

**El Arte Agar con medios caseros como estrategia para el desarrollo de
competencias científicas en dos poblaciones de estudiantes de grado 10° del Colegio
Cafam**

Laura Camila Baracaldo Rodríguez

2021110010

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad De Ciencia Y Tecnología

Departamento De Biología

Línea De Investigación Biodiversidad, Biotecnología Y Conservación

Bogotá D.C.

2025-1

Agradecimientos

A mis padres por su apoyo continuo e incondicional durante esta etapa de mi vida, que me inspira a crecer y continuar aprendiendo.

A mi hermano, por su compañía y apoyo.

A mi abuelo, siempre pendiente de mi y de mi hermano.

A la profesora Silvia, por su paciencia y orientación durante la realización de este trabajo.

Tabla de contenido

Introducción.....	6
1. Planteamiento del problema.....	7
2. Objetivos.....	8
2.1. General.....	8
2.2. Específicos.....	8
3. Justificación.....	8
4. Antecedentes.....	9
4.1. Arte agar en la educación.....	10
4.2. Competencias y habilidades científicas en prácticas de laboratorio y/o actividades prácticas.....	13
4.3. Estrategias de enseñanza de la microbiología.....	17
5. Marco teórico.....	21
5.1. Generalidades de los microorganismos.....	21
5.2. Arte agar.....	23
5.3. Competencias científicas.....	26
5.4. Medios de cultivo para el crecimiento microbiano.....	28
6. Metodología.....	30
6.1. Técnicas de recolección de datos.....	31
6.2. Contextualización del colegio Cafam y la población de estudio.....	31
6.3. Diseño metodológico.....	33
7. Resultados y Análisis.....	35
7.1. Contextualización.....	35
7.2. Estandarización de medios caseros.....	37
7.3. Diseño e implementación de la propuesta educativa.....	44
8. Conclusiones.....	59
9. Recomendaciones.....	60
Bibliografía.....	61
Anexos.....	65

Lista de figuras

Figura 1. Impactos de los microorganismos.....	21
Figura 2. Diversidad de colonias bacterianas en medios de cultivo.....	22
Figura 3. Diversidad de microhongos en medios de cultivo.....	23
Figura 4. Algunas obras del concurso ASM Agar Art 2024.....	24
Figura 5. “Germ paintings” de Alexander Fleming.....	24
Figura 6. Fases metodológicas para la realización del proyecto.....	33
Figura 7. Resultados de los medios de cultivo e inoculación realizados en casa por estudiantes del Grupo 1.....	50
Figura 8. Resultados de los medios de cultivo e inoculación realizados en el laboratorio por estudiantes del Grupo 2.....	51
Figura 9. Estudiantes de Grupo 1 y Grupo 2 realizando arte agar.....	54

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación de competencias científicas por dimensiones según Cañal (2012).....	27
Tabla 2. Resultado de la estandarización de medios caseros con microorganismos de diferente procedencia.....	37
Tabla 3. Fotografías de microhongos que crecieron en los medios caseros.....	38
Tabla 4. Resultado de tratamientos de medios para bacterias con variación de glicerina y azúcar.....	40
Tabla 5. Fotografías resultado de medios para bacterias con variación de glicerina y azúcar.....	41
Tabla 6. Resultados de medios de cultivo con diferentes fuentes de nutrientes para bacterias.....	42
Tabla 7. Fotografías de resultados de medios de cultivo con diferentes fuentes de nutrientes para bacterias.....	43
Tabla 8. Actividades realizadas con estudiantes de la profundización de microbiología.....	44
Tabla 9. Dibujos de microorganismos realizados por algunos estudiantes.....	46
Tabla 10. Resultados de arte agar en medios caseros realizados por estudiantes de Grupo 1 y Grupo 2.....	55
Tabla 11. Mapas metales realizados en grupo por estudiantes del Grupo 1 y 2.....	58

Lista de anexos

Anexo 1. Medios de cultivos caseros para bacterias y microhongos con diferentes tratamientos que incluye composición, preparación, autor y año.....	65
---	----

Introducción

La enseñanza de la microbiología enfrenta múltiples desafíos, como la invisibilidad de los microorganismos al ojo humano, las concepciones erróneas transmitidas por medios de comunicación y redes sociales, y metodología tradicional centrada en la memorización. Estos factores suelen provocar desinterés en los estudiantes, quienes muchas veces perciben a los microorganismos únicamente como agentes patógenos, desconociendo su diversidad, funciones ecológicas y aplicaciones en múltiples ámbitos como la salud, la industria y el medio ambiente.

Es por lo anterior que se hace necesario innovar en las estrategias didácticas que permitan una comprensión más amplia y significativa de estos organismos. Como el Arte agar el cual surge como una propuesta interdisciplinaria que integra microbiología y arte, permitiendo la observación, la creatividad, expresar las emociones e ideas, el aprendizaje y la experimentación. Este tradicionalmente, es realizado con medios de cultivo comerciales sin embargo puede ser adaptado a medios caseros accesibles y de bajo costo, lo que amplía su aplicabilidad en contextos educativos diversos, incluyendo aquellos con recursos limitados.

Por lo tanto, en el presente trabajo de investigación se propone diseñar una estrategia basada en el arte agar utilizando medios caseros, con el objetivo de fomentar el desarrollo de competencias científicas en estudiantes de grado décimo del Colegio Cafam a través de actividades prácticas y creativas, en las que también se busca promover la apropiación de conceptos microbiológicos. Para ello se empleó el paradigma hermenéutico interpretativo junto con el enfoque cualitativo en 4 fases: la primera, la contextualización en la que se hace una revisión documental en torno a las competencias científicas, las actividades prácticas, el arte agar y los medios de cultivo así como documentos institucionales que aportaron a la construcción de los objetivos, la problemática, justificación, antecedentes, marco teórico y metodología, la segunda, la estandarización de medios caseros para el crecimiento de bacterias y microhongos y realizar arte agar, la tercera, el diseño e implementación de la propuesta educativa en la que se formulan actividades y guías de laboratorio para el desarrollo de competencias

científicas desde el arte agar, y en la cuarta se presentan los resultados con sus análisis, las conclusiones, recomendaciones y anexos.

1. Planteamiento del problema

Los microorganismos son de gran importancia para la vida, con gran impacto en los ecosistemas como en los ciclos biogeoquímicos, reciclado de nutrientes, degradación de la materia orgánica, sin mencionar las utilidades particulares en distintos campos como salud, agricultura, farmacología, procesos industriales, entre otros (Madigan, et al, 2015). Sin embargo, en los lineamientos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2004) los microorganismos y su enseñanza parece estar solo en la caracterización taxonómica de este grupo y sus aplicaciones en la industria alimentaria; mientras que en otras propuestas se abordan también los microorganismos patógenos, dando una visión unidimensional y negativa de estos (Sierra, 2018).

Para enseñar esta temática en el aula, existen varias dificultades primero por su pequeño tamaño que los hace invisibles al ojo humano y como menciona Sierra (2018) “al ser microscópicos los microorganismos, posiblemente los estudiantes generan representaciones y concepciones parciales sobre éstos, siendo un problema, pues ellos suelen incluir elementos antropomórficos y antropocéntricos en sus representaciones” (p 19); segundo, los medios de comunicación y de las redes sociales influyen en las concepciones sobre estos, en la que se les difunden solo su potencial patógeno que hace que las concepciones sobre las bacterias y microhongos sean negativas ahondando al desinterés por su aprendizaje (Califano, 2015). Y, por último, tradicionalmente se enseña de manera magistral y memorística, contribuyendo a la poca disposición de los estudiantes hacia la comprensión de estos organismos (Vargas, 2023).

Una de las maneras que tiene el colegio Cafam para que los estudiantes puedan profundizar con respecto a estos seres vivos los cuales tienen implicaciones e impactos en muchos campos, es la asignatura del énfasis en microbiología en la cual se hacen actividades teórico-prácticas; sin embargo, no muchos llegan a esta de manera voluntaria. Por tanto, como maestros se hace necesario proponer nuevas alternativas que motive a los estudiantes para que de manera lúdica e interdisciplinar no solo

comprendan temáticas de microbiología como diversidad microbiana, hábitat, metabolismo, entre otras, sino el desarrollo de habilidades y/o competencias científicas mientras se estimula la experimentación de manera creativa, expresando emociones e ideas a través del dibujo sin asumirlos como buenos o malos a través del Arte agar (Chávez, 2024; Gloria, 2021).

Teniendo en cuenta lo expuesto en esta investigación se plantea la siguiente pregunta problema: ¿cómo a través del arte agar con medios de cultivo caseros se pueden desarrollar competencias científicas en dos grupos de estudiantes de 10° del Colegio Cafam?

2. Objetivos

2.1. General

Desarrollar una estrategia con medios de cultivo caseros donde se involucre el arte y la microbiología para desarrollar competencias científicas en dos grupos de estudiantes de 10° del Colegio Cafam.

2.2. Específicos

- Estandarizar medios de cultivo caseros que permitan el crecimiento de bacterias y microhongos.
- Diseñar diferentes actividades que permitan el desarrollo de competencias científicas.
- Evaluar las competencias científicas desarrolladas por dos poblaciones de estudiantes de 10° del Colegio Cafam al realizar Arte agar.

3. Justificación

Para la enseñanza de la microbiología, el maestro debe proponer estrategias para llevar a los estudiantes a comprender conceptos y procesos de los microorganismos, dado a su gran impacto e importancia en diferentes campos, y es por lo que en el énfasis de microbiología del colegio Cafam se profundiza sobre estos organismos; por ello es

necesario que en el aula se busquen alternativas que sean atractivas para los estudiantes, les motive y genere interés por aprender sobre estos seres vivos.

Una estrategia innovadora que puede utilizarse en el aula es el Arte agar dado que vincula la microbiología y el arte de manera interdisciplinaria. Con ella, se puede enseñar diversas temáticas como diversidad, nutrición, metabolismo, crecimiento, entre otros, dado que estimula la creatividad y curiosidad a través de la experimentación favoreciendo la comprensión de conceptos y el desarrollo de habilidades y competencias (Cháves, 2024; Sulaiman, et al., 2023).

En la escuela es muy importante desarrollar competencias científicas en los estudiantes, debido a que es la capacidad de emplear el conocimiento científico en diferentes situaciones haciendo de este significativo y aplicable en la vida; posibilitando a los alumnos la oportunidad de ser curiosos, preguntar e interpretar y así como de aportar a la innovación creando soluciones y propuestas, plantear hipótesis, experimentar, comprobar, reflexionar y ser críticos sobre la aplicación de lo aprendido en su contexto (Cañal, 2012).

Tradicionalmente el arte agar se realiza con medios de casa comercial; sin embargo, se hace necesario que actividades tan significativas e innovadoras como el arte agar no se limiten por los medios disponibles; por ello se proponen medios de cultivo caseros para los cuales su preparación requiere insumos de fácil acceso y de bajo costo tanto para el maestro como los estudiantes. Además, al utilizarlos se puede trabajar en diversos contextos educativos que tengan pocos recursos.

4. Antecedentes

En este apartado se presenta la revisión documental a nivel internacional, nacional y local en relación con 3 ejes estructurantes: el Arte agar en la educación, desarrollo de competencias científicas mediante actividades prácticas, y estrategias de enseñanza de la microbiología; los cuales aportan a la construcción de esta propuesta.

4.1. Arte agar en la educación

Chavés, (2024) en su trabajo de grado titulado *“Enseñanza sobre nutrición, metabolismo y crecimiento bacteriano mediante Arte Agar con estudiantes de Grado Once del Instituto Pedagógico Nacional”*, tuvo como objetivo aplicar una estrategia educativa en el laboratorio utilizando técnicas de Arte Agar para la enseñanza y comprensión de conceptos como nutrición, metabolismo y crecimiento de bacterias con estudiantes de grado 11 del IPN; para ello empleó el paradigma hermenéutico interpretativo con enfoque cualitativo y realizó dos encuestas antes y después de la implementación de la propuesta. La propuesta se realizó en 3 sesiones donde los estudiantes prepararon medios de cultivo, hicieron diluciones para aislar microorganismos del ambiente y sembraron microorganismos para hacer el Arte Agar. Entre los principales resultados, se encuentra un aumento en el interés hacia la biología y mejor comprensión de la nutrición, metabolismo y el crecimiento de las bacterias gracias a las prácticas de laboratorio y el arte agar como estrategia que facilita la exploración, creatividad y expresión, que de manera tangible les permite observar los procesos de los microorganismos y relacionarlos entre sí; también se destaca el papel de esta actividad en la mejora de la confianza y habilidades al hacer prácticas de laboratorio, haciéndola significativa para los estudiantes. La autora concluye que el Arte Agar, permite involucrar el arte y la microbiología mientras se promueve la comprensión de los temas, así como la creatividad, la innovación, y el desarrollo de competencias y habilidades en los estudiantes.

Añadiendo a lo anterior, Sulaiman, S., et al. (2023) en su artículo *“Impact of microbial art on advancing students culturing proficiency in microbiology education”* tuvieron como objetivo analizar el efecto del Arte Agar en la comprensión y competencia del uso del asa de 108 estudiantes sobre los métodos de cultivo microbiológico. Emplean una metodología de enfoque cualitativo que permite analizar la actividad, la cual está dividida en dos partes, la primera en la que los estudiantes realizan arte agar con 5 especies de bacterias y la segunda en la que se realiza un informe escrito sobre sus conocimientos en la técnica de cultivo bacteriano. Entre los resultados se presentan 3 fotografías de Arte agar clasificadas por nivel de destreza y 2 utilizando una especie de bacteria y otro con dos especies de bacterias; los autores

clasifican las obras de los estudiantes en cuanto a cómo estas reflejan sus habilidades para el cultivo de microorganismos en buenas 30%, moderadas 53% y malas 17%; además, en ellas se observa la relación que hacen los estudiantes entre los pigmentos y el tipo de medio de cultivo. En adición, según los informes escritos el 71% demostraron tener buena comprensión sobre la necesidad de trabajar de forma adecuada para evitar contaminación cuando se cultivan microorganismos. Como conclusiones relevantes, los autores mencionan que el Arte Agar constituye una manera atractiva y creativa para fortalecer no solo las habilidades microbiológicas, en cuanto a la selección de cultivos y manipulación de microorganismos, sino en habilidades de observación para identificar bacterias y comprensión sobre patrones de crecimiento de estas. Además, mencionan que esta es una manera de expresión artística en la cual se involucra las bacterias.

Además, Adkins-Jablonsky SJ., et al. (2021) en el artículo “*Agar art: a CURE for the microbiology laboratory*” tuvieron como objetivo identificar cuál de las tres actividades: Arte Agar, diseño experimental y presentaciones de pósteres, permite de mejor manera la estimulación de la experimentación, el compromiso hacia la ciencia y mayor comprensión de la naturaleza de las ciencias. Su metodología fue cuasiexperimental con enfoque mixto; donde emplearon para 82 estudiantes encuestas pre y post actividades y entrevistas semiestructuradas para conocer cuál de las actividades permitía una mejor comprensión de la naturaleza de las ciencias y de las temáticas abordadas. Las actividades consistieron en: primero, el Arte agar realizado en grupos; segundo, el diseño de experimentos donde propusieron hipótesis de diferentes prácticas de laboratorio, todo con la intención de diseñar nuevos experimentos; y tercero, la presentación de posters con los resultados de cada experimento. Entre los resultados, se presenta que el arte agar fue la actividad en la que los estudiantes sintieron más compromiso, el diseño experimental aumento su confianza para la planeación de experimentos biológicos debido a que les permitió comprender mejor los contenidos del curso, y la presentación de los posters permitió comprender y asimilar los aprendizajes del diseño experimental al expresarlos de manera verbal y gráfica y compartirlos con los demás. Entre las principales conclusiones se menciona que las tres actividades ofrecieron oportunidades de investigación y toma de decisiones, así como una mejora en la capacidad para diseñar experimentos. Los autores también indican que

el Arte agar es una actividad creativa que permitió una mayor motivación hacia las ciencias y mejor comprensión de la naturaleza de las ciencias.

Por otro lado, Gloria (2020) en el artículo "*Las obras de arte con bacterias como estrategia educativa para el desarrollo de habilidades científicas*" tuvo como objetivos desarrollar habilidades científicas, aprendizajes, aplicación y comprensión de fundamentos de la microbiología mediante el desarrollo de obras de arte empleando bacterias con un grupo de estudiantes de Cirujano dentista. Para ello, se realizaron dos momentos, en el primero se indagó sobre los conocimientos previos y se profundizó en la temática de cultivo de microorganismos del medio ambiente y para el segundo, los estudiantes realizaron un diseño preseleccionado de internet para realizar arte agar, contestaron la ficha técnica de Arte Agar y la encuesta de satisfacción de la actividad. Entre los resultados, se presentan 4 piezas artísticas y dos diagramas que explican cómo crear arte agar; con relación a la ficha técnica de Arte Agar se encontró que más del 80% de los estudiantes identificaron las características generales de los microorganismos, el medio de cultivo, los factores de patogenicidad, y el 90% clasificó las bacterias por sus condiciones fisicoquímicas y las enfermedades que ellas producen, y por último, en cuanto a la encuesta de satisfacción menciona que esta actividad permite un aprendizaje significativo y además es un estrategia en la que se propicia la participación activa entre los integrantes. Entre las Conclusiones, se resalta que el Arte agar es una estrategia que no solo facilita el desarrollo habilidades científicas, sino que fortalece el desempeño en el laboratorio y permite ampliar conocimientos necesarios para el programa académico de Cirujano Dentista.

Y por último, pero igual de importante Duarte y Madureira (2019) en el artículo "*Painting In a petri dish. Create a living piece of 'agar art' to discover the invisible world of microbes living on our hands*", realizan una propuesta para niños entre 9 y 11 años, con el objetivo de que ellos puedan descubrir a los microorganismos que los rodean al cultivarlos, y se conciencien sobre la importancia del lavado de manos. Para ello, primero los niños colocan sus manos sobre medios de cultivo antes y después de lavarse las manos y con los microorganismos que crecen realizan el arte agar. En los resultados, se evidencia que hay mayor crecimiento de microorganismos antes de lavarse las manos y se presentan algunas fotografías del Arte agar realizados por los

estudiantes. Las autoras concluyen que el Arte agar es una estrategia que permite la observación y el debate al comparar, analizar, y formar opinión propia sobre los microorganismos y el lavado de manos.

Los trabajos mencionados anteriormente, aportan a la presente investigación en como el arte agar ha resultado una experiencia significativa en diferentes contextos educativos para la enseñanza de la microbiología, debido a que al integrar arte y microbiología se crea un escenario para acercarse a los microorganismos que genera interés por hacer observaciones y relacionarlos con conceptos, y de igual manera para el desarrollo de competencias y habilidades. También se destaca la importancia de realizar arte agar y otras prácticas de laboratorio con microorganismos para favorecer estos aprendizajes. De esta manera estos antecedentes aportan a la problematización, justificación, marco teórico y diseño de las actividades a implementar, así como en el análisis los resultados.

4.2. Competencias y habilidades científicas en prácticas de laboratorio y/o actividades prácticas

Arrieta, Hernández y Casas (2024) en el artículo “*Aprendizaje basado en problemas: una ruta para el desarrollo de competencias científicas en el laboratorio de química orgánica*” tuvieron el objetivo de describir el valor didáctico del Aprendizaje Basado en Problemas en el desarrollo de competencias científicas; para ello, utilizaron una metodología cualitativa y herramientas de recolección de información como observación, cuestionarios y matrices de evaluación, en una población de estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en la asignatura de química orgánica en prácticas de laboratorio. En los resultados se encuentra que la propuesta es favorable para el desarrollo de competencias científicas, debido a que en ella se busca a partir de los conocimientos previos generar hipótesis para luego reconocer lo que necesario para resolver el problema y proponer un plan de trabajo desde la toma de decisiones argumentadas. Entre las principales conclusiones se encuentra que es necesario proponer actividades en las que se potencie la formulación de preguntas, el diseño de

experimentos, el análisis de datos cualitativos y cuantitativos que favorezcan un dominio conceptual y el desarrollo de competencias y habilidades científicas.

En adición, Johns, y Pérez (2024) en el trabajo de grado *“Explorando la ciencia: prácticas de laboratorio y habilidades científicas para el aprendizaje en noveno grado”* tuvieron como objetivo analizar qué aspectos de las prácticas de laboratorio influyen en la adquisición de habilidades científicas y contribuyen en la comprensión de las ciencias naturales en estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Victoria Manzur. Para el cual emplearon el paradigma crítico con enfoque mixto través de estudios de casos; la investigación se realizó en 3 fases: fase de saberes previos y habilidades científicas en prácticas de laboratorio, fase de relaciones sistémicas en la que se entrevistó a los profesores sobre la importancia y aplicación de las prácticas de laboratorio en la enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales y se relacionan con los saberes previos de los estudiantes, y fase de diseño y validación en la que se diseñó una carrilla con juegos y experimentos teniendo en cuenta lo hallado en las fases anteriores y el currículo escolar. Entre los principales resultados se encuentra que para los docentes las prácticas de laboratorio permiten a los estudiantes construir conocimiento científico contrastándolo con la realidad, curiosidad y creatividad, y para los estudiantes, estas les facilitan la comprensión de los conceptos y despierta su curiosidad, motivación e interés por la ciencia; Con relación a las habilidades científicas para los maestros estas ayudan a los estudiantes a comprender conceptos hechos y fenómenos y se desarrollan a través de la experimentación, relaciones con el entorno y la vida cotidiana. Las autoras concluyen que las prácticas de laboratorio son fundamentales para el desarrollo de habilidades científicas debido a que permiten la comprensión de las ciencias al fomentar la motivación, creatividad, pensamiento crítico, resolución de problemas, trabajo colaborativo y comunicación científica; además, involucran activamente al estudiante en la construcción de conocimiento.

Por otro lado, Arrieta y López (2020) en el artículo *“Desarrollo de las competencias científicas por medio de una unidad didáctica en estudiantes de grado sexto de básica secundaria”* tuvieron como objetivo analizar los factores que influyen en el desarrollo de competencias científicas a través de la implementación de una unidad didáctica en estudiantes de grado sexto. Para la metodología emplean el enfoque mixto

con un diseño cuasi experimental, aplicado en un grupo experimental y de control de 43 y 42 estudiantes respectivamente, a los cuales se les adjudicaron dos pruebas para determinar el nivel de las competencias científicas antes y después de implementar la unidad didáctica diseñada para atender necesidades y estilos de aprendizaje en el grupo experimental. Los resultados mostraron que la unidad didáctica desarrollada con el grupo experimental permitió un aumento en el nivel de desempeño de las competencias científicas; debido a que las actividades propuestas buscaban experimentación y reflexión del conocimiento al elaborar hipótesis y soluciones; además, de atender sus necesidades e intereses. Esto, se evidenció en los diarios de clase de los estudiantes quienes expresan una actitud favorable al hacerlas, en comparación al grupo de control. Como conclusiones relevantes, los autores mencionan que para el desarrollo de competencias científicas es necesario proponer actividades en las que el estudiante tenga un rol activo en la construcción y uso del conocimiento.

También, Crujeiras (2015) en el artículo “*Competencias y prácticas científicas en el laboratorio de química: participación del alumnado de secundaria en la indagación*”. Tiene como objetivos examinar el desarrollo de la competencia científica a través de la participación del alumnado en las prácticas científicas de diseño, puesta en práctica de investigaciones y análisis e interpretación de datos; así como en la identificación de un repertorio de estrategias docentes que promuevan la participación del alumnado en las prácticas científicas. Su metodología fue cualitativa en la que se realizaron cinco actividades de laboratorio, en la que se integra el trabajo en grupo e informes individuales. Entre los resultados se encuentra un progreso en la planificación, puesta en práctica y el análisis e interpretación de datos, gracias a una familiarización las situaciones presentadas. El autor concluye que las prácticas en el laboratorio permiten la participación activa de los estudiantes respecto a las temáticas abordadas y el desarrollo de competencias científicas.

Añadiendo a lo anterior, Cañal (2012) en el artículo “*¿Cómo evaluar la competencia científica?*” tuvo el objetivo de definir los rasgos que evidencian que un estudiante tiene una competencia científica y proponer procedimientos y herramientas que permitan estimar el nivel desarrollo de una competencia científica. Entre los principales resultados se encuentra que la competencia científica da cuenta de un

dominio de conocimientos teóricos y prácticos, así como actitudes que se integran al emplearlos en diferentes contextos y situaciones. Además, menciona que su desarrollo se da en un proceso continuo que depende del nivel de significatividad del conocimiento, el grado de desarrollo de cada capacidad y el desarrollo global de competencias como proceso de integración de lo anterior en diversas situaciones. Entre las conclusiones el autor distingue a las competencias científicas en 4 dimensiones: conceptual, metodológica, actitudinal e integrada; también, propone posibles formas de evaluación e indicadores de estas a través de conductas y resultados observables en los estudiantes que aumentan progresivamente en el desarrollo para ser usado en contextos escolares acercándose a la comprensión de conceptos, búsqueda de información, formación de opinión propia y fundamentada para buscar y proponer respuesta y soluciones en problemas científicos, tecnológico y/o socioambiental.

Y finalmente, Chona et al. (2006) en el artículo “*¿Que competencias científicas promovemos en el aula?*” con el objetivo de presentar los resultados de la investigación “Competencias científicas y formación en valores. Un estudio desde el pensamiento de los profesores de ciencias experimentales” sobre como los profesores participantes orientan el desarrollo de competencias científicas en sus alumnos a través de sus prácticas de aula. Para la metodología emplearon el paradigma interpretativo y el estudio de casos múltiples. Entre los principales resultados se encuentran tres grupos de competencias científicas que buscan desarrollar: el primero las básicas donde están la capacidad de describir su entorno o diferentes fenómenos a través de la exploración y observación, de seguir instrucciones, de trabajar en grupo y de comunicarse empleando el lenguaje científico; el segundo las investigativas donde se encuentran las capacidades y habilidades derivadas de la investigación como formular preguntas y explicaciones; y el tercero las de pensamiento reflexivo y crítico que involucran la capacidad de toma de decisiones, utilizar el pensamiento crítico en la solución de problemas. En las conclusiones se encuentra que los maestros participantes orientan el desarrollo de competencias científicas principalmente de las básicas y menos grado las investigativas y de pensamiento crítico y reflexivo, por lo cual es necesario generar estrategias que permitan el desarrollo de la reflexión, autoconciencia, toma de decisiones, postura crítica y propositiva frente a su mundo natural y social.

Las investigaciones presentadas resultan significativas para este trabajo dado a que resaltan la importancia de las actividades prácticas en la enseñanza de las ciencias, puesto que estas permiten experimentar y observar los fenómenos a los estudiantes por sí mismos motivándolos a tomar un rol activo en su aprendizaje al construir por su cuenta conceptos fundamentados en sus saberes previos, sus observaciones, interpretaciones, ideas y lo presentado en clase fomentado una apropiación del conocimiento científico; Además, del desarrollo de habilidades y competencias científicas que les permite aplicar sus conocimientos para explorar, describir y explicar su entorno, formular preguntas e hipótesis, reflexión, pensamiento crítico, toma de decisiones entre otras capacidades en el contexto escolar y cotidiano. De esta manera estos antecedentes aportan a la problematización, justificación, marco teórico y diseño de las actividades a implementar, así como en el análisis los resultados.

4.3. Estrategias de enseñanza de la microbiología

Vargas (2023) en la tesis de maestría titulada “*Análisis de las implicaciones del proceso de enseñanza - aprendizaje que emergen del diseño de proyectos de aula con microorganismos para estudiantes de grado once del Colegio La Floresta Sur IED*” tuvo como objetivo analizar las implicaciones emergentes para el maestro y el estudiante al diseñar proyectos de aula con microorganismos. Para la metodología empleó el enfoque cualitativo y paradigma hermenéutico interpretativo, donde utilizó herramientas de recolección de datos como observación, diario de campo, documentos, encuesta y entrevista, para realizar su investigación la dividió en cuatro fases: contextualización, diagnóstico, diseño de los proyectos de aula y reflexión. Entre los resultados, se identifica que los proyectos de aula aportan a la formación integral de los estudiantes, dado que les permitió desarrollar habilidades conceptuales como la apropiación del lenguaje científico, ampliación de sus conocimientos reconociendo algunos microorganismos y otras aplicaciones, habilidades procedimentales como búsqueda, organización, análisis e interpretación de la información al diseñar los proyectos de aula, y habilidades actitudinales como mejorar el trabajo en equipo, toma de decisiones y motivación e interés por aprender sobre microorganismos. Entre las conclusiones, se encuentra que los proyectos de aula le permitieron a los estudiantes

apropiar y ampliar los conocimientos, así como también el desarrollar competencias y habilidades.

También, Amado et al. (2021) en del artículo “*Aprender de microbiología desde la importancia de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal. Una experiencia en escuela primaria*” tuvieron como objetivo facilitar la comprensión del efecto de los microorganismos en los ecosistemas y reconocer sus usos en la agricultura como la contribución en la absorción de nutrientes e interacción dinámica en ciclos biogeoquímicos. En la metodología se tuvieron en cuenta tres fases, la primera de diagnóstico, en la que a través de un cuestionario se indagó en las concepciones de los 28 estudiantes de grado quinto sobre los microorganismos, su reproducción e importancia y sobre la planta de quinua; la segunda fase, de diseño e implementación del módulo de aprendizaje, la cual contó con cuatro sesiones: preparación de medios de cultivo, cultivo de microorganismos de manos, boca, y raíces de plántulas de quinua, reconocimiento de microorganismos mediante tinción y observación en el microscopio, y por último, profundización en los beneficios/ perjuicios de los microorganismos; la tercera fase, consistió en una evaluación de la experiencia comparando las respuestas antes de la intervención y después de ella. Entre los principales resultados, se encuentra un avance en los aprendizajes sobre los microorganismos, también la forma de representarlos que al principio era macroscópica y relacionada a los efectos negativos como enfermedades a representarlos después de la intervención desde sus observaciones en cajas de petri y el microscopio, a un enfoque positivo relacionado a la comprensión de su efecto en el crecimiento de la quinua, así como la apropiación de un lenguaje científico. Entre las principales conclusiones los autores mencionan que hubo un cambio en las concepciones sobre los microorganismos de nocivos e infecciosos a beneficiosos en algunos campos como la agricultura, la fabricación de alimentos y fármacos; además aportó que los estudiantes tuvieran mejores actitudes hacia la ciencia y la microbiología.

En adición, Larrota (2019) en su tesis titulada “*La microbiología en el desarrollo de competencias científicas en la escuela normal superior de Charalá*”. Tuvo como objetivo desarrollar competencias básicas y científicas en Ciencias Naturales mediante una propuesta basada en el estudio de la microbiología, evaluando desempeños, estándares y actividades en los estudiantes de séptimo. Para ello, utilizó el

paradigma interpretativo, enfoque mixto e investigación acción participativa con 60 estudiantes de 7° A y B; en la metodología el autor propuso 3 fases: la primera una encuesta diagnóstica, la segunda, contenía varias intervenciones como prácticas de laboratorio, experimentos caseros, talleres de aplicación y actividades de prevención de microorganismos patógenos, y la tercera, una prueba final con dos actividades prácticas para evidenciar de los aprendizajes construidos. En los resultados, se evidencia pese a la falta de instrumentos tecnológicos de la institución el desarrollo de competencias científicas como observar, reconocer y relacionar los microorganismos con su vida cotidiana. Entre las principales conclusiones, está la importancia de las actividades prácticas en el desarrollo de las competencias científicas, dado a que ellas permiten aplicar sus conocimientos y compartir observaciones e hipótesis con sus compañeros.

Añadiendo a lo anterior, Sierra C. (2018) en el trabajo de grado *“Diseño de una cartilla como estrategia didáctica que incida sobre las concepciones de hongos y bacterias en estudiantes de grado cuarto del colegio Néstor Forero Alcalá”* tuvo el objetivo de diseñar una cartilla que incidiera en las concepciones sobre hongos y bacterias. Para ello, empleó el paradigma interpretativo y enfoque cualitativo, y su investigación la realizó en 3 fases: contextualización, diseño e implementación de la cartilla y validación de esta por docentes. La cartilla diseñada tenía como uno de sus objetivos el desarrollar habilidades cognitivas como la observación, la clasificación y el análisis a través de actividades prácticas; además el desarrollo de habilidades procedimentales, esto sin dejar de lado los aspectos relacionados a la importancia de las bacterias y los hongos para el ser humano, el ambiente, la industria y la medicina. Como resultados, la autora menciona que la cartilla logra tener valoración positiva por parte de los docentes evaluadores, resaltando que ella puede favorecer que los estudiantes relacionaran los nuevos aprendizajes con conocimientos previos desde actividades que le permitan reconocer bacterias y hongos en otros contextos incidiendo en sus concepciones sobre estos.

Además, Quiroz (2018) en su trabajo de grado *“El aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de los microorganismos en el grado 6°”* tuvo como objetivo diseñar una propuesta didáctica utilizando el aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de los microorganismos que contribuya a establecer su importancia en

la industria, en la medicina y como causantes de enfermedades con los alumnos del grado 6° de la Institución Educativa Rodrigo Lara Bonilla. Su metodología fue el enfoque cualitativo, el paradigma crítico social, y realizó su investigación en cinco fases: revisión y evaluación documental, diagnóstico conocimientos, diseño y estructuración de la propuesta didáctica, aplicación y evaluación de esta en el aula. Como resultados, el autor presenta una propuesta didáctica la cual se enfocó en que el estudiante diera solución al problema planteado mientras aprende diferentes aspectos sobre los microorganismos, y para ello lo organizó en cuatro actividades: aspectos generales sobre estos, el microbiota de nuestro cuerpo, enfermedades y efectos positivos en la industria y en el medio ambiente. Después de implementar las actividades, encontró que los estudiantes usan más conceptos para explicar que es un microorganismo, describen otras funciones de estos en el cuerpo humano y las aplicaciones en la industria; además los relacionan con sus hábitats, y proponen explicaciones y soluciones a la situación problema planteada.

Por último, Ballesteros, Paños, y Ruíz, (2018) en el artículo “*Los microorganismos en la educación primaria. Ideas de los alumnos de 8 a 11 años e influencia de los libros de texto*” analizan dibujos y preguntas abiertas sobre las ideas de 145 alumnos de entre 8 y 11 años acerca de los microorganismos y evalúa como se presenta este tema en doce libros de texto de Ciencias Naturales. Para ello, emplean una metodología de enfoque cualitativa. Entre los resultados, los autores mencionan que los estudiantes tienen una concepción negativa y limitada de los microorganismos; además, los dibujan sin color lo que se relaciona a la falta de motivación por el tema o en colores verdes amarillo y violáceos los cuales pueden vincularse a algo peligroso. En adición, los asocian al cuerpo humano, a la poca higiene y a las enfermedades. Con respecto a la revisión de textos, estos parecen reforzar estas ideas o no abarcarlas. Entre las principales conclusiones se encuentra la necesidad de aportar a construir otras concepciones de los microorganismos diferente a la negativa donde se tenga en cuenta otras funciones, aplicaciones y usos alimentarios, industriales y agrícolas.

Los trabajos mencionados anteriormente, permiten justificar la necesidad de enseñar los microorganismos por su impacto e importancia en diferentes campos; así como problematizar como y porque se enseña, resaltando los desafíos que presentan y el

gran reto que tienen los maestros de proponer alternativas de enseñanza que permitan transformar las concepciones hacia los microorganismos y trascender de lo memorístico y magistral a un aprendizaje significativo. Esto se puede lograr a través de diferentes estrategias que incluyan lo práctico para que los estudiantes se motiven por aprender y apropiarse sobre estos organismos, así como también desarrollar competencias y habilidades científicas. Además, estas investigaciones aportan a la problematización, justificación, marco conceptual y el análisis de los resultados.

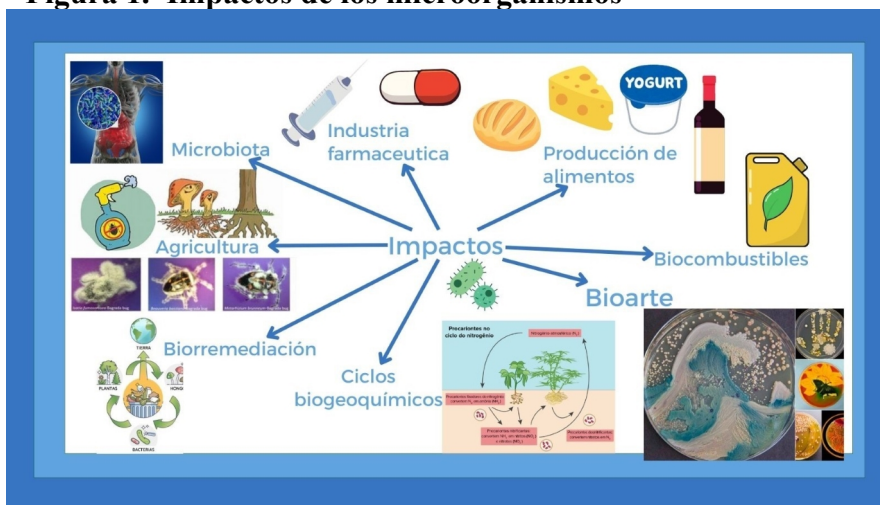
5. Marco teórico

A continuación, se presentan los cuatro ejes temáticos que fundamentan esta investigación: generalidades de los microorganismos, Arte Agar en la educación, competencias científicas y medios de cultivo para el crecimiento microbiano.

5.1. Generalidades de los microorganismos

La microbiología es la ciencia que permite el estudio de los microorganismos, su diversidad, evolución, ecología, importancia y aplicaciones en diversos campos. Estos organismos no solo producen enfermedades y están implicados en la descomposición de la materia orgánica, hacen parte de la microbiota de algunos animales y en los ciclos biogeoquímicos sino que son empleados en la industria de alimentos, producción farmacéutica, biocombustibles, usos agrícolas, biorremediación, y el bioarte, etc. (Madigan, 2015) como se evidencia en la Figura 1.

Figura 1. Impactos de los microorganismos

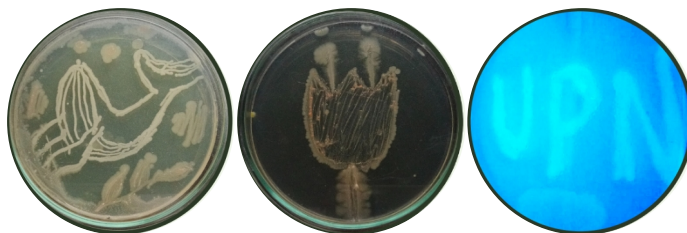


Fuente: Elaboración propia

Los microorganismos presentan gran diversidad genética, morfológica, fisiológica y metabólica; además se encuentran en casi todos los ambientes, incluso algunos extremos por temperatura, acidez, salinidad o presión. Estos se encuentran distribuidos en los tres dominios, en el Eubacteria y Archeobacterias como las bacterias y las arqueobacterias que son unicelulares y en el Eucaria con especies unicelulares y multicelulares como algas, protozoos y hongos (Madigan, 2015). Como en la presente investigación se trabajan bacterias y microhongos a continuación se profundiza a cerca de estos.

Las bacterias, son organismos unicelulares procariontes, se reproducen por fisión binaria, tienen ribosomas (70s), citoplasma, ADN circular, una pared celular con peptidoglucano y algunos presentan flagelos, capsulas, pili sexual y endosporas. Estas presentan diversidad de morfologías a nivel microscópico, especialmente las formas de cocos, bacilos y espiroquetas. Además, en medios de cultivo se observa el crecimiento de las colonias bacterianas a simple vista con colores diversos como blanco, transparente, crema o amarillo, y consistencia seca, cremosa o viscosa (Figura 2) (Madigan, 2015); estas características las hacen llamativas para ser utilizadas como pinturas en el arte agar (Gloria, 2020).

Figura 2. Diversidad de colonias bacterianas en medios de cultivo



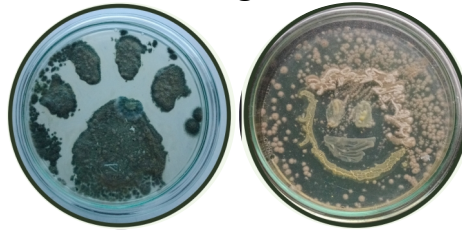
Fuente: Galería virtual de arte agar de la línea de investigación en Biodiversidad, Biotecnología y Conservación, en: <https://bbcdbiupn.wordpress.com/galeria-virtual-de-arte-agar/>

Por otro lado, los hongos son organismos eucariotas que se caracterizan por que tiene núcleo y organelos membranosos. Estos son heterótrofos, se nutren mediante la secreción de enzimas digestivas que descomponen polisacáridos y proteínas para absorberlos a través de la membrana, sus paredes celulares se caracterizan por ser de

quitina y presentan reproducción sexual a través de esporas sexuales, o asexual mediante gemación o esporulación.

Teniendo en cuenta su morfología, los hongos se clasifican en macroscópicos como los champiñones y microscópicos como las levaduras, *Penicillium* sp y *Aspergillus* sp, estos últimos cuando crecen en sobre superficies presentan diversidad de colores como negro, verde, blanco y aspectos como grumosos, polvorosos, filamentosos, algodonosos (Figura 3) (Madigan, 2015); estas características los hacen llamativos para ser utilizados como pinturas en el arte agar (Gloria, 2020).

Figura 3. Diversidad de microhongos en medios de cultivo



Fuente: Galería virtual de arte agar de la línea de investigación en Biodiversidad, Biotecnología y Conservación, en: <https://bbcdbiupn.wordpress.com/galeria-virtual-de-arte-agar/>

Estos organismos se encuentran en diversos ambientes y muchos de ellos son descomponedores por lo cual los hace importantes en el reciclado de nutrientes en los ecosistemas; además algunos son causantes de enfermedades, otros son parásitos aunque también otros desarrollan relaciones simbióticas con plantas conocidas como micorrizas; añadiendo a lo anterior, gran variedad de los hongos son empleados en la producción de alimentos como pan, vinos y quesos, producción de antibióticos como la penicilina y algunos son hongos comestibles (Madigan et al., 2015; Garcés et al., sf).

5.2. Arte agar

El Arte en Agar, un término popularizado por la *American Society for Microbiology* (ASM) con la apertura de su concurso Agar Art, en 2015 y realizado anualmente desde entonces (Figura 4).

Figura 4. Algunas obras del concurso ASM Agar Art 2024



Fuente: Artistas: 1) Jamisha D. Francis, Vanderbilt University, 2) Akito Nakajo, Fukushima Medical University, 3) Melika Estakhr, Marvdash School. De: <https://asm.org/Events/ASM-Agar-Art-Contest/Winners>

Sin embargo, en 1937 Alexander Fleming fue el primero en crear obras denominadas “germ paintings”, (Figura 5) donde utilizando microorganismos realizó dibujos sobre medios de cultivo para después de varios días apareciera la creación (Barbet, Boccardo, y Marcoleta, 2021) estas obras fueron pioneras en el arte biomedial. Esta clase de bioarte utiliza medios biotecnológicos como medios artísticos, como lo son la ingeniería genética, la ingeniería de tejidos o como en el caso del Arte Argar donde utilizan microorganismos como pinturas, un asa bacteriológica estéril como pincel y como lienzo los medios de cultivo; que se diferencia del arte biotemático que emplea medios tradicionales como pintura o fotografía para aludir a cuestiones biotecnológicas. (López, 2015)

Figura 5. “Germ paintings” de Alexander Fleming.



Fuente: De <https://bit.ly/4iHU5M2> y <https://bit.ly/43MBN87>

Añadiendo a lo anterior, el Arte Agar aprovecha el cultivo de microorganismos desde un enfoque distinto a la microbiología tradicional de diversas maneras:

- Como una herramienta fantástica de divulgación pública, pues muchos de los microorganismos usados para crear arte agar provienen de diversos lugares como el suelo, el aire, la piel, distintas superficies, permitiendo reconocer a estos seres invisibles mostrando que no todos son patógenos y reconociendo su

diversidad a través de sus texturas y colores apreciándolos como bellos en una obra artística (Tsang, 2019).

- Como una oportunidad para hacer visibles a los microorganismos, no solo desde una perspectiva científica, sino también como una herramienta de concientización de su presencia y su diversidad y la importancia de la higiene sin aludir a que todos los microorganismos sean patógenos; además, permite fomentar el trabajo interdisciplinario integrando la microbiología y el arte (Duarte, 2019).
- Tradicionalmente el laboratorio se asocia a la práctica científica y experimental, sin embargo, el arte agarra desdibuja esta idea haciéndolo un espacio de experimentación e innovación en el que es posible aprender sobre instrumentos especializados y el trabajo en laboratorio incorporándolo a través de la creación artística (López, 2015; Barbet, et al, 2021).
- Como actividad ideal para aplicar y fortalecer fundamentos de microbiología para estudiantes universitarios, como las condiciones fisicoquímicas para el crecimiento de bacterias o el uso de instrumentos de laboratorio, y el desarrollo de habilidades científicas como el trabajo en equipo y desarrollo del pensamiento crítico desde el arte y la ciencia (Gloria, 2021).
- Como estrategia de enseñanza, dado a que resulta relevante para el aprendizaje de la microbiología pues facilita la comprensión de conceptos en esta área debido a que se trata de una actividad divertida y creativa que genera compromiso por la clase y el aprendizaje, lo que la hace útil como herramienta didáctica dentro y fuera del contexto educativo universitario (Adkins, et al, 2021).
- Para fortalecer habilidades para el cultivo de microorganismos, que en su realización inspira motivación por observar y aprender aportando a la comprensión y apropiación de aprendizajes sobre microorganismos y la microbiología (Sulaiman, et al., 2023).

- En el contexto escolar aporta al aprendizaje de conceptos como nutrición, metabolismo y crecimiento bacteriano a través de la observación, que también permite generar aprecio por las bacterias y su papel en la naturaleza y la vida humana, así como el desarrollo habilidades científicas para la comprensión, observación y análisis de los fenómenos naturales (Chaves, 2024).
- Estrategia que no solo facilita la enseñanza de conceptos de la microbiología al generar motivación en los estudiantes, sino que también permite abarcar la expresión de las emociones y la identidad en el que es posible vincular la memoria y la música aportando a la regulación emocional y el bienestar (Pérez, 2024).

5.3 Competencias científicas

En Colombia las competencias científicas se introducen al sistema educativo desde una perspectiva de mejoramiento de la calidad que fortalece el Sistema Nacional de Evaluación de la Educación (Chona, et al., 2006). El Ministerio de Educación Nacional en los Estándares Básicos de Competencias determina las siguientes competencias científicas: explorar hechos y fenómenos, analizar problemas, observar, recoger y organizar información relevante, utilizar diferentes métodos de análisis, evaluar los métodos, compartir los resultados; siendo un punto de referencia de las capacidades a desarrollar en los niños y jóvenes en una complejidad ascendente en el que no se busca únicamente construir conocimientos, sino que estos sean pertinentes y aplicables en situaciones cotidianas en las que puedan participar, aportar, solucionar y mejorar su entorno (MEN, 2004).

Esto coincide con Torres (2013), en que las competencias científicas permiten solucionar problemáticas de la vida cotidiana; sin embargo, para Ramírez-Díaz (2020) y Trujillo (2014) las competencias son atributos interrelacionados como habilidades, conocimientos, actitudes y valores que se evalúan en determinadas situaciones y contextos, añadiendo a esto para Chona, et al. (2006) si bien pueden evidenciarse en situaciones específicas que el maestro crea en el aula, estas situaciones permiten identificar formas de pensar y explicar el mundo fundamentado en conceptos científicos

evidenciando un desarrollo móvil y flexible en el tiempo relacionado a la construcción de conocimiento.

Para Cañal (2012) también se trata de una integración compleja de conocimientos, habilidades, valores y actitudes que no solo permiten realizar una tarea específica si no que además les hace capaces de hacer frente a diversos problemas en diferentes contextos como un progreso continuo durante la escolaridad que dependen de las variables de significatividad, integración y funcionalidad, y las categoriza en 11 capacidades distribuidas en cuatro dimensiones como se evidencia en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de competencias científicas por dimensiones según Cañal (2012)

Dimensión conceptual	Dimensión metodológica	Dimensión actitudinal	Dimensión integrada
Capacidad de utilizar el conocimiento científico personal para describir, explicar y predecir fenómenos naturales	Capacidad de identificar problemas científicos y diseñar estrategias para su investigación	Capacidad de valorar la calidad de una información en función de su procedencia y de los procedimientos utilizados para generarla	Capacidad de utilizar en forma integrada las anteriores capacidades para dar respuestas o pautas de actuación adecuadas ante problemas concretos científicos, tecnológicos o socioambientales, en contextos vivenciales del alumnado
Capacidad de utilizar los conceptos y modelos científicos para analizar problemas	Capacidad de obtener información relevante para la investigación	Capacidad de interesarse por el conocimiento, indagación y resolución de problemas científicos y problemáticas socioambientales	
Capacidad de diferenciar la ciencia de otras interpretaciones no científicas de la realidad	Capacidad de procesar la información obtenida Capacidad de formular conclusiones fundamentadas	Capacidad de adoptar decisiones autónomas y críticas en contextos personales y sociales	

Nota: Para esta investigación se tiene en cuenta las competencias resaltadas en gris.

Estas cuatro dimensiones son definidas de la siguiente manera por Cañal (2012):

1. La Dimensión conceptual: se refiere la significatividad de los aprendizajes al comprender y relacionar ideas y conceptos al saber exponer lo aprendido utilizando palabras propias, exponer ejemplos pertinentes y relativos a lo aprendido y emplear el conocimiento previo en relación con un nuevo contenido, contexto o experiencia.

2. Dimensión metodológica: hace referencia a observar y centrar la atención al presentarse una situación o fenómeno a partir de lo cual organizan e interpretan los aprendizajes al resumir, comparar, clasificar, cuantificar, relacionar, interpretar resultados y debatir argumentada mente.

3. Dimensión actitudinal: se evidencia cuando los estudiantes muestran interés por el conocimiento científico, demuestran iniciativa por saber al indagar preguntando y haciendo, y cuando proponen ideas y soluciones y comentan sus aprendizajes entre sí.

4. Dimensión integrada: se observa en situaciones en las que los estudiantes integran las capacidades desarrolladas al buscar y proponer respuesta y soluciones en problemas científicos, tecnológico y/o socioambiental.

5.4. Medios de cultivo para el crecimiento microbiano

Un medio de cultivo es un sustrato o solución con los nutrientes necesarios para el crecimiento y reproducción de los microorganismos, contienen fuentes de carbono y nitrógeno además de otros nutrientes (Amado y Mendivelso, 2000; Madigan, 2015). Existen medios de cultivo sintéticos o de casa comercial y medios caseros.

Los medios de cultivo sintéticos se caracterizan por su composición definida y para el caso de las bacterias se clasifican según Cifuentes y Quispe (2014) en:

a) Simples, es decir aquellos que contienen los requerimientos mínimos para el crecimiento de microorganismos poco exigentes, como el Agar Nutritivo compuesto por extracto de levadura, peptona, cloruro de sodio y agar agar, también el Agar LB con extracto de levadura, péptidos y peptonas de caseína.

b) Enriquecidos, con nutrientes extra para bacterias exigentes, los cuales pueden provenir de sangre, suero, leche, huevo, etc., como el agar sangre para identificar especies de los géneros *Bacillus* y *Stafilococcus*, agar MRS y agar LAPTg para *Lactobacillus*, agar Acetobacter y Acetobacter Medium para *Gluconobacter* y *Acetobacter*.

c) Selectivos, que favorecen el crecimiento de ciertas bacterias en una población facilitándolos nutricionalmente, como caldo selenito para *Salmonella*, agar Cetrimide (BD) para *Pseudomona*, agar King que favorece la fluorescencia.

d) Diferenciales, que evidencian características bioquímicas para diferencia géneros o especies, como medio MacConkey que distingue entre bacterias que

fermentan lactosa y los que no además de inhibir el crecimiento de Gram positivos, medio EMB para aislamiento de Gram negativos, agar Trypticase de soya, agar extracto de levadura manitol para aislar bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno.

Los medios de cultivo sintéticos para el crecimiento de microhongos son: el Agar agua, un medio sencillo para crecimiento de micelio, Agar Papa Dextrosa compuesto por extracto de papa, glucosa, sulfato amonio y agar agar, para toda clase de hongos, Fitolevadura para aislamiento de hongos provenientes de animales, Sabourand Glucosado Agar para aislamiento, identificación y conservación de hongos patógenos y saprofitos y cultivo de levaduras, Miel Peptona Agar, el cual su pH impide el crecimiento de bacterias, y Agar extracto de Malta para el desarrollo de mohos y levaduras (Cifuentes y Quispe, 2014).

Cualquiera de estos medios sintéticos o de casa comercial ya sea para hongos o bacterias requieren para su preparación equipos especiales como autoclaves que permiten dar las condiciones de 121°C, 15 lb, 15 minutos necesarias para su óptima preparación.

Por otro lado, las bacterias y los microhongos pueden tener crecimiento en medios de cultivo caseros que se elaboran a partir de ingredientes de naturaleza variable es decir composición química no definida (Ramírez-gama et al., 2021) que aportan nutrientes que se asemejan a los que se encuentran en los medios sintéticos; entre ellos se encuentra gelatina, extracto de peptona de levadura y, papas, zanahoria y papas, caldo de frijol blanco peptonado sacarosado (Giobard, 1964, como se citó en Amado y Mendivelso 2000), y el extracto de carne (Borrows, 1963, como se citó en Amado y Mendivelso, 2000), todos ellos aportan carbohidratos, proteínas, entre otros que son necesarios para la nutrición de los microorganismos lo cual permite su crecimiento y desarrollo.

Entre los medios caseros reportados en la literatura se encuentra el de Amado y Mendivelso (2000) que utilizan diferentes nutrientes y solidificantes para el crecimiento de bacterias y hongos. Para ello emplean la gelatina al 30% como agente gelificante, la glicerina al 10% para retardar la licuefacción por parte de las bacterias, y nutrientes de

origen vegetal como la avena, el borrojó, el arroz, la cebada y la panela, así como de origen animal como el extracto de carne para favorecer el desarrollo de los microorganismos.

Complementando lo anterior, los medios caseros o naturales se elaboran a partir de productos comunes y de fácil obtención que proporcionan los nutrientes y condiciones necesarias para el crecimiento de los microorganismos sin que sean de origen comercial especializado; y para su preparación no requieren de equipos especiales dado que pueden ser reemplazados por una olla a presión, frascos y otros facilitando el trabajo en instituciones con pocos recursos (Amado y Mendivelso, 2000).

6. Metodología

En este apartado se presenta el paradigma, enfoque, técnicas, instrumentos y diseño metodológico utilizados en esta investigación.

6.1. Paradigma hermeneúutico interpretativo y enfoque cualitativo

La presente investigación está enmarcada en el paradigma hermeneúutico interpretativo dado que según Barrero, Bohórquez y Mejía (2021), este permite reconocer “la diferencia existente entre los fenómenos sociales y naturales, buscando la mayor complejidad y el carácter inacabado de los primeros, que están siempre condicionados por la participación del hombre” (p. 106) concibiendo la educación como procesos social y experiencia de los actores involucrados en el acto educativo, buscando describir y comprender los singular (no generalizable) de las prácticas educativas (Barrero et. al., 2021).

Además, presenta un enfoque de carácter cualitativo la cual se trata de una “forma de investigación flexible, sistemática y crítica de las regularidades del comportamiento de los agentes educativos” (Cerrón, 2018, p. 3) y “permite aplicar y proponer mejoras continuas a la estructura de la realidad social emergente de la formación de estudiantes, docentes y comunidad educativa” (Cerrón, 2018, p. 2).

6.2. Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó la revisión documental y la encuesta. La revisión documental según Núñez y Villamil (2017 citando a Hurtado 2008) “es una técnica en donde se recolecta información escrita sobre un tema determinado, teniendo como fin proporcionar variables que se relacionan directa o indirectamente con el tema establecido” (p 9), lo que aportó a la construcción del planteamiento del problema, la justificación, los objetivos, antecedentes, marco teórico, la metodología y análisis de los resultados.

Con relación a la encuesta, esta trata de un tipo de entrevista caracterizada por preguntas organizadas y secuenciadas con posibilidad de ser auto diligenciadas, se busca la recolección e indagación de información de un tema seleccionado, lo que permite caracterizar y analizar a la población. Esta se realiza mediante instrumentos como el formulario, formato, o la empleada en esta investigación, el cuestionario (Agudelo, 2023). Los cuestionarios aplicados que están dentro de las guías (Tabla 8) durante las actividades permitieron recoger información sobre los aprendizajes y el desarrollo de competencias científicas de los estudiantes.

6.2. Contextualización del colegio Cafam y la población de estudio

El Colegio Cafam fue fundado el 13 de enero de 1972, ubicado en la Av. 68 N°64-45 donde se encuentra la sede bachillerato y la sede primaria en Ac. 64C #68 F 29, en la localidad de Engativá, en el barrio Bosque Popular. Se trata de uno de los dos colegios propios de la Caja de Compensación Familiar Cafam como parte de los servicios educativos que proporciona para niños y jóvenes, que ofrece oportunidades para el crecimiento y aprendizaje a través de experiencias donde se potencien habilidades y destrezas en diferentes áreas del conocimiento, como seres humanos íntegros que aporten a la sociedad de manera favorable (Cafam, s.f).

El Colegio Cafam es mixto, de jornada completa y educación bilingüe, de carácter privado, aunque ofrece subsidios y tarifas diferenciales a afiliados. Para el año 2024 contaba con 2.937 estudiantes matriculados, de los cuales 1.578 estudiantes son de la sede bachillerato (Celis M., comunicación personal, 2024). Tiene como visión

“aportar al crecimiento corporativo sostenible con entrega de valor a nuestros estudiantes” y misión “generar bienestar integral a la comunidad educativa”. La Institución educativa ofrece diferentes espacios de formación para diferentes aptitudes e intereses que presenten los estudiantes en deportes, artes, tecnología y áreas de profundización de Matemáticas, Castellano, Biología y Sociales, con amplios escenarios deportivos, artísticos y laboratorios (Colegio Cafam, 2023).

Su enfoque pedagógico para el desarrollo autónomo reconoce al ser humano como ser integral en constante crecimiento con múltiples dimensiones, pensando como finalidad de la educación el desarrollo de la autonomía, implicando responsabilidad de sus actos, conciencia y acción como miembro de la sociedad, aprender a aprender y pensar por sí mismo. El plan de estudios busca espacios de desarrollo de habilidades sociales, trabajar en equipo, aprender con los otros y de los otros, compartir y contrastar puntos de vista, toma de decisiones, indagar y solucionar problemas; además se pretende generar aprendizajes disciplinares que permitan comprensión e intervención en la realidad, desarrollar competencias básicas, ciudadanas y laborales, y formar autonomía, en aprender a aprender, promoviendo la lectura y escritura, autonomía social, pensamiento crítico, creatividad, solución de problemas, toma de decisiones e investigación, y autonomía intelectual desde el trabajo en equipo y actuar según principios como parte del desarrollo integral y autónomo para la formación de líderes con sentido social que busca el Colegio Cafam (Colegio Cafam, 2023).

Añadiendo a lo anterior, los estudiantes de grado Décimo y Once como parte del currículo tienen el espacio de Profundización con la intención de dar elementos que puedan ser utilizados en la educación superior; los estudiantes pueden seleccionar un área de interés entre ciencias sociales, matemáticas y ciencias naturales; en el caso de esta última área hay cuatro profundizaciones: Química del color, Biotecnología, Robótica, y Microbiología Aplicada. Este espacio académico, los estudiantes lo cursan durante dos años con una intensidad horaria de 75 min a la semana.

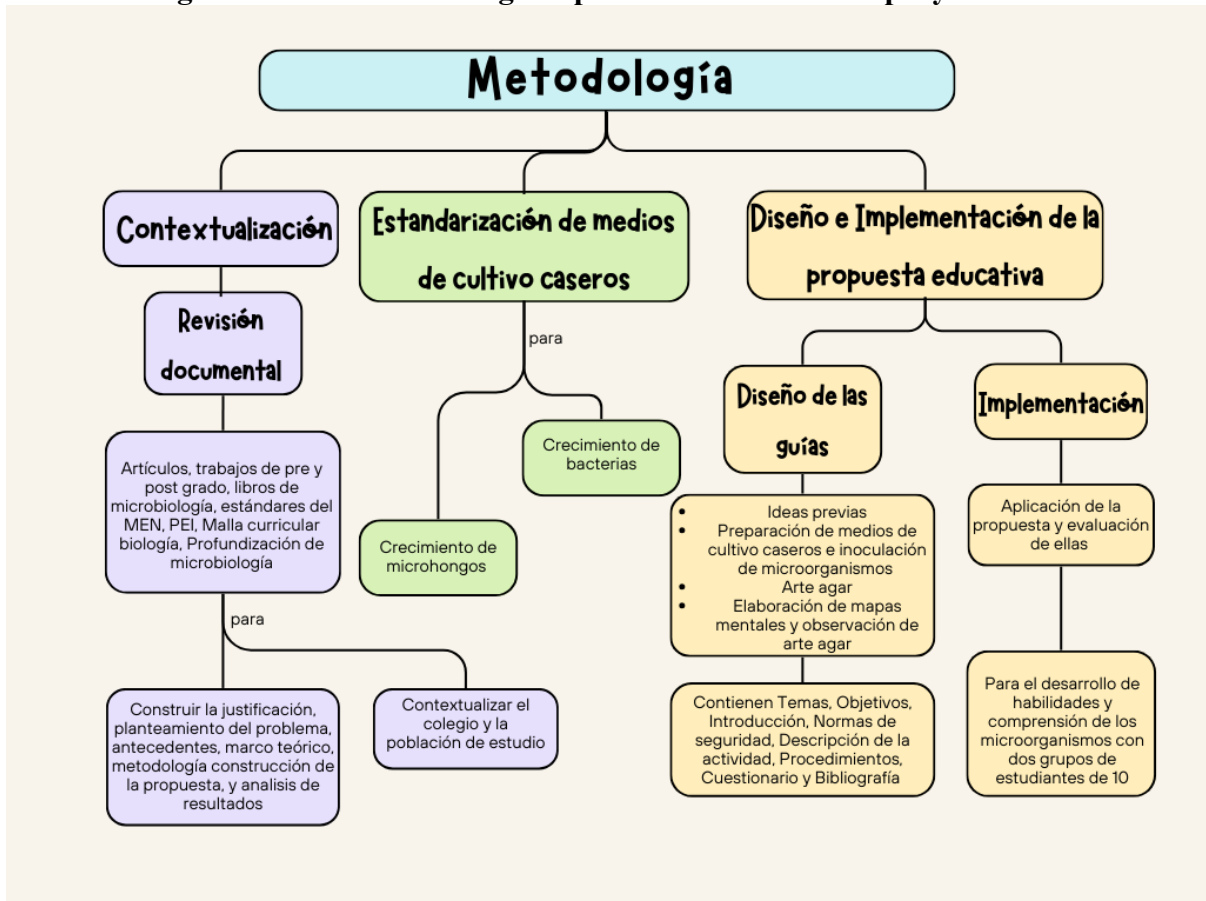
En el semestre 2024-1 la Profundización de Microbiología Aplicada de Décimo (Grupo 1) tuvo inscritos 20 estudiantes de diferentes grupos, de los cuales 13 por falta de cupo en otras profundizaciones, fueron asignados a este espacio, por lo que se

presentó al inicio un alto porcentaje de desinterés hacia la microbiología y los microorganismos, situación que cambio durante la implementación de la propuesta educativa. Con respecto al Grupo 2, en el semestre 2024-2, tuvo 24 inscritos de diferentes grupos, de los cuales 8 manifestaron estar en el espacio por gusto o interés y los otros no les disgusta conocer sobre los microorganismos.

6.3. Diseño metodológico

Para esta propuesta se establecieron 3 fases: Contextualización, estandarización de medios caseros, e implementación como se observa en la Figura 6, y se detallan a continuación.

Figura 6. Fases metodológicas para la realización del proyecto.



Fuente: Elaboración propia

6.3.1 Contextualización

En esta fase se realizó la revisión y el análisis de documentos como artículos, trabajo de pre y posgrado, libros con relación a los microorganismos, el arte agar, las

competencias científicas a través de actividades prácticas, estrategias de enseñanza de la microbiología y medios de cultivo caseros. Además, se revisaron los estándares y competencias del MEN (2004), el PEI y manual de convivencia del Colegio Cafam, así como su malla curricular en biología y de la profundización en microbiología aplicada de grado 10°.

Esta revisión documental contribuyó a la construcción de la propuesta educativa en cuanto a el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos, antecedentes, marco teórico y la metodología.

6.3.2 Estandarización de medios caseros

Para la estandarización se utilizó como base la información de Amado y Mendivelso (2000) y videos de YouTube encontrados en la red sobre la realización de medios de cultivo casero. En ellos, se realizaron diferentes combinaciones de alimentos y solidificantes, con la intención de establecer las mejores condiciones nutricionales con fuentes de carbono y de nitrógeno para el crecimiento de bacterias y hongos.

Los medios de cultivo caseros que permitieron el mejor crecimiento de estos microorganismos fueron utilizados para las actividades con los estudiantes: elaboración de medios de cultivo, inoculación de microorganismos y realización de arte agar.

6.3.3 Diseño e implementación de la propuesta educativa

En el diseño, se formularon 5 actividades incluyendo las ideas previas, para cada una de ellas se utilizó una guía que contenía la temática a trabajar, objetivos, introducción, normas de bioseguridad, descripción de la actividad, procedimiento, cuestionario y bibliografía todo con el propósito de desarrollar algunas competencias científicas a través de actividades prácticas que incluyen el arte agar.

Se implementó con dos poblaciones de estudiantes de grado décimo en el semestre 2024-1 y 2024-2, con 20 y 24 estudiantes respectivamente. Para analizar los resultados se compararon las dos poblaciones a las cuales se les evaluó no solo el nuevo conocimiento sobre los microorganismos sino el desarrollo de competencias científicas con relación a las dimensiones cognitiva (capacidad de utilizar el conocimiento

científico personal para describir, explicar y predecir fenómenos naturales), procedimental (capacidad de identificar problemas científicos y diseñar estrategias para su investigación y capacidad de procesar la información obtenida.) y actitudinal (capacidad de interesarse por el conocimiento, indagación y resolución de problemas científicos y problemáticas socioambientales) descritas por Cañal en el 2012.

7. Resultados y Análisis

A continuación, se presentan los resultados y análisis de la presente investigación de las fases: contextualización, estandarización de medios y diseño e implementación de la propuesta educativa.

7.1. Contextualización

En cuanto a los resultados de la contextualización se abordan los elementos más relevantes identificados tras la revisión documental con relación a las competencias científicas, las actividades prácticas y el arte agar en la enseñanza de los microorganismos y medios de cultivo para el crecimiento de microorganismos.

7.1.2. Revisión documental

Las **competencias científicas** indican una relación diferente con el conocimiento científico más allá de la memorización de conceptos, pues éstas se refieren la capacidad de utilizar estos conocimientos en diferentes contextos y situaciones con el fin de los aprendizajes adquiridos en el aula sean pertinentes y aplicables en situaciones cotidianas de manera que son una integración compleja entre conocimientos, habilidades, valores y actitudes que dan cuenta de las diferentes formas de pensar, explicar y actuar en el mundo por aparte de los estudiantes; además, de ser flexibles y de desarrollo continuo. Por lo tanto, es necesario crear estrategias y situaciones que las potencien como lo son las actividades prácticas, las cuales incentiva la curiosidad y creatividad al motivar y aumentar el interés por aprender, aporta a la apropiación de esto en situaciones experimentales fomentando el pensamiento crítico, la resolución de problemas, formulación de preguntas, trabajo en equipo comunicación, y facilita la comprensión de conceptos, hechos y fenómenos.

Por lo anterior, las **actividades prácticas** han sido usadas en la enseñanza de la microbiología y los microorganismos, puesto que a través de estas pueden acercarse los estudiantes a las diferentes aplicaciones y usos en diversos campos comprendiendo su papel e importancia más allá las concepciones negativas asociadas a las enfermedades y la suciedad; además, de reconocer su diversidad de formas, colores y texturas, papeles ecológicos y procesos superando en impedimento del microscópico tamaño de ellos microorganismos.

Entre las actividades prácticas en los últimos años ha sido de interés el **Arte agar** para aplicar en contextos educativos, como actividad divertida y atrayente que permita favorecer el aprendizaje sobre los microorganismos, ya que a partir de este es posible aplicar y fortalecer fundamentos de microbiología, como las condiciones para el crecimiento, nutrición y metabolismo, así como el uso de instrumentos de laboratorio, las cuales como se mencionó anteriormente posibilitan desarrollar habilidades y competencias científicas profundizando en el conocimiento sobre estos microorganismos. También, el arte agar una oportunidad para hacer visibles a los microorganismos, y como forma de concienciación de las relaciones que existen entre humanos, bacterias y hongos que no se limita a las enfermedades o infecciones, sino que están presentes en nuestro cuerpo y hacen parte fundamental de las industrias alimenticias, farmacéuticas y agrícolas etc. En adición, al ser una estrategia que involucra el arte y la microbiología, es posible usar los microorganismos y los medios de cultivos para expresar pensamientos, ideas y sentires.

Por último, los **medios de cultivo** permiten el crecimiento microbiano y existe una gran variedad de ellos a nivel comercial que se han usado para elaborar obras de Arte agar, los cuales favorecen el crecimiento de diversas especies; sin embargo debido a las potencialidades del Arte agar en la enseñanza de la microbiología, medios caseros como los encontrados en diferentes videos de YouTube y la investigación de Amado y Mendivelso (2000) elaborados con productos de fácil obtención y que no necesiten obligatoriamente de equipos especializados, abren la posibilidad de aplicar esta estrategia en contextos diversos.

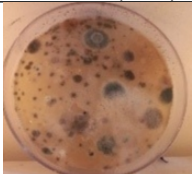

7.2. Estandarización de medios caseros

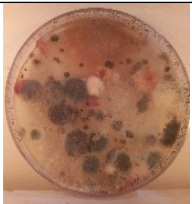

Para la estandarización de los medios se realizaron diferentes combinaciones primero a partir de la información de videos y segundo basado en el trabajo de Amado y Mendivelso (2000).

Con respecto a los medios caseros comunes encontrados en YouTube se realizaron 2 tratamientos cuya composición se encuentra en la Tabla 1 seleccionados con la finalidad de identificar cual o cuales permiten un mejor crecimiento de bacterias y hongos (ver Anexo 1). Es importante mencionar que para cada tratamiento se elaboraron 2 cajas de Petri en las que se inocularon microorganismos de aire y manos.

A continuación, en la Tabla 2 se presentan los resultados, caracterizándolos e ilustrándolos con una fotografía. Para la caracterización se retoman los criterios propuestos por Amado y Mendivelso (2000): cuando se hace referencia a Consistencia se trata del grado de resistencia del medio al tacto y presión del asa; por otra parte, Licuación se refiere al cambio de estado sólido a líquido del medio de cultivo por efectos físicos, químicos o biológicos, y se puede calificar como Ausente, Parcial o Total; y Visibilidad se refiere a como el medio permite la observación de microorganismos.

Tabla 2. Resultado de la estandarización de medios caseros con microorganismos de diferente procedencia.

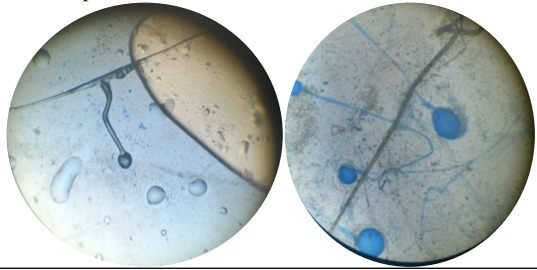
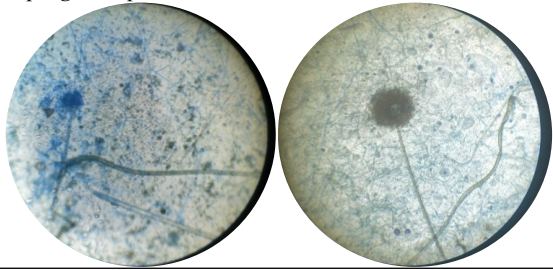


T	Procedencia del microorganismo	Consistencia	Licuación	Visibilidad	Microorganismos presentes	Fotografía Baracaldo (2024)
1	Aire	Blando	Ausente	Buena	<i>Rhizopus</i> <i>Mucor</i> <i>Aspergillus</i> <i>Penicillium</i>	
1	Piel	Blando	Parcial *	Buena	<i>Penicillium</i> <i>Rhizopus</i> , <i>Mucor</i> <i>Aspergillus</i>	

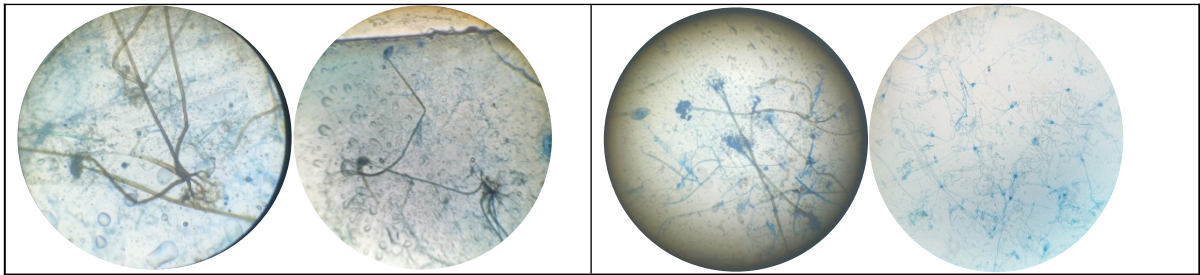
2	Aire	Duro	Parcial *	Buena	<i>Mucor</i> <i>Aspergillus</i> <i>Penicillium</i>	
2	Piel	Blando	Parcial *	Buena	<i>Rhizopus</i> <i>Aspergillus</i> <i>Penicillium</i>	

Nota: los criterios de consistencia, licuación y visibilidad para la evaluación de medios caseros fueron tomados de Amado y Mendivelso (2000). El * implica que solo tubo licuación parcial en donde hubo crecimiento de microorganismos. Fuente: Fotografías tomada por Baracaldo (2024)

Como se observa en las fotografías de la Tabla 2 de los medios realizados con solidificante gelatina sin sabor al 15%, los tratamientos 1 y 2, presentan buena visibilidad y poca licuación y hubo crecimiento de microhongos, probablemente debido al consumo de los nutrientes de los medios por parte de estos organismos o por la capacidad proteolítica de algunas bacterias de hacer licuefacción positiva que además dificulta su observación. Se observaron los géneros *Mucor sp.*, *Rhizopus sp.*, *Aspergillus sp.* y *Penicillium sp.*; en el tratamiento 2 se presentó mayor diversidad como se puede observar en las fotografías de la Tabla 2, debido a que su composición es similar al medio comercial Papa Dextrosa (200g/L de infusión de papa, 20g/L de dextrosa y 15g/L de Agar agar) (Cifuentes y Quispe, 2014). Algunas fotografías microscópicas se pueden observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Fotografías de microhongos que crecieron en los medios caseros

<i>Mucor sp.</i> 	<i>Aspergillus sp.</i> 
<i>Rhizopus sp.</i> 	<i>Penicillium sp.</i> 



Fuente: Fotografías tomada por Baracaldo (2024)

Los tratamientos anteriores favorecieron únicamente el crecimiento y desarrollo de microhongos; además, en todos hubo licuación, lo cual demuestra que la gelatina sin sabor es insuficiente como solidificante para medios con bacterias, estos resultados coinciden con Amado y Mendivelso (2000), quienes a partir de sus ensayos identifican que para que los medios con gelatina no se disuelvan necesitan que ella este al 30%, el doble de la usada en los tratamientos anteriores (tratamientos 1 y 2), y glicerina al 10%, dado que si se utilizan cantidades superiores impide el crecimiento de microorganismos ya que puede afectar el equilibrio interno de las células al ocupar el volumen de agua necesaria para su desarrollo.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores y basándose en los reportado por Amado y Mendivelso se plantearon los tratamientos 3, 4, 5 y 6 (Anexo 1) en los cuales se experimentan diferentes concentraciones de glicerina por debajo del 10%, con gelatina al 30%, y algunos tienen 0,5g de azúcar y los otros no. Con relación a la procedencia de las bacterias se emplearon cultivos puros (*Bacillus sp.*, *Bacillus subtilis* y *Bacillus thuringensis*), de suelo, saliva, piel, objeto y kumis casero (Tabla 4 y 5).

Los resultados de la Tabla 5 indican: en cuanto consistencia que un 30% de gelatina hace que el medio se conserve solido por mayor tiempo (una semana o más a temperatura ambiente) y permite el crecimiento de bacterias; sin embargo, cuando hay crecimiento excesivo de microhongos estos causan licuefacción parcial tal vez por su uso como nutriente (Amado y Mendivelso, 2000). Además, se comprobó que la gelatina de sabores también puede ser usada en la preparación de los medios de cultivo caseros, favoreciendo la visibilidad de los microorganismos y siendo un lienzo llamativo por sus colores para hacer arte agar. Es importante mencionar, que al comparar la composición entre la gelatina sin sabor y la de sabores se evidencia que en esta última hay más

variedad de nutrientes como azúcar, diferentes reguladores de acidez, saborizantes, edulcorantes y colorantes artificiales según el sabor, sodio, y pequeñas cantidades de hierro, calcio y zinc (Gel'hada, 2024), lo que condujo a que crecieran mejor las bacterias.

En cuanto al objetivo de favorecer el crecimiento de colonias bacterianas, en los tratamientos 3.1B, 4.1B, 4.2B y 5.2B se observaron un buen crecimiento de estas y todas proveniente de la saliva o del kumis casero. Ahora bien, el 5% de glicerina fue el que más favoreció el desarrollo de estos microorganismos impidiendo el crecimiento de microhongos coincidiendo con los resultados de Amado y Mendivelso (2000).

Tabla 4. Resultado de tratamientos de medios para bacterias con variación de glicerina y azúcar.

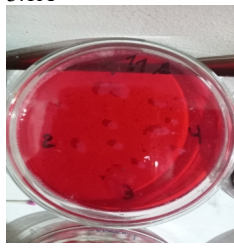
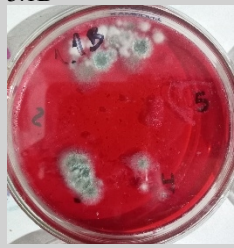
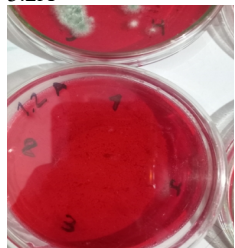
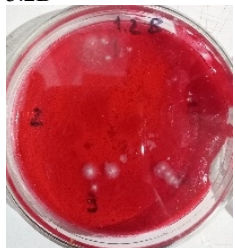
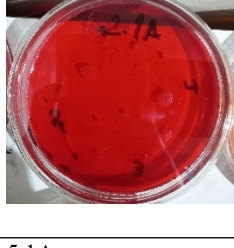

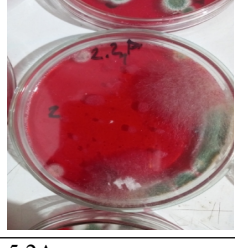
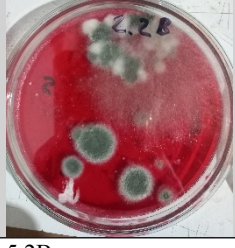
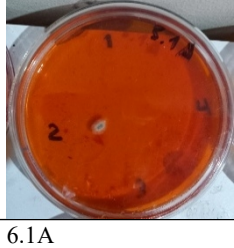
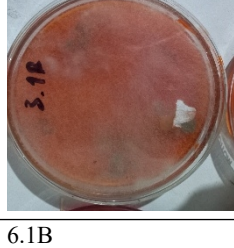
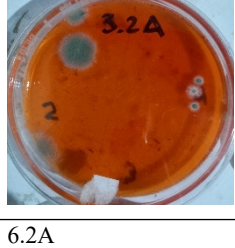
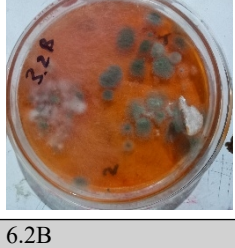
Tratamiento		Consistencia del medio	Licuación del medio	Visibilidad	Crecimiento por área de microorganismos en la caja de Petri	Procedencia
3.1A	Gelatina 30% Glicerina 10%	Duro	Ausente	Mala	1% hongos	Cultivos puros
3.1B	Gelatina 30% Glicerina 10%	Duro	Ausente	Regular	9% Bacterias 20% Hongos	Kumis casero Suelo, piel, objeto
3.2A	Gelatina 30% Glicerina 10% Azúcar	ED	Ausente	Mala	Ninguno	
3.2B	Gelatina 30% Glicerina 10% Azúcar	Duro	Ausente	Regular	5% Hongos	Suelo y piel
4.1A	Gelatina 30% Glicerina 5%	Dura	Ausente	Mala	Ninguno	
4.1B	Gelatina 30% Glicerina 5%	Duro	Ausente	Buena	10% Bacteria 60% Hongos	Kumis casero Suelo, piel, objeto
4.2A	Gelatina 30% Glicerina 5% Azúcar	Duro	Ausente	Mala	30% Hongos	Cultivos puros
4.2B	Gelatina 30% Glicerina 5% Azúcar	Duro	Ausente	Regular / Buena	5% Bacteria 5% Bacteria 60% Hongos	Saliva Kumis casero Suelo, piel, objeto
5.1A	Gelatina 30% Glicerina 3%	Duro	Ausente	Mala	2% Hongos	Cultivos puros
5.1B	Gelatina 30% Glicerina 3%	Blando	Ausente	Regular	100% Hongos	Suelo, saliva, piel, objeto, kumis
5.2A	Gelatina 30% Glicerina 3% Azúcar	Duro	Ausente	Mala	10% Hongos	Cultivos puros
5.2B	Gelatina 30% Glicerina 3% Azúcar	Duro	Ausente	Regular	80% Hongos	Suelo, piel, objeto, kumis
6.1A	Gelatina 30%	Dura	Ausente	Regular	40% Hongos	Cultivos puros
6.1B	Gelatina 30%	Blando	Parcial	Regular	95% Hongos	Suelo, saliva, piel, objeto, kumis
6.2A	Gelatina 30% Azúcar	Dura	Ausente	Mala	40% Hongos	Cultivos puros

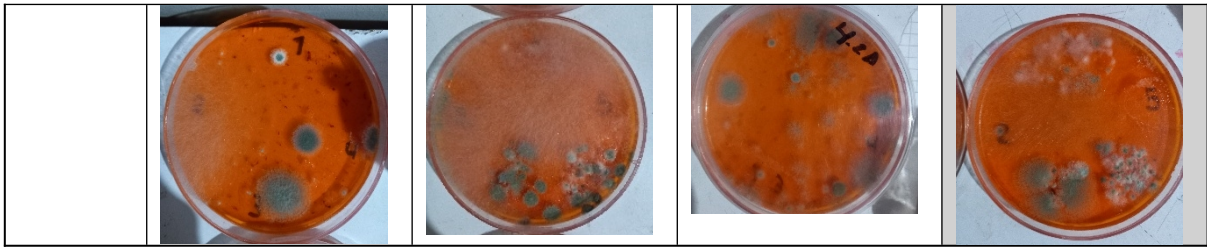
6.2B	Gelatina 30% Azúcar	Dura	Ausente	Buena	10% Bacteria 7% Bacteria 40% Hongos	Saliva Kumis casero Suelo, saliva, piel, objeto, kumis
-------------	------------------------	------	---------	-------	---	---

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 5 todos los medios que tenían microorganismos provenientes de suelo, saliva, piel, objeto y kumis casero tuvieron crecimiento de microhongos y bacterias en diferentes proporciones, y los procedentes de los cultivos puros no crecieron posiblemente porque el medio de cultivo no era enriquecido o selectivo, los cuales según Cifuentes y Quispe (2014) se recomiendan para mantener cultivos puros, además, en estos medios de cultivo crecieron microhongos.

Tabla 5. Fotografías resultado de medios para bacterias con variación de glicerina y azúcar.

Glicerina	Sin azúcar		Con azúcar	
	De cultivos puros	Del ambiente	De cultivos puros	Del ambiente
10%	3.1A 	3.1B 	3.2A 	3.2B 
5%	4.1A 	4.1B 	4.2A 	4.2B 
3%	5.1A 	5.1B 	5.2A 	5.2B 
0%	6.1A	6.1B	6.2A	6.2B



Fuente: Fotografías tomadas por Baracaldo (2024).

En aquellos medios con azúcar se presentó mayor crecimiento de microhongos, a excepción de 3.2A, tal vez por el porcentaje de glicerina en el medio (10%) que afectó más a los hongos. En los medios 4.1A y 4.2A con porcentajes de glicerina de 10% y 5% no hubo ningún desarrollo visible de microorganismos probablemente debido a la influencia de esta sustancia en el equilibrio interno de las células lo que impidió el desarrollo y reproducción de las bacterias inoculadas desde cultivos puros (Amado y Mendivelso, 2000). Con estos resultados se encuentra que el porcentaje de glicerina del 5% fue el que más favoreció el crecimiento de bacterias.

Con relación al azúcar como fuente de carbono en los tratamientos anteriores, se evidenció que esta favoreció el crecimiento de microhongos con respecto a las bacterias, por lo cual para aportar al medio de cultivo carbono y otros nutrientes se comprueban algunos de los nutrientes de origen animal y vegetal como la panela, el arroz y la avena (Amado y Mendivelso, 2000) y el maggi (Microbioma, 2024) (Anexo 1). Los resultados se observan en la Tabla 6 y se elaboraron 2 cajas Petri por tratamiento en la cual una fue inoculada con bacterias de cultivos puros (*Bacillus sp. Bacillus subtilis* y *Bacillus thuringiensis*) y la otra con bacterias del suelo, saliva, piel, objeto, kumis casero y jugo de piña fermentado.

Tabla 6. Resultados de medios de cultivo con diferentes fuentes de nutrientes para bacterias.

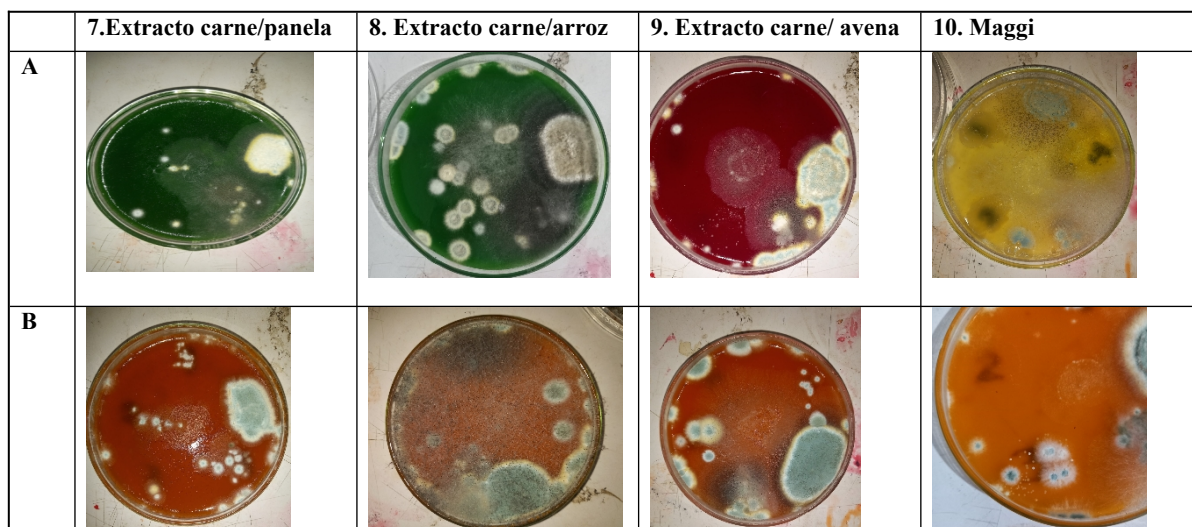
Tratamiento		Consistencia del medio	Licuefacción del medio	Visibilidad	Crecimiento por área de microorganismos en la caja de Petri	Procedencia	
7	Extracto carne - panela	A	Dura	Ausente	Regular	60% hongos	Cultivos puros
		B	Dura	Ausente	Regular	10% Bacteria 3% Bacteria 40% hongos	Jugo de piña Piel Suelo, saliva, piel, objeto, kumis
8	Extracto carne -	A	Dura	Ausente	Regular	70% hongos	Cultivos puros
		B	Blanda	Ausente	Regular	100% hongos	Suelo, saliva,

	arroz						piel, objeto, kumis
9	Extracto carne - avena	A	Dura	Ausente	Buena	15% Bacteria 30% hongos	Cultivos puros Cultivos puros
		B	Blanda	Parcial	Regular	2% Bacteria 10% Bacteria 70% hongo	Saliva Jugo de piña
10	Maggi	A	Blanda	Parcial	Regular	10% Bacteria 10% Bacteria 60% Hongos	Cultivos puros Cultivos puros Cultivos puros
		B	Duro	Parcial	Regular	8% Bacteria 10% Bacteria 40% hongo	Piel Jugo de piña Suelo, piel, objeto, kumis

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se puede observar en la Tabla 6 los tratamientos 7 y 10 fueron los mejores medios para el crecimiento de bacterias y los resultados fueron similares; aunque en el medio de Extracto de Carne/Panela crecieron más rápido las bacterias dado que es un medio más enriquecido puesto que la panela aporta gran cantidad de carbohidratos, fósforo, potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, vitaminas y proteínas (Durán, 1996) y el extracto de carne es rico en proteínas; sin embargo, es dispendioso su preparación resultados que coinciden con lo reportado por Amado y Mendivelso (2000); por lo tanto, se escogió el medio con Maggi el cual contiene sal, harina de arroz, glutamato monosódico, grasa vegetal de palma, mezcla de especias, proteína de soya, carne de gallina deshidratada, y colorantes artificiales (Maggi, 2025). En la Tabla 7 se presentan fotografías de los diferentes medios con crecimiento microbiano.

Tabla 7. Fotografías de resultados de medios de cultivo con diferentes fuentes de nutrientes para bacterias.



--	--	--	--

Fuente: Fotografías tomada por Baracaldo (2024)

Como se observa en la tabla 7 no hubo crecimiento de bacterias provenientes de cultivos puros ya que para estas bacterias es recomendado usar cultivos enriquecidos o selectivos (Amado y Mendivelso, 20000; Cifuentes y Quispe, 2014) sin embargo si crecieron las procedentes de suelo, saliva, piel, objetos y kumis casero posiblemente porque son organismos menos exigentes.

Teniendo en cuenta lo anterior, el medio escogido para el crecimiento de las bacterias es gelatina al 30% (agente gelificante), y glicerina 5% (impide el crecimiento de los hongos) y el maggi (1%) como nutriente. Y como organismos para inocularlos en los medios se escogen los procedentes de suelo, saliva, piel, objetos y kumis casero. Durante la implementación de la propuesta educativa con las dos poblaciones se inocularon microorganismos de kumis, masato, chicha, jugo de piña fermentado, de las manos de los estudiantes, de hojas y pétalos de plantas y del suelo. Es importante mencionar, que se obtuvo un mejor crecimiento bacteriano a partir de los alimentos.

En resumen, después de experimentar con diferentes condiciones de nutriente y solidificante los medios escogidos fueron: a) En bacterias, el tratamiento 10 cuya composición es: 50 ml de agua hervida o destilada, 0,5g maggi, 15g de gelatina de cualquier tipo, y 2,5 ml de glicerina. b) En microhongos el tratamiento 2 cuya composición es: 7g de gelatina sin sabor, 1g de papa, 0,5g de azúcar y 50 ml de agua.

7.3. Diseño e implementación de la propuesta educativa

La implementación de la propuesta se llevó a cabo con el grado décimo de la Profundización de Microbiología Aplicada en el 2024-1 y 2024-2 con dos grupos de 20 y 24 estudiantes respectivamente, los cuales presentan edades entre 16 y 17 años. En la Tabla 8 se presentan las actividades realizadas.

Tabla 8. Actividades realizadas con estudiantes de la profundización de microbiología

Actividad	Propósito	Descripción	Materiales implementados
1. Ideas previas	- Conocer las ideas previas de los estudiantes	Los estudiantes responden un cuestionario.	Guías que incluyen

			Cuestionario
2. Preparación de medios de cultivo caseros	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocer los elementos necesarios para la preparación de un medio de cultivo que permita el crecimiento de microorganismos mientras se desarrollan habilidades cognitivas. -Desarrollar habilidades metodológicas al seguir instrucciones para realizar actividades prácticas. 	Los estudiantes realizan en casa y/o en el laboratorio un medio de cultivo con papa o maggi, siguiendo las indicaciones de la guía de laboratorio 1 y, además, resuelven un cuestionario que se encuentra dentro de esta.	guía de laboratorio 1
3. Inoculación de microorganismos en casa o en el laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar la presencia de microorganismos procedentes de diferentes hábitats. - Relacionar los microorganismos inoculados con su lugar de origen. - Comprender la importancia de los medios de cultivo para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos. - Desarrollar habilidades metodológicas y actitudinales al realizar actividades prácticas. 	Con el medio de cultivo realizado los estudiantes en casa y/o en el laboratorio siguen las indicaciones de la guía de laboratorio 2 sobre la inoculación de microorganismos provenientes de diferentes ambientes como objetos, manos, boca, aire y suelo, y, además, responden un cuestionario que se encuentra dentro de esta.	guía de laboratorio 2.docx
4. Arte agar en medios de cultivo caseros	<ul style="list-style-type: none"> -Describir los microorganismos presentes en los medios de cultivo realizados en aula teniendo en cuenta su origen, color, tamaño, cantidad. -Crear una obra de arte agar en medio de cultivo casero con los microorganismos de manera grupal -Desarrollar habilidades metodológicas y actitudinales al realizar actividades de laboratorio. 	<p>En esta sesión se realiza una explicación sobre medios de cultivo, nutrición microbiana y generalidades de bacterias y microhongos.</p> <p>A continuación, en el laboratorio de biología, los estudiantes organizados en grupos de 2 y 3, siguen las instrucciones de la guía de laboratorio 3. Para ello se les da un medio de cultivo como lienzo en el cual deben realizar un arte agar con los microorganismos cultivados previamente como pintura. También deben responder las preguntas del cuestionario que se encuentra dentro de la guía.</p>	Guía de laboratorio 3 Diapositivas
5. Elaboración de mapas mentales y observación de Arte agar	<ul style="list-style-type: none"> - Demostrar los aprendizajes sobre las bacterias y microhongos por medio de un mapa mental - Valorar la obra de arte agar realizada en grupo 	<p>En esta sesión los estudiantes organizados en grupos de 2 y 3 en el laboratorio de biología, siguen las instrucciones de la guía de laboratorio 4.</p> <p>A cada grupo se le entrega su obra de arte agar para que valoren el resultado y describan a los microorganismos que crecieron. Además, a través de un mapa mental expresan lo comprendido de la explicación e integren los aprendizajes de las diferentes sesiones.</p>	Guía de laboratorio 4

Fuente: Elaboración propia.

Para el Grupo 1 de estudiantes las actividades 1,2 y 3 fueron realizadas por medio de guías de laboratorio en casa y para el Grupo 2, estas fueron realizadas en el

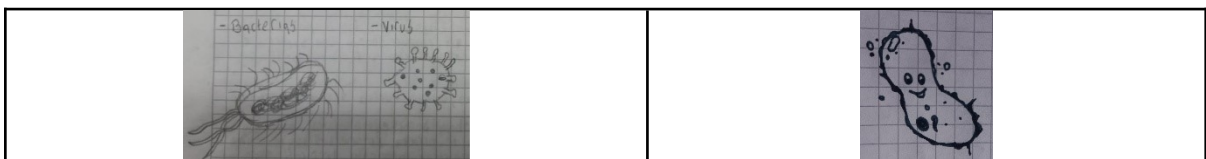
laboratorio. Es importante mencionar que las actividades 4 y 5 de ambos grupos se realizaron en el laboratorio.

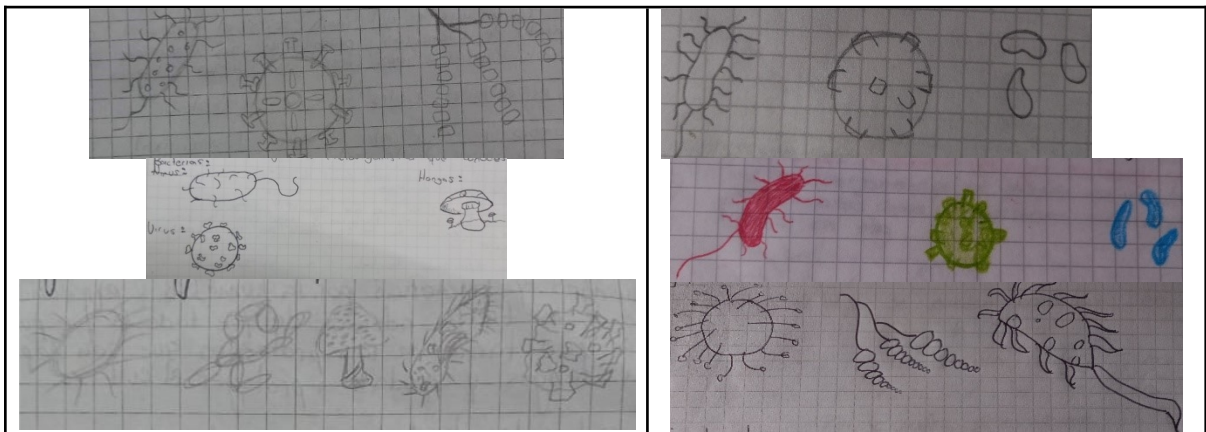
7.3.1. Actividad 1. Ideas Previas

Para el Grupo 1, al analizar las respuestas de la Actividad 1 que tenía la intención de conocer los conocimientos previos de los estudiantes con relación a los microorganismos; a la primera pregunta, “¿Cómo puedes observar microorganismos?”, la mayoría (80%) de los estudiantes reconocen al microscopio como herramienta que permite observar microorganismos al mencionar “utilizando herramientas, como los microscopios” posiblemente porque han sido usados en sus prácticas de laboratorio en años anteriores. Con respecto al Grupo 2, se presenta la misma tendencia; sin embargo, si se dio la oportunidad de usar microscopio, pero solo para muestras de tejido vegetal y animal, pues con las muestras de bacterias no pudieron enfocar el microscopio.

Con relación a la segunda pregunta, “Menciona o dibuja los microorganismos que conoces”, en las respuestas del Grupo 1 se observa que la mayoría de los estudiantes reconocen los principales tipos de microorganismos: bacterias, hongos, virus, arqueas y protozoos, citando principalmente los tres primeros, probablemente porque estos han sido abordados anteriormente en las clases de biología y de la asignatura de profundización de microbiología a diferencia de la investigación de Vargas (2023), la cual encontró que solo el 10% de los estudiantes los mencionan. En la Tabla 9 se muestran algunos dibujos de microorganismos realizados por los estudiantes de ambos grupos, donde llama la atención que en todos hay bacterias con flagelos y fimbrias, setas o macrohongos y virus, semejantes a los que se divulgan a través de los medios de comunicación y redes sociales evidenciándose su impacto en el conocimiento de los estudiantes coincidiendo con los resultados obtenidos por Vargas (2023).

Tabla 9. Dibujos de microorganismos realizados por algunos estudiantes





Fotografías de algunas de las representaciones de microorganismos realizadas por estudiantes. A la izquierda Grupo 1, a la derecha Grupo 2.

En el Grupo 2, no nombran los tipos de microorganismos, solo dibujan; la mayoría contienen lo que aparentan ser virus, bacterias en forma de bacilos con flagelos y fimbrias, los cuales en su mayoría no colorean, al igual a lo encontrado por Ballesteros et al. (2018) quienes mencionan que aunque los estudiantes cuentan con los materiales no los utilizan solo usan lápiz o esfero y lo relaciona con un desinterés por el tema; por otro lado, solo un estudiante dibujó a los microorganismos con rostro, tampoco hay representación de los hongos como si sucedió en el Grupo 1, de igual forma los dibujos de los virus tienen semejanza a las imágenes transmitidas por medios de comunicación del virus del Covid-19, evidenciándose su influencia en las concepciones de los estudiantes sobre los microorganismos (Califano, 2015).

En las respuestas a la pregunta 3, “¿Dónde se pueden encontrar microorganismos?”, todos los estudiantes del Grupo 1 identifican diversos lugares como “todo lado”, “se pueden encontrar en todas partes del planeta”, “en el aire, el agua, el suelo, los alimentos, en nuestro cuerpo” y “en una variedad de lugares como el suelo, el agua, el aire, los alimentos, las plantas y los cuerpos de los seres vivos” reconociendo la diversidad de los hábitats en los que habitan los microorganismos sin asociarlos a la basura y lugares o partes del cuerpo contaminadas, a diferencia de lo encontrado por Vargas (2023) y Ballesteros et al. (2018) que muchos estudiantes si los asociaban a estos hábitats.

En el Grupo 2 también se presentan expresiones como “En todos los lugares de la tierra”, “En todas partes” y “En todo lado”, una respuesta similar “En todas partes,

pero no podemos verlos” da cuenta de la conciencia que tiene este estudiante de la imposibilidad de verlos aunque habiten en todos los lugares del planeta, otro estudiante responde “La mayoría de las superficies que tocamos” asociando a la imagen de redes sociales y medios de comunicación de que al tocar algo con las manos se llenan de bacterias y por ello la importancia del lavado de manos. En adición, algunos estudiantes mencionan lugares como “Partes de nuestro cuerpo, plantas, animales y en lugares como boca y demás”, “Medio ambiente, seres vivos y lugares comunes” y “Se encuentran más que todo en lugares públicos que son frecuentamos” reconociendo al igual que el Grupo 1, la diversidad de hábitats donde viven los microorganismos, y al igual que lo encontrado por Ballesteros et al. (2018) que asocian lugares del cuerpo como la boca como uno donde suelen habitar bacterias, y a diferencia de su investigación y de Vargas (2023) no lo asocian con basura o contaminación, sino lugares frecuentados por personas, también llaman la atención dos respuestas “En donde tengan un hábitat para vivir” y “Donde tengan cómo alimentarse y vivir” pues la primera asocia la vida con el hábitat, ya que las bacterias si bien son fundamentales en los ecosistemas ellas tampoco podrían vivir sin estos y la segunda asocia no a un hábitat sino a las condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos (Madigan, et al., 2015).

Y por último, en la respuesta a la pregunta cuatro, “*Menciona los impactos o incidencias de los microorganismos*”, todos los estudiantes del Grupo 1 indican impactos negativos en cuanto a cómo afectan a los humanos o a los alimentos con comentarios como “Los microorganismos pueden a veces ser buenos, pueden ser malos para la salud” y “Enfermedades infecciosas, deterioro de alimentos”; sin embargo algunos pocos (30%) muestran impactos positivos como utilidades para la industria alimentaria al comentar “Producen varios alimentos y bebidas, medicamentos son derivados de microorganismos”. Con relación al Grupo 2, también hay una gran tendencia a indicar afectaciones a los humanos especialmente la salud, con comentarios como “Ocasionar enfermedades e Infecciones”, llama la atención los comentarios de dos estudiantes que los asocian a “problemas de salud como diabetes, obesidad y cáncer” las cuales no tienen relación con microorganismos patógenos ocasionado tal vez por una confusión conceptual, varios de los que mencionan las enfermedades también

mencionan a los antibióticos “Impactos como enfermedades y antibióticos” y “Generar antibióticos y enfermedades” teniendo presente los usos en la producción farmacéutica, 4 estudiantes mencionan también sus usos en otras industrias con respuestas como “Como fermentantes” y “El ambiente y la agricultura”, entre otros impactos e incidencias que mencionan esta su papel en la digestión y la descomposición. En los dos grupos se hace evidente que los estudiantes asocian los microorganismos a impactos negativos y mencionan muy poco la producción de alimentos, coincidiendo con la investigación realizada por Ballesteros et al. (2018).

Por otro lado, con la intención de conocer que competencias científicas han desarrollado en años anteriores se tiene en cuenta tres de las dimensiones propuestas por Cañal (2012): la conceptual (Capacidad de utilizar el conocimiento científico personal para describir, explicar y predecir fenómenos naturales), la metodológica (Capacidad de identificar problemas científicos y diseñar estrategias para su investigación y Capacidad de procesar la información obtenida) y la actitudinal (Capacidad de valorar la calidad de una información en función de su procedencia y de los procedimientos utilizados para generarla).

Con relación a la dimensión conceptual esta se identifica en ambos grupos debido a que los estudiantes exponen sus aprendizajes previos en sus propias palabras y mencionan ejemplos de su experiencia, la dimensión metodológica no se identifica y la dimensión actitudinal, se evidencia especialmente en el Grupo 2, quienes expresan sus intereses por el área y continuar aprendiendo.

7.3.2. Actividad 2 y 3. Preparación de medios de cultivo caseros e Inoculación de microorganismos

Las actividades 2 y 3 para el Grupo 1 fueron realizadas en casa por los estudiantes al igual que las ideas previas, en las que se les entregó una caja de Petri por estudiante para poder realizarlas; por tanto, no se pudo hacer seguimiento; sin embargo, se infiere que ellos siguieron instrucciones, hicieron un buen manejo de los materiales caseros que reemplazaban a los del laboratorio, dado que entregaron los medios de cultivo caseros con bacterias y hongos como se evidencia en la Figura 7. Mientras que para el Grupo 2 si se realizó en el laboratorio.

Figura 7. Resultados de los medios de cultivo e inoculación realizados en casa por estudiantes del Grupo 1



Fuente: Fotografías tomada por Baracaldo (2024)

En el Grupo 1 la competencia científica de la dimensión conceptual, se identifica a través de las respuestas a los cuestionarios de la práctica en casa, para las que emplearon sus conocimientos previos al proponer soluciones e ideas con sus palabras sobre los fenómenos asociados el cultivo de microorganismos como “estos aportan carbohidratos de los cuales los microorganismos se alimentan”, “la papa/maggi proporciona nutrientes como carbohidratos, proteínas y sales minerales”, relacionando los nutrientes que componen los medios caseros realizados con los necesarios para el crecimiento de bacterias y microhongos; también, al usar de ejemplo situaciones pertinentes “como las monedas son objetos de transacción pueden aparecer bacterias y hongos por sus constante manipulación”, “el baño al ser húmedo hay diferentes microorganismos” estableciendo una relación entre condiciones ambientales y la presencia de microorganismos.

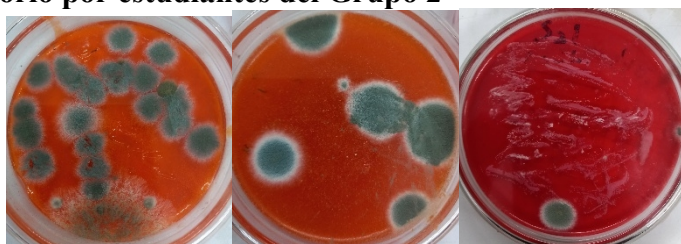
En la dimensión metodológica, los estudiantes observan, interpretan y dan explicaciones cuando mencionan “escogí el de las manos ya que estuve interactuando y tocando objetos y zonas expuestas a diferentes cosas sucias y son más propensas a tener bacterias para poner en la caja de Petri”. Y en la dimensión actitudinal, en la que a pesar de que la mayoría de los estudiantes no realizaron la actividad de las ideas previas pues no era su intención cursar la profundización de microbiología, todos realizaron las actividades 2 y 3, esto posiblemente por que a ellos les llama la atención realizar prácticas debido a que estas aumentan la motivación y el interés por aprender favoreciendo el aprendizaje significativo (Cháves, 2024).

En el Grupo 2 la competencia científica de la dimensión conceptual, se evidencia a la partir de las respuestas a los cuestionarios en el que desde sus propias palabras expresan conceptos e ideas para explicar la función de los medios de cultivo “para que

las propiedades del ecosistema sean las que permitan vivir a las bacterias allí”, relacionan las biomoléculas que componen los medios y el desarrollo de bacterias u hongos “hongos ya que era un medio de papa” e infieren el tipo de microorganismo que crecerá en sus placas de Petri según el origen de estos “bacterias porque el sabor del kumis se da gracias a las bacterias”.

La dimensión metodológica, se identifica al interpretar y proponer explicaciones comparando y estableciendo relaciones entre los fenómenos a partir de observaciones durante la práctica de laboratorio y aprendizajes previos “por el olor creemos que esta fermentado y por ello hay bacterias” y “nacieron bacterias porque se manipuló con las manos”. Y la dimensión actitudinal, se evidenció durante los laboratorios en los cuales prestaban atención y seguían instrucciones, establecían turnos, proponían soluciones a algunas situaciones presentadas y formulaban preguntas sobre la actividad, los resultados se evidencian en la Figura 8.

Figura 8. Resultados de los medios de cultivo e inoculación realizados en el laboratorio por estudiantes del Grupo 2



Fuente: Fotografías tomada por Baracaldo (2024)

Teniendo en cuanto lo anterior, se hace evidente que los estudiantes de grupo 1 y 2 desarrollan la dimensión conceptual al utilizar los conceptos y concepciones construidas para poderlos aplicar en las respuestas a las preguntas de los cuestionarios y las explicaciones que dan a lo que observan en las cajas de Petri, así como la dimensión metodológica al observar e identificar características ya aspectos relevantes los cuales comparan, relacionan e interpretan, y la dimensión actitudinal se desarrolla especialmente en el Grupo 1, gracias a que la actividad práctica les permite interactuar directamente con el fenómeno del cultivo de microorganismos lo que les genera interés y curiosidad por aprender y comprender (Johns y Pérez, 2024).

7.3.3. Actividad 4. Arte agar en medios de cultivo casero

En la actividad 4, el laboratorio de Arte Agar se inició con una explicación sobre medios de cultivo, nutrición microbiana y generalidades de bacterias y microhongos apoyando se en una presentación en Power Point (Tabla 8/diapositivas) y además durante esta se hicieron preguntas sobre la temática. La mayoría de los estudiantes del Grupo 1 presentaron desinterés evidenciándose en la poca participación al responder las preguntas, como las que se referían a como les había ido con la práctica en casa o más conceptuales sobre porque usar esos ingredientes y su función; sin embargo, 7 de los estudiantes que fueron los que completaron los cuestionarios de las guías se mostraron muy participativos, curiosos y con confianza para preguntar y responder preguntas. En estos casos, se evidencia la dimensión actitudinal en que el estudiante que siente compromiso y confianza con el trabajo realizado y sus aprendizajes comparte con mayor seguridad sus observaciones e inquietudes (Torres, 2013); denotando la importancia que tiene la participación del estudiante en la construcción de conocimiento. En adición, es importante mencionar que algunos posiblemente por ser tímidos preferirán llamar a la maestra en formación de manera personalizada para formular sus preguntas. En la dimensión conceptual y metodológica, se identifica a través de sus comentarios e inquietudes han realizado observaciones y relacionado entre ellas y sus conocimientos previos, en un proceso de construcción y apropiación del conocimiento.

Para el Grupo 2 se evidenció una situación similar en la que fue poca la participación; sin embargo, al relacionar los temas de la explicación con lo realizado por ellos mismos en el laboratorio se evidenció un desarrollo de la dimensión conceptual al explicar lo realizado con sus conocimientos previos sobre nutrición y metabolismo y los nuevos aprendizajes sobre los microorganismos; esto fue posible gracias a la experimentación durante las actividades prácticas donde ellos crearon su propio medio y cultivaron microorganismos permitiéndoles interactuar con estos, facilitando así la comprensión a través de la observación, la experimentación y la curiosidad; también se observó la dimensión actitudinal cuando ellos tuvieron que buscar profundizar sus aprendizajes (Chavés, 2024)

A la hora de realizar el procedimiento de Arte Agar, al distribuir los materiales y dar las indicaciones, en los dos grupos de estudiantes se presentó motivación e interés por hacer la actividad y ambos grupos comenzaron inmediatamente sin prestar atención a las instrucciones, por lo cual se pasó subgrupo por subgrupo repitiendo la instrucción, resolviendo dudas y aconsejando, los estudiantes tomaron y aplicaron los aportes mejorando en cosas como romper menos el medio, o tomar mejor los microorganismos. De manera general en todos los grupos había un buen ambiente de trabajo y se dedicaron a diseñar y pintar sus obras. Además, se mostraron atentos a responder preguntas y a formularlas, atendían consejos de buena manera e incluso varios se quedaron algunos minutos más para terminar su obra. La práctica de laboratorio y el trabajo en grupo resultó ser llamativo y permitió continuar fortaleciendo la competencia metodológica al observar y contrastar sus resultados con las fotografías presentadas de microorganismos, realizar comparaciones y establecer relaciones y seleccionar las pinturas en base. Además, posibilitó que ellos manipularon los microorganismos sobre los medios (Sulaiman, et al., 2023; Adkins, et al, 2021) como se evidencia en la Figura 9.

A pesar de ser en el laboratorio, para el caso del Grupo 1 por cuestiones logísticas no se contó con los materiales adecuados, por lo que tocó recurrir a sustituir lo mecheros por velas y asas bacteriológicas por agujas, lo que dificultó un poco el procedimiento, pues las agujas eran muy cortas o pequeñas para sus manos, con mayor facilidad rompían el medio, y al desinfectarlas con el fuego de la vela se acumulaba el hollín dificultando ver si se había tomado correctamente el microorganismo y si se ha pintado adecuadamente con él, e incluso pasar el hollín al lienzo impidiendo el desarrollo de los microorganismos. Para el Grupo 2 se contó con mecheros, asas bacteriológicas y además el medio de cultivo casero ya estaba estandarizado para el crecimiento de hongos y bacterias.

Figura 9. Estudiantes de Grupo 1 y Grupo 2 realizando arte agar



Fuente: Fotografías tomada por Baracaldo (2024)

En el trabajo en equipo, los estudiantes de ambos grupos elegían y dibujaban su obra a partir de ideas espontáneas que eran aprobadas por el grupo “lo escogimos porque es bonito” “fue lo primero que se nos ocurrió”, mientras que otros expresaban sus emociones “Dibujamos una carita feliz para demostrar los sentimientos humanos”, “Lo dibujamos porque así nos sentimos por dentro” o “representa felicidad”, también chistes internos que surgen de una convivencia y gustos comunes “Representa unidad de equipo (chiste interno) y el trabajo en equipo que realizamos” y “roblox core, cause life is Roblox”. Esto da cuenta de cómo la enseñanza de la microbiología desde el arte agar posibilita que los estudiantes puedan expresar no solamente sus conocimientos sobre los microorganismos sino sus emociones lo cual coincide con lo reportado por Pérez en la que el arte agar resultó una estrategia para “promover la educación científica, permitiendo ofrecer una imagen distinta de los microorganismos (...) en la enseñanza de la microbiología, se abarca integralmente desde la expresión de las emociones y la identidad de los estudiantes” (2023, p. 14). Otros grupos por los microorganismos que tenían a su disposición “Lo escogimos porque nuestra mezcla tenía colores rojos como vino tinto y por eso decidimos hacer una rosa” de esta manera los estudiantes demostraron interés en el crecimiento de los microorganismos en los medios de cultivos relacionándolos, resultados semejantes a los obtenidos por Chaves (2024).

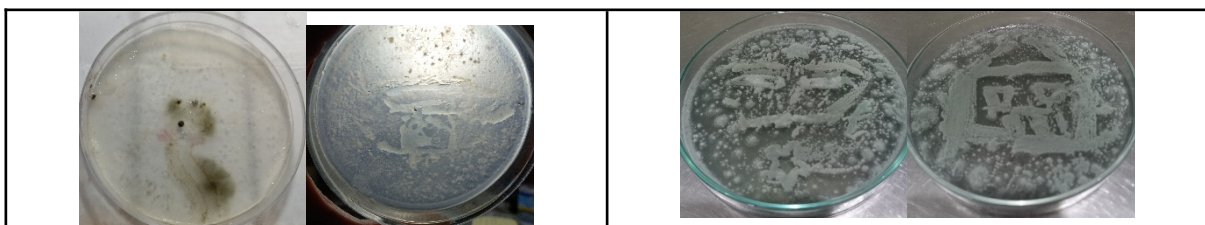
Como se mencionó anteriormente, tanto el Grupo 1 como el Grupo 2 demostraron un desarrollo de la competencia conceptual al ampliar sus conocimientos evidenciándose a través de las descripciones de los microorganismos empleados y de las relaciones entre lo explicado y el material a trabajar; la competencia metodológica se muestra cuando los estudiantes observaron los resultados de la práctica de cultivo de microorganismos y además seleccionaron microorganismos por sus características

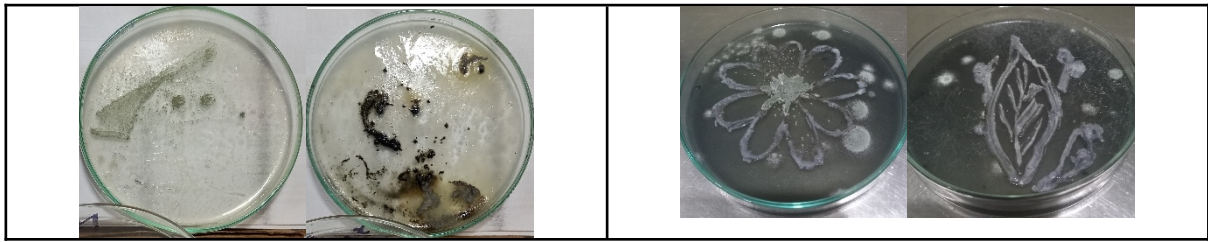
macroscópicas (color y textura) con el objetivo de crear una obra de arte con ellos; y la dimensión actitudinal es observada en como la prácticas anteriores y la actividad de realizar el arte agar aportaron a aumentar su interés por el conocimiento científico relacionado a los microorganismos y su cultivo al preguntar y comentar sus observaciones y aprendizajes.

7.3.4. Actividad 5. Elaboración de mapas mentales y observación del Arte agar

En la actividad 5, los estudiantes del Grupo 1, observaron su obra con curiosidad e interés; sin embargo, algunos llegaron a presentar decepción, por las limitaciones propias del medio de cultivo casero, especialmente el color, debido a que muchas de las bacterias y levaduras que se tenían como insumo obtenido de la actividad realizada en casa presentaban colores claros como blanco, beige e incluso amarillos que en un medio de cultivo traslucido poco se notaban, por otra parte en algunos casos no creció el microorganismo como se quería, esto se dio especialmente por la falta de insumos adecuados, pues se contaba con materiales sencillos y no especializados como velas y agujas, como se evidencia en la Figura 5. En la socialización de los resultados de cada grupo se recalcó el porqué de la apariencia de sus obras y se resaltó la creatividad de las obras y el buen trabajo en el laboratorio a pesar de las limitaciones en los materiales utilizados. Para los estudiantes de Grupo 2 al no tener limitaciones con los materiales e insumos se observó que las obras de arte estaban bien definidas con crecimiento de los microorganismos por lo que los estudiantes se sintieron gratamente satisfechos con lo creado.

Tabla 10. Resultados de arte agar en medios caseros realizados por estudiantes de Grupo 1 y Grupo 2





Nota: a la izquierda algunas obras hechas por estudiantes del grupo 1, a) Toradora b) Jeremy c) SDLG d) Sin nombre; a la derecha algunas obras realizadas por estudiantes del grupo 2, a) Roblox core b) la casa c) floricienta d) La hoja.

Fuente: Fotografías tomada por Baracaldo (2024).

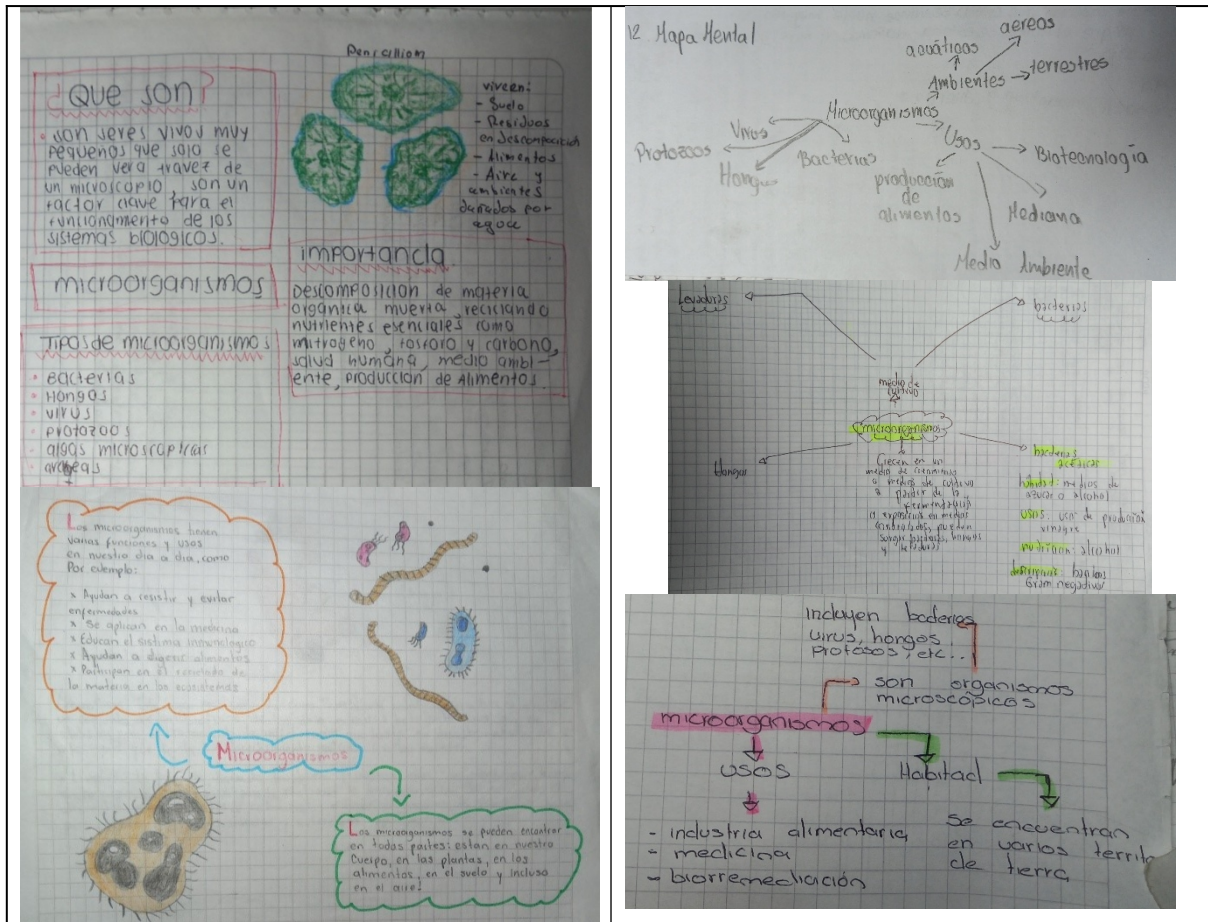
En los cuestionarios los estudiantes indicaron sus apreciaciones y propuestas de mejora de su Arte Agar, en el Grupo 1 mencionan su inexperiencia al ser la primera vez que cultivan microorganismos y pintando con estos “me gustaría mejorar todo, pues considero que debido a la inexperiencia pude haber tenido mejores resultados, quizás” y “Nosotros mejoraríamos cómo aplicar en el cultivo, cómo agarrarlo”, también consideran importante usar otros microorganismos con colores diferentes para facilitar su observación “Cambiaría los pigmentos de los hongos para que quede mejor visiblemente” concluyendo que buscarían obtener mayor diversidad “acordamos que lo dejaríamos más tiempo en inoculación para presenciar más cantidad de hongos y microorganismos”. De esta manera, se evidencia la dimensión actitudinal al manifestar interés en realizarlo nuevamente y mejorar los procedimientos, y la dimensión metodológica cuando proponen soluciones a algunas inconformidades formulando hipótesis e interpretando sus resultados, como desarrollo de la dimensión conceptual al identificar una apropiación de los aprendizajes al explicar y describir lo obtenido a partir de conceptos.

En cuanto al Grupo 2, los estudiantes indican estar satisfechos con sus obras de arte “nos gustó los resultados obtenidos”, lo que también se evidenció en su actitud, dado a que esta actividad 5 se realizó el último día de clases del año y no querían hacer más trabajos; sin embargo, al ver los resultados de sus obras de arte agar mostraron un cambio en la disposición por responder las preguntas de la guía 4; también mencionan su interés en mejorar los procedimientos “quisiéramos mejorar el diseño y proceso que se realizó”, expresan su deseo de repetirlo “nos gustó el resultado final, sin embargo, cambiaríamos las partes” y “nos gustaría volver a hacerlo porque nos gustó la

experiencia y los resultados que se obtuvieron”, así se evidencia un desarrollo de la competencia actitudinal al expresar interés en realizarlo nuevamente y mejorar los procedimientos, además un grupo de estudiantes expreso “no nos gustó el diseño, porque no quedó como queremos, se tuvo muy lejos el mechero y pusimos la cara muy cerca al cultivo” demostrando un desarrollo de la competencia metodológica y conceptual debido a que proponen una explicación a sus resultados fundamentada en sus aprendizajes de cultivo de microorganismos y las herramientas que se usan para ello.

Para la segunda parte de la sesión, que correspondió a los mapas mentales, ambos grupos estuvieron motivados para realizar la actividad después de haber observado sus obras de arte. En la Tabla 10 se evidencian algunos ejemplos de los mapas mentales de los dos grupos donde se observa que ampliaron sus conocimientos con respecto a las características, hábitats, usos e impactos de los microorganismos si se compara con sus respuestas a las preguntas de ideas previas. Según Velásquez, et al, (2013) los mapas mentales son una estrategia efectiva en la educación que permite “la aprehensión de nuevos saberes por cuanto ayuda a establecer una jerarquización de conceptos referidos a un tema específico, síntesis o resumen que subraya lo más importante y significativo de un tópico” (p.36). De esta manera con ellos se permite mostrar el desarrollo de la dimensión conceptual en el que las actividades prácticas propuestas en casa y en el laboratorio aportaron a una mayor significatividad de los conceptos y fenómenos observados por ellos mismos fomentando la apropiación del conocimiento científico; la dimensión metodológica se identifica a través de las relaciones y comparaciones representadas en sus mapas mentales, y la dimensión actitudinal cuando preguntaban para confirmar alguna idea o relación a plasmar en los mapas mentales como muestra de expresión de su interés por el conocimiento.

Tabla 11. Mapas mentales realizados en grupo por estudiantes del Grupo 1 y 2.



Añadiendo a lo anterior, al comparar los resultados de las ideas previas con los obtenidos de los mapas mentales después de realizar la explicación sobre medios de cultivo, nutrición microbiana y generalidades de bacterias y microhongos y el Arte Agar, se pueden resaltar varios elementos: primero, los estudiantes cambiaron su actitud frente al trabajo con los microorganismos de negativa a neutra ya que pasaron de apatía y desinterés a ser dispuestos y participativos siendo semejante a los resultados obtenidos por Pérez (2023) cuando realizo Arte Agar en noveno grado. Segundo, a través de los mapas se evidencia la ampliación del conocimiento, dado que ahora reconocen otros impactos e implicaciones de los microorganismos como en la industria, su papel en enfermedades e infecciones, su presencia en todos los ecosistemas y entornos, y su posibilidad en el bioarte. Y, tercero y último elemento, permitió evidenciar el conocimiento construido de los estudiantes sobre la diversidad de los microorganismos, su clasificación y características después de realizar Arte Agar coincidiendo con los

resultados obtenidos por Chaves (2024) donde menciona que esta estrategia “no solo proporciona una forma creativa y práctica de profundizar en los conceptos teóricos, sino que también puede cultivar una mayor apreciación por las bacterias y su papel en los ecosistemas y la vida humana” (p70).

8. Conclusiones

1. Después de experimentar con diferentes condiciones de nutrientes y solidificantes los medios escogidos para el crecimiento de bacterias fue el tratamiento 10 cuya composición es 50 ml de agua hervida o destilada, 0,5g maggi, 15g de gelatina de cualquier tipo, y 2,5 ml de glicerina y para los microhongos el tratamiento 2 el cual contiene 7g de gelatina sin sabor, 1g de papa, 0,5g de azúcar y 50 ml de agua.

2. Las actividades diseñadas: ideas previas, preparación de medios de cultivo caseros, inoculación de microorganismos de diferentes ambientes, arte agar, explicación sobre nutrición y diversidad de bacterias y microhongos, elaboración de mapas mentales y observación de Arte agar favorecieron el desarrollo de competencias científicas al tener los estudiantes un rol activo en su proceso de aprendizaje dado que se integraron actividades prácticas que aportaron a la comprensión de conceptos y procesos, así como mejora en la actitud hacia la microbiología.

3 Ambos grupos desarrollaron competencias científicas de la siguiente manera:

Tuvieron la capacidad de utilizar el conocimiento científico personal para describir, explicar y predecir fenómenos naturales favorecido por la observación directa de los microorganismos y de procesos como la nutrición y el crecimiento llevados a cabo por ellos y evidenciados a simple vista en los medios de cultivos por parte de los estudiantes. Esta se reflejó en las respuestas a los cuestionarios y preguntas en clase en las cuales se identificó un progreso en el conocimiento si se compara con los resultados de las ideas previas.

La dimensión metodológica integraron los conocimientos nuevos con los antiguos dando explicaciones a los resultados del crecimiento de los microorganismos sobre el medio de cultivo, dieron soluciones tanto a las situaciones que se propusieron

como a las experimentadas así como procesar la información obtenida como se evidencia en las respuestas a los cuestionarios y los mapas mentales realizados por los estudiantes.

La dimensión actitudinal en la que las actividades prácticas propuestas, despertaron curiosidad y la capacidad de los estudiantes de interesarse por el conocimiento sobre microorganismos evidenciado a través de las preguntas y diálogos que hacían entre ellos y con la maestra en formación buscado profundizar sus aprendizajes, y una mejora en su disposición durante las clases especialmente en la actividad de arte agar. El desarrollo de esta dimensión fue muy evidente en el grupo 1, quienes en las ideas previas muchos no tenían interés por la microbiología y a medida que se desarrolló la propuesta se vieron muy dispuestos por hacer y aprender.

4. El arte agar demostró ser una estrategia con gran potencial en la enseñanza de la microbiología, no solo en el desarrollo de competencias científicas, sino en un aprendizaje activo, reflexivo y significativo al inspirar curiosidad en los estudiantes. Además, permitió que ellos ampliaran sus conocimientos sobre los microorganismos reconociendo características, otros impactos e implicaciones, incluyendo la posibilidad de expresarse a través de ellos.

5. Esta investigación fortaleció mi formación como maestra investigadora al reflexionar sobre mi quehacer en el aula y los procesos de enseñanza y aprendizaje en microbiología. Además, comprendí la relevancia de buscar y proponer estrategias didácticas innovadoras que despierte en los estudiantes el interés y motivación por aprender, como lo es el arte agar el cual tiene gran potencial didáctico. También, mediante la estandarización de medios caseros amplié las posibilidades de llevarla a otros contextos educativos que tengan recursos limitados.

9. Recomendaciones

- Implementar el arte agar con poblaciones de otros grados o de contextos diversos, pues los medios casero abren la posibilidad de realizarlo incluso sin laboratorio.

- Para favorecer la expresión a través del arte agar se recomienda no trabajar en grupo si no de manera individual, o proponer temas o preguntas que potencien la creatividad y discusión en los grupos.
- Inocular con microorganismos de otros hábitats, o complementar actividades prácticas o de laboratorio como producción de alimentos a partir de microorganismos como masato, yogurt, pan, entre otros con el arte agar
- Realizar observaciones microscópicas de los microorganismos para reconocer también sus características y estructuras celulares.
- Desarrollar otras competencias como las críticas, reflexivas e investigativas.
- Problematizar desde el arte agar la bioética, la biotecnología entre otras,

Bibliografía

- Adkins-Jablonsky SJ, Arnold E, Rock R, Gray R, Morris JJ. (2021). Agar art: a CURE for the microbiology laboratory. *J Microbiol Biol Educ*, (22), 121-21.
- Agudelo Ortiz, D. (2023). La encuesta como técnica de investigación. Universidad Externado de Colombia. Centro de Investigaciones sobre Dinámica Social.
- Amado, Y., Mendivelso, E. (2000). Elaboración de medios de cultivo naturales. [Tesis de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]
- Amado L., Torres N., y Galindo D., (2021). Aprender de microbiología desde la importancia de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal. Una experiencia en escuela primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 18, núm. 3, pp. 320101-320116
- Arrieta-García, E. Y López-Marín, J. (2021). Desarrollo de las competencias científicas por medio de una unidad didáctica en estudiantes de grado sexto de básica secundaria. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (50), 35-56.
- Arrieta, J., Hernández, R., & Casas, J. (2024). Aprendizaje basado en problemas: una ruta para el desarrollo de competencias científicas en el laboratorio de química orgánica. *Praxis*, 20(3), 494–512.

- Ballesteros, M. I., Paños, E., & Ruiz-Gallardo, J-R. (2018). Los microorganismos en la educación primaria. Ideas de los alumnos de 8 a 11 años e influencia de los libros de texto. *Enseñanza De Las Ciencias*, pp 79-98.
- Barbet A., Boccardo G., y Marcoleta A. (2021). *De Cobre, Microbios y Arte*. Ediciones Departamento de Artes Visuales, Facultad de Artes, Universidad de Chile.
- Barrero C., Bohórquez L. y Mejía M. (2021). La hermenéutica en el desarrollo de la investigación educativa en el siglo XXI. *Rev. Itinerario Educativo*. Vol. 25. pp 101-120.
- Cafam. (s/f). Colegios propios. Recuperado el 3 de noviembre de 2024, de <https://www.cafam.com.co/educacion-ninos-y-jovenes/colegios>
- Cerrón W. (2018). *La investigación cualitativa en educación*. Horizonte de la ciencia.
- Califano, B. (2015). Los medios de comunicación, las noticias y su influencia sobre el sistema político. *Revista mexicana de opinión pública*.
- Cañal, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Investigación en la escuela*. 5-17
- Chávez L. (2024). Enseñanza sobre nutrición, metabolismo y crecimiento bacteriano mediante Arte Agar con estudiantes de Grado Once del Instituto Pedagógico Nacional. [Tesis de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]
- Chona, G., Arteta, J., Martínez, S., Ibáñez, X., Pedrada, M., Fonseca, G. (2006). ¿Qué competencias científicas promovemos en el aula? *TED*, (20), 62-79.
- Cifuentes, C., Quispe, I. (2014). *Manual de Prácticas de Microbiología del Cepario del Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Pedagógica Nacional*.
- Colegio Cafam. (2023). PEI Proyecto educativo Institucional: desarrollo integral y autónomo para la formación de líderes con sentido social. Recuperado el 3 de noviembre de 2024, de <https://portalcolegio.com/micolegio.php?sec=3>
- Crujeiras, B., (2015). Competencias y prácticas científicas en el laboratorio de química: participación del alumnado de secundaria en la indagación. *Enseñanza de las ciencias: revista e investigación y experiencias didácticas*. Vol. 33. N°3. 201-202.
- Duarte, A., Madureira, A., (2019) Painting In a petri dish. Create a living piece of ‘agar art’ to discover the invisible world of microbes living on our hands. *Science in School*, (46), 48-55.
- Duran, N. (1996). Valor nutricional de la panela. El cultivo de la caña panelera y la utilización de subproductos. *Tibaitata, Colombia*, 18-25. agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/408/38592_21141.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Gel'hada. (2025). Gelatina sabor a cereza, frambuesa y fresa.
- Garcés E., Correa M., Coba B., Orozco M., Zapata A., Anacona A., Sabogal S. (s.f). Morfología y clasificación de los hongos. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79887/Morfolog%c3%ada%20y%20clasificaci%c3%b3n%20de%20los%20hongos.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Gloria, M. (2020). Las obras de arte con bacterias como estrategia educativa para el desarrollo de habilidades científicas. *Presencia universitaria*, (16), 90-101.
- Johns, J y Pérez, D. (2025). Explorando la ciencia: prácticas de laboratorio y habilidades científicas para el aprendizaje en noveno grado. Universidad de Córdoba.
- Laboratorios con Liz. (3 de marzo de 2021). Elaboración de Medios de Cultivo Caseros (Agar Papa y Agar Nutritivo). [Archivo de Vídeo]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=zvbIgg4xk_A&t=2s
- Larrotta E, Suarez F. (2019). La microbiología en el desarrollo de competencias científicas en la escuela normal superior de Charalá
- López del Rincón D. (2015). *Bioarte. Arte y vida en la era de la biotecnología*. Ediciones Akal.
- Madigan, M., Martinko, J., Bender, K., Buckley, D., Stahl, D. (2015). *Brock. Biología de los microorganismos*.
- Maggi. (2025). Caldo de gallina desmenuzado Maggi.
- Microbioma. (25 de enero de 2024). Medios de cultivo comerciales y artesanales y elaboración de un biorreactor. *Cultivando microbios*. [Archivo de Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=r2Elg0ig6uA>
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN). (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Guía No.7*.
- Núñez y Villamil. (2017). Revisión documental: el estado actual de las investigaciones desarrolladas sobre empatía en niñas y niños en las edades comprendidas entre los 6 a 12 años de edad surgidas en países latinoamericanos de habla hispana, entre los años 2010 al primer trimestre del 2017. [Tesis de Pregrado, Universidad Minuto de Dios]
- Pérez, A. (2023). El Efecto de las Emociones en los Estudiantes de grado Décimo del colegio Cafam en el aprendizaje de Microorganismos desde el Arte Agar. Artículo de práctica. Universidad Pedagógica Nacional.

Protocolo de arte agar con microorganismos del cepario de la UPN.

Tsang, J., (2019). Estas obras de arte se han creado con una sustancia peculiar: bacterias vivas. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2019/11/ganadores-concurso-arte-en-agar-bacterias-vivas>

Quiroz, K. (2018). El aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de los microorganismos en el grado 6°. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Colombia].

Ramírez-Días J. (2020). El enfoque por competencias y su relevancia en la actualidad: consideraciones desde la orientación ocupacional en contextos educativos. Revista electrónica Educare. (24).

Ramírez-gama R., Urzúa M., Camacho A., Tsuzuki M., y Esquivel-Cote R. (2021). Técnicas básicas de microbiología y su fundamento.

Rodriguez M. (2013) Unidad didáctica para la enseñanza de la microbiología en el aula. [Tesis de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]

Rodriguez, Y., (2018). Diseño de la unidad didáctica: “los microorganismos: importancia y aplicaciones” para estudiantes del grado 10° del IED Villa Rica Jornada tarde. [Tesis de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional] <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/11220/TE-23031.pdf>

Sierra C. (2018). Diseño de una cartilla como estrategia didáctica que incida sobre las concepciones de hongos y bacterias en estudiantes de grado cuarto del colegio Néstor Forero Alcalá. [Tesis de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional]

Sulaiman, S., Nordini, W., Izani, M., Nadzri, M. (2023). Impact of microbial art on advancing students culturing proficiency in microbiology education. Asian People Journal. (6). 109-118.

Torres A., Mora E., Grazón F., Ceballos N. (2013). Desarrollo de competencias científicas a través de la aplicación de estrategias didácticas alternativas. Un enfoque a través de la enseñanza de las ciencias naturales. Tendencias. (14). 187-215.

Tsang, J., (2019). Estas obras de arte se han creado con una sustancia peculiar: bacterias vivas. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2019/11/ganadores-concurso-arte-en-agar-bacterias-vivas>

Vargas, C. y Morales, T. (2021). Análisis de habilidades científicas en la enseñanza de las ciencias: caso comparativo entre profesores de Chile y Colombia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. (50), 57-76.

Vargas, L. (2023) Análisis de las implicaciones del proceso de enseñanza - aprendizaje que emergen del diseño de proyectos de aula con microorganismos para estudiantes de grado once del Colegio La Floresta Sur IED. [Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica Nacional] <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/18656/An%20al%20lisis%20de%20las%20implicaciones%20en%20el%20proceso%20de%20ense%20blanza%20-%20aprendizaje.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Anexos

Anexo 1. Medios de cultivos caseros para bacterias y hongos con diferentes tratamientos que incluye composición, preparación, autor y año.

Tratamiento		Composición por 50ml de agua	Preparación	Autor / año	
1	Maggi / gelatina sin sabor	7g de gelatina 0,5g de maggi	Disolver el caldo maggi en 50ml de agua, agregar gelatina sin sabor, hervir, servir. Pelar y cortar la papa, hervir durante 15 minutos, filtrar, agregar gelatina sin sabor y azúcar, hervir y servir. Mezclar en agua los ingredientes. Calentar hasta hervir mientras se sigue mezclando. Servir.	Microbioma. (2024). [Archivo de Vídeo].	
2	Papa / gelatina sin sabor	7g de gelatina sin sabor 1g de papa 0,5g de azúcar		Laboratorios con Liz. (2021). [Archivo de Vídeo].	
3.1	Gelatina 30% Glicerina 10%	15g de gelatina 5ml de		Amado y Mendivelso (2000).	
3.2	Gelatina 30% Glicerina 10% Azúcar	15g de gelatina 5ml de glicerina 0,5g de azúcar		Amado y Mendivelso (2000).	
4.1	Gelatina 30% Glicerina 5%	15g de gelatina 2,5ml de glicerina		Elaboración propia	
4.2	Gelatina 30% Glicerina 5% Azúcar	15g de gelatina 2,5ml de glicerina 0,5g de azúcar		Elaboración propia	
5.1	Gelatina 30% Glicerina 3%	15g de gelatina 1,5ml de glicerina		Elaboración propia	
5.2	Gelatina 30% Glicerina 3% Azúcar	15g de gelatina 1,5ml de glicerina 0,5g de azúcar		Elaboración propia	
6.1	Gelatina 30% Glicerina 0%	15g de gelatina		Elaboración propia	
6.2	Gelatina 30% Glicerina 0% Azúcar	15g de gelatina 0,5g de azúcar		Elaboración propia	
7	Extracto de carne y panela / gelatina sin sabor	15g de gelatina sin sabor 2,5 ml de glicerina 37,5g de carne 12,5g de panela		Picar la carne, dejar en agua durante 12h, filtrar. Repetir el procedimiento con panela macerada. Mezclar, agregar la gelatina sin sabor, hervir, servir.	Amado y Mendivelso (2000).
8	Extracto de carne y arroz / gelatina sin sabor	15g de gelatina sin sabor 2,5 ml de glicerina 37,5g de carne 18g de arroz		Picar la carne, dejar en agua durante 12h, filtrar. Repetir el procedimiento con arroz macerado. Mezclar, agregar la gelatina sin sabor, hervir, servir.	Amado y Mendivelso (2000).
9	Extracto de carne y avena / gelatina sin sabor	15g de gelatina sin sabor 2,5 ml de glicerina 37,5g de carne		Picar la carne, dejar en agua durante 12h, filtrar. Repetir el procedimiento avena macerada. Mezclar, agregar la	Amado y Mendivelso (2000).

		5g de avena	gelatina sin sabor, hervir, servir.	
10	Maggi / gelatina sin sabor / glicerina	15g de gelatina 2,5 ml de glicerina 0,5g de maggi	Disolver el caldo maggi en 50ml de agua, agregar gelatina sin sabor, hervir, servir.	Elaboración propia

Nota: Después de la estandarización los tratamientos escogidos fueron el tratamiento 2 para microhongos y el tratamiento 10 para bacterias.