, para ello se realizará una medición de crecimiento poblacional luego se presentará la forma en la que se sistematizan y analizan los datos obtenidos.	Diapositiva 2. Texto de la imagen: Listado de las secuencia de videos - 1. Construcción de las soluciones Stock 2. Preparación del medio de cultivo BBM 3. Encapsulamiento de microalgas - 4. Cultivo y montaje de microalgas libres y encapsuladas 5. Toma de mediciones
4	Elementos a tener en cuenta y materiales					Materiales: Volumétricos: -1 probeta de 100ml -1 pipeta pasteur -1 pipeta de 1 ml No volumétricos -1 frasco con tapa de más de 100 ml -3 mecheros -1 encendedor -Cámara de Neubauer -Eppendorf -Láminas y laminillas -Instrumento con punta en forma de embudo Equipos -Microscopio -Gramera -Nevera Reactivos -Bicarbonato de sodio -Alcohol -Botellas con cultivos de microalgas libres y encapsuladas	Los Materiales a emplear son: Volumétricos: -1 probeta de 100ml -1 pipeta pasteur -1 pipeta de 1 ml No volumétricos -1 frasco con tapa de más de 100 ml -3 mecheros -1 encendedor -Cámara de Neubauer -Eppendorf -Láminas y laminillas -Instrumento con punta en forma de embudo Equipos -Microscopio -Gramera -Nevera Reactivos -Bicarbonato de sodio -Alcohol -Botellas con cultivos de microalgas libres y encapsuladas	
5		Laboratorio	Picado	Piano medio corto	Se toma el frasco de bicarbonato de sodio, se enciende la gramera y se pone un pedazo de papel aluminio encima, luego se pesan 4 gramos y se echan al frasco, luego, se adicionan al frasco 100ml de agua destilada previamente medida en una probeta de 100ml	Gramera, espátula, 4 gramos de bicarbonato de sodio, 100ml de agua destilada, probeta de 100ml, frasco con tapa de más de 100ml	Inicialmente, debemos preparar una solución de bicarbonato de sodio al 4%. En este caso se van a preparar 100ml de la solución, por lo que debemos pesar en la gramera 4 gramos de bicarbonato y adicionarle los 100 ml de agua destilada.	Para ver más detalles de cómo pesar los reactivos en la gramera (ver video 1. Soluciones STOCK)
6	Preparación de espacio y materiales	Mesa de laboratorio	Picado	Americano	limpiamos con alcohol y una toallita la zona de trabajo, luego, se desconectan la manguera del aereador 1 botella y la llevamos a nuestra área de trabajo. Allí posteriormente, ubicamos 3 mecheros formando un triángulo y los encendemos con el encendedor. Dentro de este ubicamos la botella de la cual vamos a sacar la muestra	Alcohol, 1 toalla de cocina, 3 mecheros, encendedor, botella con la muestra de microalgas encapsuladas	Para iniciar, debemos primero verificar que nuestra área de trabajo este limpia, para ello, podemos pasar una toallita con un poco de alcohol. Para la toma de muestras de microalgas encapsuladas debemos partir desconectando la manguera que va del aereador a las botellas de las cuales deseamos tomar las muestras y las llevamos a nuestra área de trabajo. Posteriormente, ubicamos 3 mecheros formando un triángulo y los encendemos con el encendedor con el fin de formar un ambiente estéril. Dentro de este ubicamos la botella de la cual vamos a sacar la muestra.	N/A
7	Muestra de microalgas encapsuladas	Mesa de laboratorio	Normal	Medio largo	Ubicamos en el centro del triángulo la botella con las microalgas encapsuladas y ubicamos el instrumento con punta en forma de embudo y le acercamos la punta al mechero para esterilizarlo, luego, mientras se enfría un poco el instrumento, retiramos cuidadosamente la tapa de la botella y la dejamos a un lado de la botella sin sacarla del triángulo. Posteriormente introducimos el instrumento en la botella y atrapamos dos esferas para luego introducirlos en un Eppendorf. Luego, tapamos nuevamente la botella y la sacamos del triángulo. Para finalizar, con una pipeta de 1ml tomamos 1ml de la solución de bicarbonato y la adicionamos al Eppendorf con las muestras de las esferas.	Instrumento con punta en forma de embudo, mechero, eppendorf, pipeta de 1 ml	Ahora, ubicamos el instrumento con punta en forma de embudo y acercamos la punta al mechero para esterilizarlo, después de que este se enfríe un poco, introducimos el instrumento en la botella y atrapamos dos esferas para luego introducirlos en un Eppendorf. Luego, tapamos nuevamente la botella y la sacamos del triángulo. Para finalizar, con una pipeta de 1ml tomamos 1ml de la solución de bicarbonato y la adicionamos al Eppendorf con las muestras de las esferas. Debemos esperar 12 horas para que las cápsulas se desdeshagan totalmente. En el caso de las microalgas libres, la muestra se puede tomar directamente con una pipeta y usarla de inmediato, es necesario recordar que la botella debe ser igualmente abierta dentro del triángulo de mecheros para evitar que la muestra se contamine.	Nota. El instrumento que se emplea para atrapar las esferas en este caso es realizado de forma casera, para ello, es necesario tener en cuenta que el tamaño no supere el diámetro de la botella en la cual lo vamos a insertar, además, preferiblemente realizarlo con alambre con el fin de que al esterilizarlo pueda resistir
8		Mesa de laboratorio	Normal	Primer plano	Agitar el Eppendorf antes de destaparlo verificando que las esferas estén completamente disueltas, luego, destapar y con una pipeta pasteur tomar una pequeña muestra	Eppendorf con la muestra y pipeta pasteur	Transcurrido el tiempo, se agita el Eppendorf antes de destapar y se verifica que las esferas estén completamente disueltas, luego, con una pipeta pasteur se toma una pequeña muestra	Lo ideal es que tras la disolución de las esferas, la muestra pueda ser puesta en el microscopio para realizar el conteo celular. Sin embargo, en dado caso se dificulte el acceso diario al laboratorio, para el caso de microalgas encapsuladas, es posible ir guardando los Eppendorf con las muestras en la nevera e ir acumulándolas hasta poder llevarlas al laboratorio a realizar un conteo. En la nevera, es necesario cubrir las muestras con un poco de papel aluminio con el fin de que su crecimiento no se vea estimulado por la luz artificial de la nevera.
9	Muestra de microalgas libres	Mesa de laboratorio	Normal	Medio corto	Poner la botella con microalgas en cultivo libres dentro del triángulo, luego, agitar la botella con el fin de homogenizar la muestra, luego destapamos la botella y ladamos un poco la botella para tomar una pequeña muestra con una pipeta pasteur. Al finalizar, tapamos nuevamente la botella. Se saca la botella del triángulo y se apagan los mecheros	Botella con cultivo de microalgas libres, pipeta pasteur, 3 mecheros	En el caso de las microalgas en cultivo libres, inicialmente debemos agitar muy bien la botella con el fin de homogenizar la muestra, luego destapamos la botella y ladamos un poco la botella para tomar una pequeña muestra con una pipeta pasteur. Al finalizar, tapamos nuevamente la botella. Es relevante mencionar que al estar las microalgas libres, no es necesario esperar para observar la muestra, sino que ya esta lista para ser observada en el microscopio.	N/A
10	Cámara de Neubauer. ¿Qué es y cómo medir?						El crecimiento poblacional como una medida de la bioremediación, pues, el aumento en su población indica que han aumentado su metabolismo y con ello su reproducción ante un ambiente que les resulta favorable. Para este caso, el conteo celular se realizará utilizando la cámara de Neubauer. Se trata de una placa gruesa de cristal con forma similar a un portadobjetos, con dimensiones aproximadas de 30 x 70 mm y un grosor de 4 mm. La cámara cuenta con dos zonas de conteo ubicadas en la parte superior e inferior del eje longitudinal. La retícula completa tiene una superficie de 3 mm x 3 mm, subdividida en 9 cuadrados iguales, cada uno con lados de 1 mm. La preparación de la muestra dependerá del tipo de análisis a realizar, ajustando su concentración para facilitar un recuento adecuado y preciso. Inicialmente, la cámara de recuento se coloca en posición horizontal, y se deposita suavemente una gota de muestra en el centro de cada cámara. Luego, se coloca el cubreobjetos apoyando primero uno de los bordes y dejándolo caer en posición diagonal. Si aparecen burbujas, el cubreobjetos se mueve o algo no queda bien, es necesario repetir el procedimiento desde el inicio. Una vez lista la preparación, se coloca la cámara en la bandeja del microscopio y se fija adecuadamente. Se enciende la luz del microscopio y se ajusta el enfoque hasta que las células se observen nitidamente a través del binocular. Se selecciona el primer cuadrado de la retícula para iniciar el recuento, considerando que se contarán dos cuadros grandes en total. Es importante revisar tanto la cámara superior como la inferior, evaluando cuál utilizar dependiendo de la ausencia de burbujas o de la cantidad suficiente de muestra. Al realizar el conteo, se suma uno a uno los organismos que se vean en el espacio definido, así, el investigador establece límites en cuanto a los organismos que entran en el conteo y los que no. Por ejemplo, puede definirse si el organismo esta pasando la doble línea que separa el cuadro no es válido en el conteo. Durante el recuento, se suman uno a uno los organismos observados dentro del área definida, estableciendo criterios claros para delimitar qué organismos se incluirán o no, como decidir si	Diap de ¿qué es la cámara? ¿Cómo hacer en conteo en la cámara de Neubauer? Nota. La cámara requiere un manejo bastante delicado ya que tiene un elevado valor comercial.
11	Observación en cámara de Neubauer	Mesa de laboratorio	Picado	Primer plano	Se ubica en el centro la cámara de Neubauer. Luego, aplicamos una gota ya sea en la cuadrícula superior o inferior y poner la lámina en un ángulo de 45° sobre el borde para luego dejarla caer teniendo en cuenta que la lámina cubra una o ambas cuadrículas dependiendo las gotas aplicadas. Posterior a ello se lleva la cámara al microscopio, lo ideal es que se enfoque en 40x, sin embargo, también es posible enfocar primero en 10x e ir avanzando progresivamente en el enfoque.	Cámara de Neubauer, pipeta pasteur con muestra, lámina, laminilla, microscopio	Se saca la botella del triángulo y se ubica dentro de este la cámara de Neubauer. Luego, aplicamos una gota ya sea en la cuadrícula superior o inferior y poner la lámina en un ángulo de 45° sobre el borde para luego dejarla caer teniendo en cuenta que la lámina cubra una o ambas cuadrículas dependiendo las gotas aplicadas. De esta forma, se busca que se generen la menor cantidad de burbujas posibles en la muestra. Posterior a ello se lleva la cámara al microscopio, lo ideal es que se enfoque en 40x, sin embargo, también es posible enfocar primero en 10x e ir avanzando progresivamente en el enfoque.	Nota. Si la gota quedó muy pequeña, es posible aplicar otra gota en la siguiente cuadrícula. Nota. En dado caso que en la pipeta quede un excedente de la muestra del inóculo, este se desecha y no se devuelve a la botella ya que puede contaminar la muestra

	Reflexiones y aportes para la enseñanza de la biorremediación						<p>Monitoreo y análisis de resultados</p> <p>Cultivar microalgas enseña a realizar mediciones periódicas para monitorear parámetros. Esto fomenta la comprensión de cómo evaluar la eficiencia de un sistema de biorremediación. La experiencia integral que ofrecen los trabajos prácticos permite promover la experticia en el manejo y uso de instrumentos de laboratorio, así como los valores hacia la ciencia, desarrollando habilidades analíticas y reforzando su capacidad para evaluar procesos biotecnológicos.</p> <p>Gráficas de crecimiento poblacional:</p> <p>Las gráficas de crecimiento poblacional de las microalgas son herramientas fundamentales para evaluar la efectividad de la biorremediación. Estas gráficas permiten observar el desarrollo de las microalgas y cómo responden a las condiciones experimentales a lo largo del tiempo. Estos datos visuales son cruciales para interpretar los resultados y ajustar los parámetros del experimento según sea necesario, además, al ser un claro resultado de la evidencia del proceso pueden propiciar al observador nuevas preguntas en torno al comportamiento de la gráfica que le permitan comprender mejor el proceso y/o establecer nuevas hipótesis al respecto.</p>	
12		N/A	N/A	N/A	Corre la voz en off mientras pasan las diapositivas	Diapositiva		N/A
12	Cierre	N/A	N/A	N/A	Corre la voz en off mientras pasan las diapositivas	Diapositiva	<p>Recuerda que, este video hace parte de una secuencia de 6 videos en el que se realizan diferentes procesos relacionados con la enseñanza de la biorremediación a partir de un diseño experimental con microalgas. Muchas gracias</p>	"Gracias" logos UPN, Cascada, I.E.E.

B. Anexo: Escaleta 2. Medio de cultivo BBM

ESCALETA 2. PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO BBM								
SECUENCIA	TEMÁTICA	LUGAR	ÁNGULO (Posición de la cámara)	PLANO (cercanía de la toma)	DESCRIPCIÓN	MATERIALES	VOZ EN OFF	FOTOGRAFÍAS Y NOTAS puntuales y detalladas. Notas (consejos, fórmulas, ideas)
1		N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 1 mientras corre la voz en off	Diapositiva	¡Hola! Mi nombre es Laura Fernanda Rubiano, hago parte de la línea de investigación La Ecología en la Educación Colombiana (L.E.E) del grupo de investigación CASCADA de la Universidad Pedagógica Nacional	Diapositiva 1. Texto de la imagen: Construcción de las soluciones STOCK. Elaborado por Laura Fernanda Rubiano Gil. (Incluir logo de la universidad, del semillero y de la línea de investigación)
2	Introducción	N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 2 mientras corre la voz en off	Diapositiva	Este video hace parte de una secuencia de 6 videos en el que se realizan diferentes procesos relacionados con la enseñanza de la biorremediación a partir de un diseño experimental con microalgas	Diapositiva 2. Texto de la imagen: Listado de las secuencia de videos : 1. Construcción de las soluciones Stock 2.Preparación del medio de cultivo BBM Botellas 3. Encapsulamiento de microalgas. 4. Cultivo y montaje de microalgas libres y encapsuladas 5. Toma de mediciones
3		N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 3 mientras corre la voz en off	Diapositiva	En este segundo video, realizaremos la preparación del medio de cultivo en el que crecieran las microalgas. Un medio de cultivo es aquella sustancia que se utiliza para cultivar y mantener los microorganismos en el laboratorio. En este caso, utilizaremos el Bold 's Basal Medium o BBM, compuesto a partir de 10 soluciones stock, que son los nutrientes que componen el medio.	Diapositiva 3: ¿qué es un medio de cultivo? Definición. Aquella sustancia que se utiliza para cultivar y mantener los microorganismos en el laboratorio ¿qué es el BBM? Texto. Compuesto por soluciones stock a composiciones concentradas de nutrientes, las cuales están formuladas por sales minerales que se emplean en un medio particular* (Muñoz, 2018, p.68).
4		N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 3 mientras corre la voz en off		Para su preparación, debemos tener en cuenta la siguiente tabla, en la que se indica la cantidad de cada una de las soluciones stock que debemos utilizar para preparar 1 litro de BBM, en dado caso de requerir una menor cantidad del medio de cultivo, es necesario realizar las conversiones necesarias	Diapositiva 4. Tabla 1. Macronutrientes y micronutrientes que componen el BBM. Nota. Tomado de Delgado (2014).
5	Elementos a tener en cuenta y materiales	N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 3 mientras corre la voz en off	Fotografías de: Materiales no volumétricos - 4 botellas de vidrio - 4 tubos de vidrio - 4 tapas para sellar las botellas 4 mangueras de 30cm - Cinta de enmascarar, periódico, marcador - 1 pipeteador - 1 encendedor o fósforos - 1 agitador - Papel aluminio, papel vinipel Materiales volumétricos - Probeta de 1000 ML - 6 pipeta de 10ml - 4 pipeta de 1 ml. Equipos - Autoclave Reactivos - 10 soluciones stock - 1000 ml de agua destilada	Los materiales a utilizar son: Materiales no volumétricos - 4 botellas de vidrio (preferentemente de agudiente) - 4 tubos de vidrio que no estén sellados. En dado caso de no tener es posible hacerlo con pipetas viejas. - 4 tapas para sellar las botellas 4 mangueras de 1 m - Cinta de enmascarar, periódico, marcador - 1 pipeteador - 1 encendedor o fósforos - 1 agitador Materiales volumétricos - Probeta de 1000 ML - 6 pipeta de 10 ml - 4 pipetas de 1 ml. Equipos - Autoclave Reactivos - 10 soluciones stock - 100 ml de agua destilada	Diapositiva 5-6. listado e imágenes de materiales Materiales no volumétricos - 4 botellas de vidrio - 4 tubos de vidrio - 4 tapas para sellar las botellas 4 mangueras de 30cm - Cinta de enmascarar, periódico, marcador - 1 pipeteador - 1 encendedor o fósforos - 1 agitador Materiales volumétricos - Probeta de 1000 ML - 1 pipeta de 10ml - 1 pipeta de 1 ml. Equipos - Autoclave Reactivos - 10 soluciones stock - 100 ml de agua destilada
6	Preparación de espacio y materiales	Mesa de laboratorio	Picado	Plano medio largo	Se aplica un poco de alcohol sobre la mesa y se limpia con una servilleta	Mesa, servilleta, alcohol	Inicialmente, debemos preparar nuestro lugar de trabajo, para ello, podemos pasar una servilleta con un poco de alcohol sobre la mesa de trabajo.	N/A
7	Preparación de espacio y materiales	Mesa de laboratorio	Normal	Plano medio	Los materiales son levantados y revisados verificando que estén totalmente limpios. Luego, se toma un tubo de vidrio y se calienta un poco con el encendedor, luego se usa para atravesar una de las tapas de plástico		Posteriormente, es necesario verificar que todos los materiales estén muy limpios para proceder a prepararlos, pues, algunos necesitaran modificaciones como es el caso de las 4 tapas plásticas, para ello, es necesario hacerles un hueco a cada una de estas en la parte del centro, este hueco debe ser del tamaño del tubo de vidrio, pues, este es el medio por el cual entrará oxígeno en la botella, para ello, se puede calentar el tubo con el encendedor y atravesarlo en el centro de la tapa.	NOTA: Es importante que el hueco sea lo suficientemente grande para que pase el tubo, pero lo suficientemente pequeño para que el tubo entre un poco forzado y no se deslice.
8	Preparación de BBM	Mesa de laboratorio	Normal	Plano medio corto	En la mesa se encuentra la probeta, las pipetas, el pipeteador, las soluciones stock y el agua destilada. Se toma la pipeta de 10 ml, se le pone el pipeteador y con ella se toman 10ml del stock 1 y se adicionan a la probeta, luego se procede a lavar la pipeta y hacer lo mismo con los stock 2, 3, 4, 5 y 6. Para el 7, se toma la pipeta de 1 ml, se le pone el pipeteador y con ella se toma 1ml del stock 7 y se adicionan a la probeta, luego se procede a lavar la pipeta y hacer lo mismo con los stock 8, 9 y 10. Finalmente, se toma el agua destilada y se adiciona en la probeta hasta completar 1000 ml de la solución. Se agita con el agitador	1 probeta de 1000 ml, 1 pipeta de 10 ml, 1 pipeta de 1 ml, 1 pipeteador, 10 soluciones stock y 1000 ml de agua destilada	El medio de cultivo BBM se prepara de acuerdo a los datos presentados en la tabla, para ello debo adicionar a la probeta de 1000ml, 10ml de cada uno de los 6 primeros stock y 1 ml de cada uno de los últimos 4 stock. Así, tomamos el pipeteador y lo ajustamos a una de las pipetas de 10ml, luego, Se procede a destapar la solución stock 1 y tomar la pipeta 10ml de esta solución, posteriormente, esto se adiciona a la probeta. Al finalizar retiramos el pipeteador de la pipeta, tomamos el stock número 2. Y se repite el proceso anterior midiendo 10ml de la solución y adicionandolo a la probeta. Esto se repite con las soluciones Stock 3, 4, 5 y 6. Para la solución 7, 8, 9 y 10 cambiamos al pipeteador de 1ml y tomamos una pipeta de 1ml, luego repetimos el proceso tomando 1 ml de la solución y adicionandolo al beaker	N/A
9		Mesa de laboratorio	Normal	Plano medio	Se toma el beaker de x ml y se le adicionan 250 ml del BBM de la probeta, luego, se adiciona en una de las botellas de vidrio y se tapa con un poco de papel aluminio y vinipel sobre este. El procedimiento se repite con las otras 3 botellas.	Beaker de x ml, probeta con BBM, aluminio y vinipel	Una vez lista la solución, se reparten 250 ml en cada una de las 4 botellas, estas se tapan con un poco de papel aluminio y se pone un poco de Vinipel encima con el fin de que el aluminio no se corra.	
10		Mesa de laboratorio	Normal	Plano medio	En la mesa se encuentran los tubos de vidrio, las mangueras, el papel periódico y la cinta. Se usa el papel periódico para forrar cada uno de los elementos de forma individual y se sella con cinta	Tubos de vidrio, mangueras, papel periódico, cinta	Por otro lado, en un poco de papel periodico o en hojas recicladas, de foma individual se envuelven cada uno de los tubos y las mangueras fijando el papel con un poco de cinta. Este material servirá de insumo para realizar el montaje de los cultivos de microalgas.	NOTA: Es fundamental evitar que las mangueras queden dobladas de forma forzada, ya que esto puede provocar que el material se adhiera al calentarse. Si esto ocurre, el flujo de aire a través de la manguera se verá afectado.

11	Esterilización	Laboratorio (en donde se ubica el autoclave) y CIA	Normal	Plano medio largo	Los materiales encintados y las botellas de vidrio son llevadas en un recipiente al laboratorio en el que se encuentra el autoclave. Con ayuda del personal de laboratorio se ingresan en el autoclave. Al pasar el tiempo de esterilización se abre el autoclave (nuevamente con ayuda), los materiales son puestos en un recipiente y llevados al laboratorio para que se enfrien	Autoclave, materiales encintados, recipiente, guante de carnaza	Luego, se llevan los tubos, las mangueras y las botellas al autoclave por aproximadamente 1 hora. Para alistar el autoclave es necesario agregar agua destilada en la base de tal forma que esta llene por completo la bandeja, luego ubicamos dentro los materiales, en este caso las botellas, los tubos y las mangueras. Adicional se pone un trozo de cinta especial encima que mostrará una marca que nos indica que se realizó el proceso y se cierra muy bien la puerta, se ajusta el temporizador en 15 y se marca en la opción de líquidos	NOTA: Las tapas plasticas no deben ser llevadas al autoclave debido a que se deforman y no sellarán bien la botella
12	Reflexiones y aportes para la enseñanza de la biorremediación	N/A	N/A	N/A	Corre la voz en off mientras pasan las diapositivas	Diapositiva	<p>1. Control de variables y simulación de entornos contaminados</p> <ul style="list-style-type: none"> •La preparación de soluciones stock y medios de cultivo permite replicar con precisión diferentes concentraciones de nutrientes y contaminantes, simulando escenarios ambientales como aguas residuales o suetos eutrofizados. Esto facilita el estudio de la respuesta de las microalgas a diversos entornos, ayudando a comprender cómo metabolizan nutrientes y eliminan tóxicos. Además, también puede llevar a reflexionar sobre cómo las actividades humanas generan concentraciones de contaminantes que las microalgas pueden mitigar, pero que podrían haberse prevenido. •Así mismo, estas prácticas resaltan la importancia de ajustar y controlar variables clave, como nitratos, fosfatos y metales pesados, para optimizar procesos de biorremediación en situaciones reales. <p>2. Optimización del balance de nutrientes</p> <ul style="list-style-type: none"> •Diseñar medios de cultivo adecuados implica mantener proporciones balanceadas de nutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo, carbono y oligoelementos), evitando limitaciones de crecimiento o acumulaciones perjudiciales. Esto implica conocer los nutrientes esenciales que necesitan las microalgas y refleja los principios de la biorremediación, donde las microalgas metabolizan los contaminantes como fuente de nutrientes y los transforman en otros compuestos reduciendo el impacto ambiental 	Imágenes y / o video relacionados con lo mencionado en la voz en off
13	Cierre	N/A	N/A	N/A	Corre la voz en off mientras pasan las diapositivas	Diapositiva	Recuerda que, este video hace parte de una secuencia de 6 videos en el que se realizan diferentes procesos relacionados con la enseñanza de la biorremediación a partir de un diseño experimental con microalgas. Muchas gracias	"Gracias" logos UPN, Cascada, I.E.E.

C. Anexo: Escaleta 3. Encapsulamiento de microalgas

ESCALETA 3. ENCAPSULAMIENTO DE MICROALGAS							
SECUENCIA	TEMÁTICA	LUGAR	ÁNGULO (Posición de la cámara)	PLANO (cerca de la toma)	DESCRIPCIÓN	MATERIALES	FOTOGRAFÍAS Y NOTAS puntuales y detalladas. Notas (consejos, fórmulas, ideas)
1		N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 1 mientras corre la voz en off	Diapositiva	Diapositiva 1. Texto de la imagen: Construcción de las soluciones STOCK. Elaborado por Laura Fernanda Rubiano Gil. (Incluir logo de la universidad, del semillero y de la línea de investigación)
2	Introducción	N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 2 mientras corre la voz en off	Diapositiva	Diapositiva 2. Texto de la imagen: Listado de las secuencia de videos : 1. Construcción de las soluciones Stock 2.Preparación del medio de cultivo BBM Botellas 3. Encapsulamiento de microalgas . 4. Cultivo y montaje de microalgas libres y encapsuladas 5. Toma de mediciones
3		N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 3 mientras corre la voz en off	Diapositiva Polígrafos de los siguientes materiales: Materiales no volumétricos - Agitador - 3 mecheros - Espátula - 1 encendedor o fósforos - 1 bolsa de hielo - 1 recipiente - Papel aluminio - Vinipel - 1 Beaker de 50 ml - 1 Beaker 100 ml - 1 Erlenmeyer de 1000 ml Materiales volumétricos - Jeringa de 1 ml - 1 pipeta de 1 ml - 1 probeta de 20 ml - Termómetro Equipos - Nevera - Gramera Reactivos - 2 ml de inóculo algal - 18 ml de Medio de cultivo BBM - 220 ml de Agua destilada - 0.66 g de cloruro de calcio	Diapositiva 3. ¿A qué refiere el encapsulamiento? Diapositiva 4 - 5 - 6. Inicio e imágenes de materiales. Materiales no volumétricos - Agitador - 3 mecheros - Espátula - 1 encendedor o fósforos - 1 bolsa de hielo - 1 recipiente - Papel aluminio - Vinipel - 1 Beaker de 50 ml - 1 Beaker 100 ml - 1 Erlenmeyer de 1000 ml Materiales volumétricos - Jeringa de 1 ml - 1 pipeta de 1 ml - 1 pipeta de 20 ml - Termómetro Equipos - Nevera - Gramera Reactivos - 2 ml de inóculo algal - 18 ml de Medio de cultivo BBM - 220 ml de Agua destilada - 0.66 g de cloruro de calcio
4	Elementos a tener en cuenta y Materiales	N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 4-5 y 6 mientras corre la voz en off	Materiales no volumétricos - Agitador - 3 mecheros - Espátula - 1 encendedor o fósforos - 1 bolsa de hielo - 1 recipiente - Papel aluminio - Vinipel - 1 Beaker de 50 ml - 1 Beaker 100 ml - 1 Erlenmeyer de 1000 ml Materiales volumétricos - Jeringa de 1 ml - 1 pipeta de 1 ml que no sea de insulina - 1 pipeta de 1 ml - 1 probeta de 20 ml - 1 Termómetro Equipos - Nevera - Gramera Reactivos - 2 ml de inóculo algal - 18 ml de Medio de cultivo BBM - 220 ml de Agua destilada	Diapositiva 3. ¿A qué refiere el encapsulamiento? Diapositiva 4 - 5 - 6. Inicio e imágenes de materiales. Materiales no volumétricos - Agitador - 3 mecheros - Espátula - 1 encendedor o fósforos - 1 bolsa de hielo - 1 recipiente - Papel aluminio - Vinipel - 1 Beaker de 50 ml - 1 Beaker 100 ml - 1 Erlenmeyer de 1000 ml Materiales volumétricos - Jeringa de 1 ml - 1 pipeta de 1 ml - 1 pipeta de 20 ml - Termómetro Equipos - Nevera - Gramera Reactivos - 2 ml de inóculo algal - 18 ml de Medio de cultivo BBM - 220 ml de Agua destilada - 0.66 g de cloruro de calcio
5	Preparación de espacio y materiales	Laboratorio (en donde se ubica la gramera)	Picado	Plano americano	En la mesa se encuentra una gramera, un pequeño trozo de papel aluminio, el tarro de alginato de sodio y una espátula. Se conecta la gramera, se retira la tapa encima de esta y luego se prende la gramera. Posteriormente, ubicar un pequeño trozo de papel aluminio sobre la gramera y oprimimos el botón de guardar el peso. Posteriormente, con una espátula se toma una pequeña porción del alginato y se pone sobre el aluminio hasta que marque los 0.8 qué es la cantidad necesaria para este caso	0.8 g de alginato de sodio, gramera, espátula, trozo de papel aluminio	Inicialmente, debemos alistar los reactivos, así, se miden 0.8 g de alginato de sodio en una gramera, para ello, es necesario primero verificar que este conectada, luego retirar la tapa y prender. Posteriormente, ubicar un pequeño trozo de papel aluminio sobre la gramera, nota? y oprimir el botón para que se guarde el peso. Posteriormente, con una espátula se toma una pequeña porción del alginato y se pone sobre el aluminio hasta que marque los 0.8 qué es la cantidad necesaria para este caso
6		Mesa de laboratorio	Normal	Medio largo	La mesa se divide en dos partes, una parte en la que se ubican todos los materiales y otra en la que este el espacio libre. Se toma una servilleta y alcohol. Se echa un poco de alcohol sobre el área de trabajo que esta libre y se pasa la servilleta para limpiarla. Allí, ubicar y encender 3 mecheros en forma de triángulo dejando un espacio en el centro para poder preparar las soluciones correspondientes.	Alcohol, servilleta, 3 mecheros, 1 encendedor.	Inicialmente, debemos preparar nuestro lugar de trabajo, para ello, podemos pasar una servilleta con un poco de alcohol sobre la mesa de trabajo. Posteriormente, es necesario verificar que todos los materiales estén muy limpios y, con el fin de establecer un ambiente estéril, ubicar 3 mecheros en forma de triángulo dejando un espacio en el centro para poder preparar las soluciones correspondientes.
7		Mesa de laboratorio	Normal	Medio	Dentro del triángulo de mecheros, Tomar el frasco con el BBM y la probeta de 20 ml, destapar la botella del BBM, y adicionar 18 ml en la probeta, en caso de excederse usar una pipeta pasteur. Luego, tapar nuevamente el BBM y sacar la botella del triángulo. Ubicar el beaker de 50ml dentro del triángulo y adicionarle los 18 ml de BBM y sacar la probeta del triángulo. Ubicar la botella del inóculo dentro del triángulo, tomar 2 ml con la pipeta de 1ml y adicionarlos	Beaker de 50ml, probeta de 20ml, botella con medio de cultivo BBM, papel aluminio, pipeta de 1 ml, pipeta pasteur, inóculo algal	Dentro de nuestro triángulo destapamos una de las botellas de BBM y adicionamos en la probeta de 20ml hasta completar 18ml, en dado caso es posible ayudarse con una pipeta para lograr la medición. Ahora, ponemos adentro el inóculo algal y lo agitamos muy bien antes de destaparlo para homogenizar la muestra, luego, con ayuda de la pipeta medimos 2ml y los adicionamos al beaker de 50ml y antes de sacar el beaker del triángulo lo tapamos con un trozo de papel aluminio
8	Preparado de soluciones (preparado algal)	Mesa de laboratorio	Normal	Medio	Dentro del triángulo de mecheros, ubicar un beaker de 100 ml, adicionar los 0.8g alginato de sodio y 20ml de agua destilada. Posteriormente, agitar con el agitador hasta lograr una mezcla homogénea usando el agitador para destruir los cumulos del polvillo	Beaker de 100ml, 0.8g alginato de sodio, 20ml de agua destilada, agitador	En un beaker de 100 ml adicionar los 0.8g alginato de sodio y 20ml de agua destilada, posteriormente, agitar muy bien la mezcla con el agitador y agitar muy bien la mezcla. Es importante que todo quede muy bien disuelto y no quede ningún rastro del polvillo del alginato logrando una mezcla totalmente homogénea.
9		Mesa de laboratorio	Normal	Medio corto y primer plano	Ubicar dentro del triángulo la solución del inóculo algal preparada anteriormente y adicionarlo suavemente al beaker de 100ml, luego agitar con el agitador suavemente por aproximadamente 30 segundos hasta lograr una mezcla homogénea. Después, tapar el beaker con un poco de papel aluminio y vinipel para fijarlo	Solución del inóculo algal, solución del alginato de sodio, papel aluminio, vinipel, nevera	Ya lista la mezcla, se adiciona la solución del inóculo algal previamente preparada al alginato y se agita suavemente hasta conseguir una mezcla uniforme. Es importante no agitar demasiado debido a que podríamos romper las membranas de las algas, seguido de esto tapamos el beaker con un poco de papel aluminio y vinipel y llevamos a la nevera por 24 horas con el fin de eliminar por completo las burbujas generadas.
10	Preparación de espacio y materiales	Mesa de laboratorio	Normal	Medio largo	La mesa se divide en dos partes, una parte en la que se ubican todos los materiales y otra en la que este el espacio libre. Se toma una servilleta y alcohol. Se echa un poco de alcohol sobre el área de trabajo que esta libre y se pasa la servilleta para limpiarla. Allí, ubicar y encender 3 mecheros en forma de triángulo dejando un espacio en el centro para poder preparar las soluciones correspondientes.	Alcohol, servilleta, 3 mecheros, 1 encendedor.	Tras el tiempo transcurrido, debemos volver al laboratorio para continuar el proceso, por ello debemos preparar nuestro lugar de trabajo nuevamente, limpiando el lugar de trabajo con alcohol y verificando que los instrumentos estén limpios. Además, ubicamos nuevamente los 3 mecheros en forma de triángulo.

11	Montaje de la cama de hielo	Mesa de laboratorio	Normal	Medio largo	Dentro del triángulo de mecheros, ubicar un Erlenmeyer de 1000 ml y se adicionan 200 ml de agua destilada y 0,66 g de cloruro de calcio. Luego se agita suavemente con el agitador.	Erlenmeyer de 1000 ml, 200 ml de agua destilada, 0,66 g de cloruro de calcio, gramera, agitador	Tomamos por otro lado un Erlenmeyer de 1000 ml y adicionamos 200 ml de agua destilada y 0,66 g de cloruro de calcio pesados previamente en la gramera. Agitamos suavemente, hasta que se mezcle completamente el cloruro en el agua, en esa solución caerán posteriormente las cápsulas de alginato.	N/A
12		Mesa de laboratorio	Normal	Medio largo	Se toma el recipiente mediano, pone un poco de hielo en la base del recipiente y luego se ubica el Erlenmeyer con la solución de cloruro. Luego, se ubica el termómetro al interior del Erlenmeyer y se espera a que el termómetro marque 4°C, cuando llegue a la temperatura ideal retiramos el termómetro y ubicamos 3 mecheros en forma de triángulo al rededor del recipiente	Recipiente mediano, termómetro, bolsa de hielo, 3 mecheros, encendedor	Por otro lado, preparamos la cama de hielo utilizando un recipiente mediano de plástico. En la base del recipiente colocamos una capa de hielo, sobre la cual ubicamos el matraz Erlenmeyer que contiene la solución de cloruro. Luego, insertamos un termómetro en el interior del Erlenmeyer y esperamos hasta que la solución alcance una temperatura de 4 °C. Una vez que se alcanza la temperatura deseada, retiramos el termómetro y colocamos tres mecheros alrededor del recipiente, distribuidos en forma de triángulo.	Nota. Generalmente el hielo viene empacado en una bolsa que lo compacta, así que es necesario usar algún elemento para triturarlo previo al procedimiento. Nota 2. En dado caso que se demore mucho en enfriar, es posible meter el Erlenmeyer en la nevera hasta conseguir la temperatura deseada.
13	Formación de las esferas	Mesa de laboratorio	Normal	Medio, medio corto y primer plano, plano detalle	Quando este lista la solución, ubicarse en una posición cómoda frente a la mesa en la que se encuentren los materiales, preferiblemente sentado. Se toma 1ml del preparado algal con una jeringa de 1 ml sin aguja. Se levanta por una esquina el papel que cubre el beaker del preparado algal y se introduce el pivote completamente en la solución, luego se jala el embolo muy lentamente con el fin de evitar que se generen nuevas burbujas hasta completar el mililitro. Posteriormente, ubicar la jeringa encima del Erlenmeyer y presionar el apoyo con el dedo pulgar o índice de una de las manos y sugetar con la otra mano el tambor de la jeringa. Presionar y dejar caer las capsulas suavemente e ir contando cuantas esferas caen por mililitro de la jeringa, esta debe ser con un promedio de entre 23 y 28 capsulas por ml de la jeringa. En este caso, de acuerdo con las cantidades empleadas se previen un aproximado de 750-800 esferas. Al finalizar, sellar el Erlenmeyer con papel aluminio y vinipel y llevar a la nevera por 24 horas con el fin de que se fortalezcan las membranas de las esferas	Preparado algal, 1 jeringa de 1ml sin aguja, cama de hielo, vinipel, papel aluminio, nevera	Quando este lista la solución, ubicarse en una posición cómoda frente a la mesa en la que se encuentren los materiales, preferiblemente sentado. Se toma 1ml del preparado algal con una jeringa de 1 ml sin aguja. Se levanta por una esquina el papel que cubre el beaker del preparado algal y se introduce el pivote completamente en la solución, luego se jala el embolo muy lentamente con el fin de evitar que se generen nuevas burbujas hasta completar el mililitro. Posteriormente, ubicar la jeringa encima del Erlenmeyer y presionar el apoyo con el dedo pulgar o índice de una de las manos y sugetar con la otra mano el tambor de la jeringa. Presionar y dejar caer las capsulas suavemente e ir contando cuantas esferas caen por mililitro de la jeringa, esta debe ser con un promedio de entre 23 y 28 capsulas por ml de la jeringa. En este caso, de acuerdo con las cantidades empleadas se previen un aproximado de 750-800 esferas. Al finalizar, sellar el Erlenmeyer con papel aluminio y vinipel y llevar a la nevera por 24 horas con el fin de que se fortalezcan las membranas de las esferas	Imagen de las partes de una jeringa. Nota. <u>En dado caso que no se absorba adecuadamente el líquido, sacar la jeringa y usar el líquido absorbido sin importar que se complete el mililitro.</u> Nota. No esperar mucho para dejar caer la gota para evitar que caiga muy larga. Nota. Cuando la gota se va con burbuja de aire se solidifica si y queda con flotador
14	Reflexiones y aportes para la enseñanza de la biorremediación	N/A	N/A	N/A	Corre la voz en off mientras pasan las diapositivas	Diapositiva	1. Simplificación del monitoreo y análisis El encapsulamiento facilita el monitoreo del crecimiento de las microalgas y su eficiencia en la remoción de contaminantes, lo que simplifica la comprensión de las variables que afectan el proceso de biorremediación. 2. Visualización clara del proceso de biorremediación Las microalgas encapsuladas permiten observar de manera directa y tangible los cambios en el entorno, como la reducción de contaminantes o el crecimiento de las microalgas. Esto ayuda a los estudiantes a conectar conceptos teóricos con fenómenos visibles. 3. Pensamiento interdisciplinario La técnica de encapsulación combina conocimientos de biología, química y física (por ejemplo, propiedades de los polímeros encapsulantes y metabolismo de las microalgas). Esto fomenta un enfoque integral hacia la resolución de problemas ambientales. Promueve la discusión sobre el uso responsable de las microalgas en contextos de biorremediación y cómo estas tecnologías pueden complementar estrategias preventivas de contaminación.	N/A
12	Cierre	N/A	N/A	N/A	Corre la voz en off mientras pasan las diapositivas	Diapositiva	Recuerdo que, este video hace parte de una secuencia de 6 videos en el que se realizan diferentes procesos relacionados con la enseñanza de la biorremediación a partir de un diseño experimental con microalgas. Muchas gracias	"Gracias" logos UPN, Cascada, I.E.E.

D. Anexo: Escaleta 4. Montaje del cultivo de microalgas libres y encapsuladas.

4. CULTIVO Y MONTALE DE MICROALGAS LIBRES Y ENCAPSULADAS								
SECUENCIA	TEMÁTICA	LUGAR	ÁNGULO (Posición de la cámara)	PLANO (cercanía de la toma)	DESCRIPCIÓN	MATERIALES	VOZ EN OFF	FOTOGRAFÍAS Y NOTAS puntuales y detalladas. Notas (consejos, fórmulas, ideas)
1		N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 1 mientras corre la voz en off	Diapositiva	¡Hola! Mi nombre es Laura Fernanda Rubiano, hago parte de la línea de investigación La Ecología en la Educación Colombiana (L.E.E) del grupo de investigación CASCADA de la Universidad Pedagógica Nacional	Diapositiva 1. Texto de la imagen: Construcción de las soluciones STOCK. Elaborado por Laura Fernanda Rubiano Gil. (Incluir logo de la universidad, del semillero y de la línea de investigación)
2		N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 2 mientras corre la voz en off	Diapositiva	Este video hace parte de una secuencia de 6 videos en el que se realizan diferentes procesos relacionados con la enseñanza de la biorremediación a partir de un diseño experimental con microalgas	Diapositiva 2. Texto de la imagen: Listado de las secuencia de videos : 1. Construcción de las soluciones Stock 2.Preparación del medio de cultivo BBM Botellas 3. Encapsulamiento de microalgas. 4. Cultivo y montaje de microalgas libres y encapsuladas 5. Toma de mediciones
3	Introducción	N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 3 mientras corre la voz en off	Diapositiva	<p>En este cuarto video, realizaremos el cultivo y montaje de microalgas libres y encapsuladas. Los cultivos de microalgas son sistemas diseñados para cultivar microorganismos fotosintéticos, como las microalgas, que son organismos unicelulares capaces de realizar fotosíntesis. Estas se utilizan en diversas aplicaciones industriales, biotecnológicas y ambientales debido a su capacidad para crecer rápidamente y producir compuestos. Durante el cultivo, se busca establecer condiciones óptimas para el crecimiento de las microalgas. En este caso teniendo en cuenta principalmente factores como.</p> <p>Luz:</p> <p>Fuente esencial de energía para la fotosíntesis. Puede ser luz solar o artificial. La intensidad y duración deben optimizarse según la especie cultivada.</p> <p>Dióxido de carbono (CO₂):</p> <p>Nutrientes:</p> <p>Fuentes de nitrógeno, fósforo y otros micronutrientes son esenciales para el crecimiento.</p> <p>Agitación:</p> <p>Evita la sedimentación y asegura la distribución homogénea de nutrientes, luz y CO₂.</p>	
4	Elementos a tener en cuenta y materiales	N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 4-5 y 6 mientras corre la voz en off	<p>Fotografías de Materiales no volumétricos</p> <p>-3 mecheros</p> <p>-1 encendedor</p> <p>-1 instrumento con punta en forma de embudo</p> <p>-Vinipel</p> <p>-Papel aluminio</p> <p>-1 agitador</p> <p>4 metros de manguera previamente esterilizados</p> <p>-4 tubos de vidrio previamente esterilizados - 4 tapas con un agujero en el centro del tamaño de los 4 tubos</p> <p>Materiales volumétricos</p> <p>-1 pipeta de 10 ml</p> <p>Equipos</p> <p>-1 aireador</p> <p>-1 temporizador</p> <p>Reactivos</p> <p>-Inóculo algal</p> <p>-Cápsulas con microalgas</p> <p>-4 botellas con BBM</p>	<p>Los materiales necesarios para el proceso son:</p> <p>Materiales no volumétricos</p> <p>-3 mecheros</p> <p>-1 encendedor</p> <p>-1 instrumento con punta en forma de embudo</p> <p>-Vinipel</p> <p>-Papel aluminio</p> <p>-1 agitador</p> <p>4 metros de manguera previamente esterilizados</p> <p>-4 tubos de vidrio previamente esterilizados - 4 tapas con un agujero en el centro del tamaño de los 4 tubos</p> <p>Materiales volumétricos</p> <p>-1 pipeta de 10 ml</p> <p>Equipos</p> <p>-1 aireador</p> <p>-1 temporizador</p> <p>Reactivos</p> <p>-Inóculo algal</p> <p>-Cápsulas con microalgas</p> <p>-4 botellas con BBM</p>	<p>*Diapositiva 5-6 listado e imágenes de materiales: Materiales no volumétricos</p> <p>-3 mecheros</p> <p>-1 encendedor</p> <p>-1 instrumento con punta en forma de embudo</p> <p>-Vinipel</p> <p>-Papel aluminio</p> <p>-1 agitador</p> <p>4 metros de manguera previamente esterilizados</p> <p>-4 tubos de vidrio previamente esterilizados - 4 tapas con un agujero en el centro del tamaño de los 4 tubos</p> <p>Materiales volumétricos</p> <p>-1 pipeta de 10 ml</p> <p>Equipos</p> <p>-1 aireador</p> <p>-1 temporizador</p> <p>Reactivos</p> <p>-Inóculo algal</p> <p>-Cápsulas con microalgas</p> <p>-4 botellas con BBM</p>
5	Preparación de espacio y materiales	Mesa de laboratorio	Normal	Medio	Tomar uno de los tubos y una de las mangueras, insertar la punta de la manguera en la punta del tubo. Calentar con el encendedor la punta de la manguera un poco antes de insertarla en el tubo. Luego insertar el otro extremo del tubo en una de las tapas.	Mangueras y tubos previamente esterilizados, tapas con un agujero en el centro	Inicialmente, con el fin de preparar los materiales, debemos insertar en la punta de cada uno de los tubos, la punta de cada una de las mangueras, en dado caso de que se dificulte, es necesario calentar un poco la manguera para que esta quede más flexible y pueda entrar en el tubo. Posteriormente insertar cada uno de los 4 tubos en cada una de las 4 tapas.	N/A
6		Mesa de laboratorio	Picado	Americano	Aplicar un poco de alcohol en el área de trabajo y limpiar con una servilleta. Luego tomar los 3 mecheros y acomodarlos en el espacio de trabajo en forma de triángulo dejando un espacio en el área del centro. Tomar el encendedor y encender los 3 mecheros	3 mecheros, 1 servilleta, 1 encendedor, alcohol	Debemos inicialmente, Limpiar con alcohol el área de trabajo. Encender 3 mecheros y ubicarlos en forma de triángulo, esto para crear un ambiente estéril y evitar la contaminación de las muestras.	N/A
7	Inóculo Microalgas libres	Mesa de laboratorio	Normal	Medio corto	Dentro del triángulo de mecheros, ubicar la muestra del inóculo y el BBM y destaparlos. Tomar una pipeta de 10 ml, insertarla en el inóculo y tomar 10 ml de este, luego adicionarlos en la botella con el BBM. Tapar la botella del inóculo y sacarla del triángulo. Ubicar una de las tapas a las que se les ha insertado el tubo dentro del triángulo y usarla para sellar la botella del BBM, luego, timar la aguja e insertarla en la misma tapa a un lado del orificio del tubo.	1 pipeta de 10 ml, inóculo algal, tapas con tubo y manguera, botellas con BBM, aguja de una jeringa	<p>En este caso, comenzaremos con el montaje de microalgas libres. Para ello, dentro del triángulo de tres mecheros, se debe ubicar la muestra del inóculo y proceder a destaparla. Con una pipeta de 10 ml, se extraen 10 ml del inóculo y se agregan a la botella que contiene el medio BBM.</p> <p>A continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. se tapa la botella del inóculo y retira del triángulo. 2. SE toma la botella a con el medio de cultivo y se sella con una de las tapas en las que se ha insertado previamente el tubo. 3. Se inserta la aguja de la jeringa en la misma tapa, junto al orificio del tubo. <p>Si se requiere inocular más medios de cultivo, este procedimiento debe repetirse con cada botella de BBM, asegurándose de mantener el inóculo dentro del triángulo y solo retirarlo una vez haya finalizado todo el proceso.</p>	Nota. La aguja de la geringa no se debe insertar en el mismo orificio en el que va el tubo, es necesario abrir un nuevo orificio. Es importante revisar la tapa en dado caso de que ya se le haya abierto un hueco para no abrir otro nuevamente.

8	Microalgas encapsuladas	Mesa de laboratorio	Normal y contrapicado	Medio corto y primer plano	Ubicamos dentro del triángulo de mecheros el Erlenmeyer con las cápsulas de alginato previamente realizadas y una de las botellas con el medio de cultivo, ahora, tomamos el instrumento con la punta en forma de embudo y se pasapor el mechero con el fin de esterilizarlo, posteriormente, destapar los recipientes e incertar el instrumento dentro del Erlenmeyer con las esferas, atrapar las esferas con el instrumento y pasarlas al medio de cultivo.. Al finalizar, tapar nuevamente las botellas y sacar todo del triángulo.	Erlenmeyer con las cápsulas de alginato, l instrumento con la punta en forma de embudo, botellas de BBM	<p>Primero, colocamos los mecheros en forma de triángulo y procedemos a encenderlos. Dentro de este triángulo ubicamos el mitraz Erlenmeyer con las cápsulas de alginato previamente elaboradas, junto con una de las botellas que contiene el medio de cultivo. A continuación, tomamos el instrumento con punta en forma de embudo, destapamos los recipientes y esterilizamos el instrumento pasándolo por la llama del mechero.</p> <p>Una vez esterilizado, introducimos el instrumento en el Erlenmeyer para atrapar las esferas de alginato y transferirlas al medio de cultivo. Es importante ir contando las esferas que se recogen, asegurándonos de no exceder un máximo de 250 esferas por botella, respetando la relación recomendada de 1 esfera por 1 ml de medio.</p> <p>Al terminar, retiramos el Erlenmeyer del triángulo de mecheros y cerramos la botella de BBM con la tapa a la que previamente le hemos insertado el tubo con la manguera y la aguja para garantizar una correcta aireación. Este proceso se repite con una o dos botellas más de BBM, dependiendo de la cantidad de esferas obtenidas durante el encapsamiento.</p>	N/A
9		Repisa de laboratorio	Normal	Medio largo	Ubicar las botellas en el espacio en la repisa. Conectar una bombilla muy cerca al montaje y conectarla a un temporizador. Luego, conectar el extremo de cada una de las mangueras a un aerador y conectarlo a la toma corriente	Repisa, bombillo, temporizador, aireador, botellas con cultivo previamente selladas	Ya con los medios de cultivo listos, se procede a realizar el montaje en el cual van a quedar las botellas de acuerdo con el tiempo que se determine en la investigación. Para ello, debemos conectar el extremo de cada una de las mangueras a un aerador, Para graduarlo, debemos tener en cuenta que la cantidad de aire que pasa es diferente en las microalgas encapsuladas y las libres. En el caso de las libres, debe verse bastante movimiento dentro de la botella, lo que implica bastante entrada de aire; mientras que en el caso de las encapsuladas la entrada de aire debe ser baja, debido a que es importante que las cápsulas no choquen constantemente entre sí ya que podrían verse afectadas.	N/A
10	Montaje	Mesa de laboratorio	Normal	Primer plano	Graduar cada una de las entradas de aire de las mangueras teniendo en cuenta que en las microalgas libres la aireación debe ser mayor que en las microalgas encapsuladas	N/A	<p>Así mismo, debemos ubicar el espacio en el que vamos a dejar las botellas teniendo en cuenta la luz a las que van a ser expuestas, ya sea natural o artificial. El caso de la luz artificial, si el montaje no se encuentra en un espacio en el que la luz de la habitación este encendida el tiempo que requiera el experimento, es posible conectar una bombilla muy cerca al montaje y conectarla a un temporizador digital, en este caso que permita garantizar 12 horas de luz y 12 de oscuridad como sucedería aproximadamente con la luz natural.</p> <p>4. Optimización de recursos y control de variables</p> <ul style="list-style-type: none"> El diseño y montaje de un cultivo de microalgas permite explorar cómo estas crecen en ambientes con recursos limitados y bajo diversas condiciones, destacando la importancia del uso eficiente de nutrientes. Además, controlar variables y concentración de nutrientes es esencial para optimizar su capacidad de remoción de contaminantes. Por otro lado, permite enseñar a los estudiantes a gestionar y ajustar variables experimentales de manera rigurosa para maximizar el crecimiento de microalgas y su eficiencia en la biorremediación, fomentando habilidades en diseño experimental. <p>2. Conexión entre teoría, práctica y escalabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> Preparar medios de cultivo combina conceptos teóricos de química, biología y física con aplicaciones prácticas, como el tratamiento de aguas residuales. Este proceso es una representación a pequeña escala de sistemas industriales de biorremediación, lo que permite comprender su escalabilidad y utilidad en la mitigación de problemas ambientales. De esta forma, es posible relacionar el cultivo con escenarios reales, como el tratamiento de aguas eutrofizadas, y fomentar reflexiones críticas sobre el impacto humano en el medio ambiente, promoviendo soluciones sostenibles. Así mismo, los estudiantes pueden observar cómo las microalgas metabolizan nutrientes y transforman contaminantes en biomasa útil. <p>3. Simulación de condiciones reales y visualización del impacto ambiental.</p> <p>Los cultivos pueden configurarse para replicar diferentes niveles de contaminación, como los presentes en aguas residuales domésticas o industriales, lo que permite observar la respuesta de las microalgas en diversos escenarios. Esto también ilustra de manera tangible el potencial de la biorremediación, mostrando cómo las microalgas transforman nutrientes. Esta</p>	<p>Nota. El ciclo completo de las microalgas concluye a los 20 días. Si ver este ciclo es el objetivo, las botellas estarán en el lugar del montaje por ese tiempo. Es importante que sea un lugar en el que no corran un alto riesgo de caerse. Nota 2. El sitio en el que se ubiquen las botellas debe estar preferiblemente cercano a una toma corriente para poder conectar el aireador. Nota. Enlace https://www.youtube.com/watch?v=iQRjnpzcmYk&t=4s que referencia a un video explicativo del manejo del temporizador digital de la CIA. Nota. Pasado el tiempo del montaje, el contenido de las botellas se puede reunir en un solo recipiente, tapar muy bien y almacenar, de esta fórmula se podrá tener inóculo para próximos montajes.</p>
11	Reflexiones y aportes para la enseñanza de la biorremediación	N/A	N/A	N/A	Corre la voz en off mientras pasan las diapositivas	Diapositiva		N/A
12	Cierre	N/A	N/A	N/A	Corre la voz en off mientras pasan las diapositivas	Diapositiva	Recuerda que, este video hace parte de una secuencia de 6 videos en el que se realizan diferentes procesos relacionados con la enseñanza de la biorremediación a partir de un diseño experimental con microalgas. Muchas gracias	"Gracias" logos UPN, Cascada, I.E.E.

E. Anexo: Escaleta 5. Mediciones y sistematización.

ESCALETA 5. MEDICIÓN DE CRECIMIENTO POBLACIONAL CON CÁMARA DE NEUBAUER						
SECUE NCIA	TEMÁTICA	LUGAR	ÁNGULO (Posición de la cámara)	PLANO (cerca de la toma)	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍAS Y NOTAS puntuales y detalladas. Notas (conceptos, fórmulas, ideas)
1		N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 1 mientras corre la voz en off	Diapositiva [Hola! Mi nombre es Laura Fernanda Rubiano, hago parte de la línea de investigación La Ecología en la Educación Colombiana (L.E.E) del grupo de investigación CASCADA de la Universidad Pedagógica Nacional
2	Introducción	N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 2 mientras corre la voz en off	Diapositiva Este video hace parte de una secuencia de 6 videos en el que se realizan diferentes procesos relacionados con la enseñanza de la bioremediación a partir de un diseño experimental con microalgas
3		N/A	N/A	N/A	Se presenta la diapositiva 3 mientras corre la voz en off	Diapositiva En este video final, tomaremos las mediciones correspondientes al medio de cultivo de acuerdo con los objetivos de la presente investigación, para ello se realizará una medición de crecimiento poblacional y luego se presentará la forma en la que se sistematizan y analizan los datos obtenidos.
4	Elementos a tener en cuenta y materiales				Materiales: Volumétricos: -1 probeta de 100ml -1 pipeta pasteur -1 pipeta de 1 ml No volumétricos -1 frasco con tapa de más de 100 ml -3 mecheros -1 encendedor -Cámara de Neubauer -Eppendorf -Láminas y laminillas -Toallas de cocina -Instrumento con punta en forma de embudo Equipos -Microscopio -Gramera -Nevera -Reactivos -Bicarbonato de sodio -Alcohol -Botellas con cultivos de microalgas libres y encapsuladas	Los Materiales a emplear son: Volumétricos: -1 probeta de 100ml -1 pipeta pasteur -1 pipeta de 1 ml No volumétricos -1 frasco con tapa de más de 100 ml -3 mecheros -1 encendedor -Cámara de Neubauer -Eppendorf -Láminas y laminillas -Toallas de cocina -Instrumento con punta en forma de embudo Equipos -Microscopio -Gramera -Nevera -Reactivos -Bicarbonato de sodio -Alcohol -Botellas con cultivos de microalgas libres y encapsuladas
5	Preparación de espacio y materiales	Laboratorio	Picado	Plano medio corto	Se toma el frasco de bicarbonato de sodio, se enciende la gramera y se pone un pedazo de papel aluminio encima, luego se pesan 4 gramos y se echan al frasco, luego, se adicionan al frasco 100ml de agua destilada previamente medida en una probeta de 100ml	Inicialmente, debemos preparar una solución de bicarbonato de sodio al 4%. En este caso se van a preparar 100ml de la solución, por lo que debemos pesar en la gramera 4 gramos de bicarbonato y adicionarle los 100 ml de agua destilada.
6		Mesa de laboratorio	Picado	Americano	limpiamos con alcohol y una toallita la zona de trabajo, luego, se desconecta la manguera del aereador 1 botella y la llevamos a nuestra área de trabajo. Allí posteriormente, ubicamos 3 mecheros formando un triángulo y los encendemos con el encendedor. Dentro de este ubicamos a botella de la cual vamos a sacar la muestra	Para iniciar, debemos primero verificar que nuestra área de trabajo este limpia, para ello, podemos pasar una toallita con un poco de alcohol. Para la toma de muestras de microalgas encapsuladas debemos partir desconectando la manguera que va del aereador a las botellas de las cuales deseamos tomar las muestras y las llevamos a nuestra área de trabajo. Posteriormente, ubicamos 3 mecheros formando un triángulo y los encendemos con el encendedor con el fin de formar un ambiente estéril. Dentro de este ubicamos la botella de la cual vamos a sacar la muestra.
7	Muestra de microalgas encapsuladas	Mesa de laboratorio	Normal	Medio largo	Ubicamos en el centro del triángulo la botella con las microalgas encapsuladas y ubicamos el instrumento con punta en forma de embudo y le acercamos la punta al mechero para esterilizarlo, luego, mientras se enfría un poco el instrumento, retiramos cuidadosamente la tapa de la botella y la dejamos a un lado de la botella sin sacarla del triángulo <i>¿no pasa nada que la tapa se abra si presio?</i> Posteriormente introducimos el instrumento en la botella y atrapamos dos esferas para luego introducir las en un Eppendorf. Luego, tapamos nuevamente la botella y la sacamos del triángulo. Para finalizar, con una pipeta de 1ml tomamos 1ml de la solución de bicarbonato y la adicionamos al Eppendorf con las muestras de las esferas.	Ahora, ubicamos el instrumento con punta en forma de embudo y acercamos la punta al mechero para esterilizarlo, después de que este se enfríe un poco, introducimos el instrumento en la botella y atrapamos dos esferas para luego introducir las en un Eppendorf. Luego, tapamos nuevamente la botella y la sacamos del triángulo. Para finalizar, con una pipeta de 1ml tomamos 1ml de la solución de bicarbonato y la adicionamos al Eppendorf con las muestras de las esferas. Debemos esperar 12 horas para que las cápsulas se deshagan totalmente. En el caso de las microalgas libres, la muestra se puede tomar directamente con una pipeta y usarla de inmediato, es necesario recordar que la botella debe ser igualmente abierta dentro del triángulo de mecheros para evitar que la muestra se contamine.
8		Mesa de laboratorio	Normal	Primer plano	Agitar el Eppendorf antes de destaparlos verificando que las esferas estén completamente disueltas, luego, destaparlos y con una pipeta pasteur tomar una pequeña muestra	Transcurrido el tiempo, se agita el Eppendorf antes de destaparlos y se verifica que las esferas estén completamente disueltas, luego, con una pipeta pasteur se toma una pequeña muestra
9	Muestra de microalgas libres	Mesa de laboratorio	Normal	Medio corto	Poner la botella con microalgas en cultivo libres dentro del triángulo, luego, agitar la botella con el fin de homogeneizar la muestra, luego destapamos la botella y le damos un poco la botella para tomar una pequeña muestra con una pipeta pasteur. Al finalizar, tapamos nuevamente la botella. Se saca la botella del triángulo y se apagan los mecheros	En el caso de las microalgas en cultivo libres, inicialmente debemos agitar muy bien la botella con el fin de homogeneizar la muestra, luego destapamos la botella y le damos un poco la botella para tomar una pequeña muestra con una pipeta pasteur. Al finalizar, tapamos nuevamente la botella. Es relevante mencionar que al estar las microalgas libres, no es necesario esperar para observar la muestra, sino que ya esta lista para ser observada en el microscopio.

