



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE BIOQUIMICA Y FARMACIA

DISEÑO, EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE ESTUCHES

DIDÁCTICOS PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA

ENSEÑANZA DE LA MICROBIOLOGÍA Y LA

BIOTECNOLOGÍA

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE BIOQUIMICO FARMACEUTICO

AUTORES: PABLO ANDRÉS VÁSQUEZ ESPINOZA

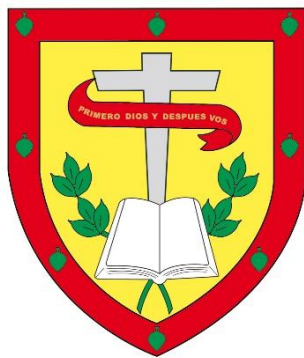
ISRAEL SEBASTIÁN MÉNDEZ ANDRADE

DIRECTOR: LIC. LUIS ANDRÉS YARZÁBAL RODRÍGUEZ, PhD.

CUENCA-ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE BIOQUIMICA Y FARMACIA

**DISEÑO, EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE ESTUCHES
DIDÁCTICOS PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA ENSEÑANZA
DE LA MICROBIOLOGÍA Y LA BIOTECNOLOGÍA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE BIOQUIMICO FARMACEUTICO**

AUTORES: PABLO ANDRÉS VÁSQUEZ ESPINOZA

ISRAEL SEBASTIÁN MÉNDEZ ANDRADE

DIRECTOR: LIC. LUIS ANDRÉS YARZÁBAL RODRÍGUEZ, PhD.

CUENCA-ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Pablo Andrés Vásquez Espinoza e Israel Sebastián Méndez Andrade portadores de la cédula de ciudadanía N^o **1401041445** y **0107432577**. Declaramos ser los autores de la obra: **Diseño, evaluación y optimización de estuches didácticos para el fortalecimiento de la enseñanza de la microbiología y la biotecnología**, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **26 de abril de 2025**

F: 

Pablo Andrés Vásquez Espinoza

C.I. **1401041445**

F: 

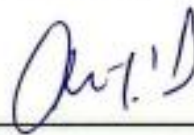
Israel Sebastián Méndez Andrade

C.I. **0107432577**

Q.F. Jonnathan Gerardo Ortiz, MSc.
RESPONSABLE DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN
CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

La presente certifica que el trabajo Teórico - Práctico denominado **Diseño, evaluación y optimización de estuches didácticos para el fortalecimiento de la enseñanza de la microbiología y biotecnología**, de la autoría de **PABLO ANDRES VASQUEZ ESPINOZA E ISRAEL SEBASTIAN MENDEZ ANDRADE**, ha sido revisado y aprobado, cumpliendo con los requisitos necesarios y suficientes para ser presentado como Trabajo de Titulación correspondiente a la carrera de Bioquímica y Farmacia de la Universidad Católica de Cuenca.

Atentamente,



Lic. Luis Andrés Yarzabal Rodríguez PhD

Cl.: 0151710431

Director de Trabajo de Titulación

DEDICATORIA

A nuestros padres, quienes con su amor, apoyo y sacrificio nos han guiado en cada paso de este largo camino. Gracias por creer en nosotros y por ser nuestro pilar en los momentos de desafío. Este logro es también suyo.

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por iluminar nuestras mentes, darnos perseverancia y acompañarnos en cada etapa de este proyecto. Sin Su guía, nada de esto habría sido posible.

AGRADECIMIENTOS

Pablo Andrés Vásquez Espinoza

A lo largo de este camino académico, han sido muchas las personas que han dejado una huella en mi formación y en la culminación de esta tesis.

En primer lugar, quiero agradecer a mis docentes, quienes con su conocimiento, paciencia y compromiso me han guiado en cada etapa de mi aprendizaje. Sus enseñanzas no solo han sido clave en mi formación profesional, sino también en mi crecimiento personal.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor inspiración. Gracias por creer en mí en todo momento, por su sacrificio y por brindarme siempre las herramientas para alcanzar mis metas.

A mis compañeros de la universidad, con quienes compartí incontables horas de estudio, debates, risas y desafíos. Su amistad y compañía hicieron de esta experiencia algo invaluable, y me llevo con gratitud cada enseñanza que compartimos juntos.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera, han sido parte de este proceso, ya sea con palabras de aliento, con su ayuda en momentos difíciles o simplemente con su presencia.

A todos, gracias. Esta tesis es también un reflejo de lo que cada uno ha aportado a mi vida.

Finalmente quiero expresar el más sincero agradecimiento a nuestro tutor de tesis, quien hizo posible el presente proyecto, pues fue como una luz durante la larga trayectoria de la presente tesis.

Israel Sebastián Méndez Andrade

A lo largo de este camino académico, han sido muchas las personas que han dejado una huella en nuestra formación y en la culminación de esta tesis.

En primer lugar, queremos agradecer a nuestros docentes, quienes con su conocimiento, paciencia y compromiso nos han guiado en cada etapa de nuestro aprendizaje. Sus enseñanzas no solo han sido clave en nuestra formación profesional, sino también en nuestro crecimiento personal.

A nuestras familias, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser nuestra mayor inspiración. Gracias por creer en nosotros en todo momento, por su sacrificio y por brindarnos siempre las herramientas para alcanzar nuestras metas.

A nuestros compañeros de universidad, con quienes compartimos incontables horas de estudio, debates, risas y desafíos. Su amistad y compañía hicieron de esta experiencia algo invaluable, y nos llevamos con gratitud cada enseñanza que compartimos juntos.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera, han sido parte de este proceso, ya sea con palabras de aliento, con su ayuda en momentos difíciles o simplemente con su presencia.

A todos, gracias. Esta tesis es también un reflejo de lo que cada uno ha aportado a nuestras vidas.

Finalmente quiero expresar el más sincero agradecimiento a nuestro tutor de tesis, quien hizo posible el presente proyecto, pues fue como una luz durante la larga trayectoria de la presente

RESUMEN

Introducción: El desarrollo científico y tecnológico requiere profesionales altamente capacitados. Sin embargo, las clases teóricas convencionales presentan limitaciones en la enseñanza de ciencias naturales, generando desinterés y dificultades de aprendizaje en los estudiantes. En este estudio, se diseñaron y evaluaron kits didácticos para el rendimiento académico y la comprensión de conceptos fundamentales mediante la práctica científica.

Objetivo: Diseñar, Optimizar y Evaluar la capacidad pedagógica de los kits didácticos

Metodología: Se realizó una búsqueda bibliográfica utilizando operadores booleanos en bases de datos. Posteriormente, se diseñaron protocolos experimentales para la implementación de los kits. Su efectividad pedagógica fue evaluada mediante un ensayo piloto con estudiantes de primer ciclo de Bioquímica y Farmacia en la Universidad Católica de Cuenca.

Resultados: Los resultados del post-test mostraron un mejor desempeño en el grupo experimental, indicando que es significativo para la mayoría de parámetros estadísticos, por lo que los estudiantes del grupo experimental mejoraron después del uso de los kits didácticos.

Conclusión: Los kits didácticos permiten fortalecer el aprendizaje académico de los estudiantes pertenecientes a los primeros ciclos de la carrera de Bioquímica y Farmacia, aparte de ello el empleo de estos kits estimula a la aprehensión específica de conocimientos teóricos novedosos al igual que implica una mejora pedagógica y académica.

Palabras Clave: Kits didácticos, metodología, enseñanza, ciencia

ABSTRACT

Introduction: Scientific and technological development requires highly skilled professionals. However, conventional theoretical classes present limitations in the teaching of natural sciences, leading to disinterest and learning difficulties in students. In this study, didactic kits were designed and evaluated for academic performance and the understanding of fundamental concepts through scientific practice.

Objective: To design, optimize, and evaluate the pedagogical capacity of didactic kits.

Methodology: A literature search was conducted using Boolean operators in databases. Subsequently, experimental protocols were designed for the implementation of the kits. Their pedagogical effectiveness was evaluated through a pilot test with first-year Biochemistry and Pharmacy students at the Catholic University of Cuenca.

Results: The post-test results showed a better performance in the experimental group, indicating statistical significance for most parameters. Therefore, the students in the experimental group improved after using the didactic kits.

Conclusion: The didactic kits strengthen academic learning in the early years of the Biochemistry and Pharmacy program. Furthermore, the use of these kits stimulates the acquisition of novel theoretical knowledge, and contributes to a pedagogical and academic improvement

Keywords: Didactic kits, methodology, teaching, science

ÍNDICE

<u>RESUMEN</u>	<u>2</u>
<u>ABREVIATURAS</u>	<u>6</u>
<u>DEDICATORIA.</u>	<u>9</u>
<u>AGRADECIMIENTOS</u>	<u>10</u>
<u>I.- INTRODUCCIÓN</u>	<u>11</u>
<u>CAPÍTULO I</u>	<u>16</u>
<u>PLANTEAMIENTO TEÓRICO.</u>	<u>16</u>
<u>I.1.- PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</u>	<u>8</u>
<u>I.2.- JUSTIFICACIÓN</u>	<u>8</u>
<u>I.3.- OBJETIVOS</u>	<u>8</u>
<u>I.3.1.-Objetivo General</u>	<u>8</u>
<u>I.3.2.-Objetivos Específicos</u>	<u>9</u>
<u>I.4.- MARCO TEÓRICO</u>	<u>9</u>
<u>I.4.1.- ANTECEDENTES</u>	<u>9</u>
<u>I.4.2.- MARCO REFERENCIAL</u>	<u>11</u>
<u>1. La Microbiología y su importancia</u>	<u>11</u>
<u>2. ¿Cómo se aborda el estudio de la Microbiología a nivel educativo?</u>	<u>11</u>
<u>3. Iniciativa Internacional para la Alfabetización en Microbiología</u>	<u>12</u>
<u>4. Enseñanza de las Ciencias Naturales en Ecuador a nivel secundario</u>	<u>13</u>
<u>5. Problemas asociados a la enseñanza de las Ciencias Naturales en Ecuador</u>	<u>15</u>
<u>6. La prueba PISA y sus resultados en Ecuador</u>	<u>16</u>
<u>7. Importancia de la experimentación en el proceso de enseñanza-aprendizaje en Ciencias Naturales (y en Microbiología)</u>	<u>17</u>
<u>8. Kits didácticos y enseñanza de las Ciencias Naturales (incluyendo la Microbiología)</u>	<u>19</u>
<u>CAPÍTULO II</u>	<u>22</u>
<u>METODOLOGÍA</u>	<u>22</u>

<u>II.4.- DEFINICION Y CLASIFICACION DE VARIABLES</u>	<u>11</u>
<u>II.5.- PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA OBTENCION DE LOS DATOS</u>	<u>12</u>
<u>II.5.1.- PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS Y ANÁLISIS DE DATOS</u>	<u>14</u>
II.6.- ASPECTOS ÉTICOS	15
<u>CAPÍTULO III</u>	<u>11</u>
<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	<u>11</u>
<u>III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	<u>14</u>
<u>1.- Kits metodológicos</u>	<u>14</u>
<u>1.- Ensayo piloto</u>	<u>24</u>
<u>1.- DISCUSIÓN</u>	<u>28</u>
<u>CAPÍTULO IV</u>	<u>31</u>
<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	<u>31</u>
<u>IV.1.- CONCLUSIONES</u>	<u>32</u>
<u>IV.2.- RECOMENDACIONES</u>	<u>32</u>
<u>Referencias bibliográficas</u>	<u>34</u>
<u>ANEXOS</u>	<u>41</u>

TEXTO

I.- INTRODUCCIÓN

Todo desarrollo científico y tecnológico requiere de profesionales altamente competentes, motivados y emprendedores (1). El proceso educativo está orientado hacia la formación de este tipo de profesionales (1). Para ello es conveniente hacer uso de todas las herramientas adecuadas que fortalezcan el proceso de formación en diferentes niveles, incluyendo el bachillerato general en Ciencias (1).

Existen múltiples estrategias para estimular la curiosidad, creatividad e interés de los estudiantes; por ejemplo, la divulgación científica sobre la biotecnología microbiana, biología sintética, microbioma humano, biología computacional, etc. (1). A su vez, se puede implementar la Inteligencia Artificial (IA) como una alternativa indispensable para el aprendizaje, y complementarlo con la realidad virtual (2).

La experimentación a través de ejercicios prácticos ha demostrado ser una opción altamente eficaz para alcanzar una enseñanza de calidad; sin embargo, existen limitaciones de todo tipo (financieras, instalaciones, capacitación, cantidad de reactivos, manuales de protocolo, etc.) que impiden muchas veces que en colegios y escuelas se puedan implementar este tipo de actividades (3). Por otra parte, es muy frecuente que los estudiantes cuenten con una formación completa en lo referente al campo teórico, pero con muy poca experiencia a nivel práctico, haciendo del aprendizaje algo monótono. Para contribuir con el proceso de enseñanza y hacer del mismo una tarea eficaz, proponemos la implementación de material didáctico microbiológico (kits) durante las horas de aprendizaje (3,4)

El diseño de estuches didácticos está orientado a complementar la enseñanza impartida en diversas áreas de las ciencias naturales como la Biología, mediante ejercicios prácticos adecuados (4). La implementación de este novedoso enfoque tiene como propósito el fortalecimiento de la actividad pedagógica en relación al diseño de kits o estuches didácticos, fomentando directamente el interés de los estudiantes hacia la materia impartida. Estos estuches (o kits) son herramientas con un gran potencial educativo para la enseñanza de diversos conceptos de Biología Molecular, Sintética y Microbiología, además de ser económicamente accesibles para el público estudiantil o profesorado (5).

El uso de kits didácticos no solo fomenta el aprendizaje práctico, sino que también permite a los estudiantes desarrollar habilidades fundamentales como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el trabajo en equipo (6). Estas herramientas educativas constituyen un puente entre la teoría y la práctica, proporcionando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más dinámica e interactiva (7).

Por otro lado, el enfoque en la elaboración de kits específicos, como los destinados al aislamiento de probióticos o al estudio de microorganismos ecológicos, impulsa la creatividad científica desde edades tempranas (8). Estos materiales no solo generan interés en las ciencias naturales, sino que también estimulan la conciencia sobre la aplicación práctica del conocimiento, como en la industria alimentaria y farmacéutica (9).

Además, la implementación de estos kits didácticos no solo beneficia a los estudiantes, sino también a los docentes, quienes pueden utilizarlos como una herramienta complementaria para fortalecer sus estrategias pedagógicas (10,11). En efecto, la enseñanza tradicional basada únicamente en la memorización de conceptos teóricos tiende a generar desinterés en los estudiantes, mientras que el uso de materiales interactivos fomenta una mayor comprensión y retención del conocimiento (11,12). De esta manera, los kits didácticos pueden convertirse en un recurso clave para dinamizar la enseñanza de ciencias naturales y biotecnología en instituciones educativas con acceso limitado a laboratorios especializados (12,13).

Por otro lado, la integración de estos kits en el aula no solo facilita la enseñanza de conceptos científicos, sino que también promueve el desarrollo de habilidades prácticas y fortalece el pensamiento crítico en los estudiantes (14,15). Al interactuar directamente con los materiales y realizar experimentos, los alumnos pueden comprender de forma más profunda los mecanismos biológicos y microbiológicos, lo que les permite aplicar estos conocimientos en contextos reales. Además, esta metodología fomenta la curiosidad y la creatividad, elementos esenciales para formar futuros científicos y profesionales comprometidos con la innovación y el avance de las ciencias (15,16).

Por otro lado, el desarrollo de estos kits permite que los estudiantes se familiaricen con metodologías científicas desde una etapa temprana, promoviendo el pensamiento analítico y la curiosidad investigativa (17,18). Este enfoque facilita la formación de futuras generaciones de científicos y profesionales en biotecnología, microbiología y bioquímica, áreas con un impacto creciente en sectores como la salud, la industria alimentaria y la farmacéutica (18). En un mundo donde el conocimiento científico y tecnológico avanza rápidamente, brindar herramientas accesibles para la enseñanza práctica representa un paso fundamental para reducir la brecha educativa y fomentar el desarrollo de nuevas habilidades en los estudiantes (19).

La enseñanza de la microbiología y la genética ha sido tradicionalmente un desafío debido a la necesidad de equipamiento especializado, materiales reactivos y laboratorios bien equipados (20-23). Sin embargo, la innovación en metodologías didácticas ha permitido el desarrollo de herramientas que facilitan la comprensión de estos campos sin requerir infraestructura costosa. Entre estas herramientas, los kits metodológicos representan una alternativa viable para la educación práctica en ciencias biológicas (20-23).

Los kits microbiológicos han surgido como una solución accesible para la enseñanza de conceptos fundamentales de microbiología en instituciones educativas con recursos limitados (24). Estos kits incluyen insumos básicos para el cultivo, cuantificación y caracterización de microorganismos, permitiendo a los estudiantes interactuar con muestras reales y desarrollar habilidades experimentales esenciales (25-28).

El diseño, evaluación y optimización de kits didácticos permiten a los estudiantes realizar experimentos de manera segura y efectiva, mejorando la enseñanza práctica y un cambio en la percepción errónea sobre los microorganismos, los cuales destacan su importancia en procesos biotecnológicos y ecológicos (29,30).

Los kits didácticos no solo facilitan el aprendizaje de conceptos científicos, sino que también tienen un impacto significativo en la motivación de los estudiantes (31,32). Al ofrecer una experiencia práctica y tangible, estos kits despiertan la curiosidad y el interés por la ciencia, especialmente en estudiantes que podrían sentirse desmotivados por métodos de enseñanza tradicionales basados únicamente en la teoría (33,34). Este enfoque interactivo permite a los estudiantes ver la relevancia de la microbiología en su vida cotidiana, lo que fomenta un aprendizaje más significativo y duradero (35,36).

Uno de los mayores beneficios de los kits microbiológicos es su capacidad para democratizar el acceso a la educación científica. En muchas regiones, especialmente en áreas rurales o con recursos limitados, los estudiantes no tienen acceso a laboratorios bien equipados (36,37). Los kits didácticos, al ser sencillos de usar, permiten que estas instituciones implementen actividades prácticas sin necesidad de infraestructura costosa. Esto no solo reduce la brecha educativa entre diferentes contextos socioeconómicos, sino que también promueve la inclusión y la equidad en la educación científica (37,38)

El desarrollo de estos kits metodológicos se basa en estrategias de optimización que incluyen la selección de insumos accesibles, la estandarización de procedimientos y la validación de su efectividad en entornos educativos (39,40). La implementación de estos kits facilitará la adquisición de conocimientos a través de la experimentación práctica, fomentando el pensamiento crítico y la resolución de problemas (41,42).

Un aspecto clave en la elaboración de estos kits es la asequibilidad y facilidad de uso, de modo que puedan ser utilizados en diversas instituciones sin requerir una capacitación exhaustiva y tediosa (43-45). Para ello, se han diseñado manuales de instrucciones detallados que guíen a los usuarios en la correcta utilización de los materiales (45-46). Además, se han realizado ensayos piloto con estudiantes de primer ciclo para evaluar la efectividad del diseño y la claridad de los procedimientos (46,47). Estos ensayos han permitido identificar posibles dificultades y realizar ajustes que optimicen la funcionalidad de los kits antes de su implementación a mayor escala (47,48).

El impacto de estos kits no solo se limita a la enseñanza académica, sino que también puede tener aplicaciones en el ámbito de la investigación y la innovación (49-51). Su versatilidad permite que sean utilizados en proyectos científicos escolares, actividades de divulgación y en la formación de futuros profesionales en biotecnología y ciencias de la salud (49-51). Esto garantiza que los kits puedan ser replicados en diferentes contextos sin generar una carga económica significativa para las instituciones educativas (49-51).

El proceso de desarrollo de estos kits también ha implicado la exploración de métodos innovadores para la conservación y transporte de medios de cultivo (51-53). De esta manera se busca ofrecer una solución innovadora y práctica para mejorar la enseñanza de la microbiología, brindando a los estudiantes la oportunidad de experimentar de primera mano los principios fundamentales de esta disciplina (51-53). Asimismo, se espera que el uso de estos kits fomente un mayor interés por la investigación y la aplicación de la microbiología en diversos campos (51-53).

En términos de impacto educativo, la introducción de estos kits puede contribuir significativamente a la democratización del conocimiento, permitiendo que más estudiantes tengan acceso a experiencias prácticas que complementen la teoría aprendida en el aula (53). El desarrollo y evaluación de estos kits responde a una necesidad actual en la educación científica, donde la enseñanza práctica suele estar limitada por la falta de recursos (53). Con esta iniciativa, se busca cerrar esta brecha y proporcionar herramientas efectivas para la formación de nuevos profesionales en microbiología y áreas afines (53). Finalmente, el presente trabajo tiene como objetivo demostrar la viabilidad de los kits metodológicos como una estrategia innovadora para la enseñanza de la microbiología, proporcionando un modelo replicable que pueda ser adoptado en diferentes instituciones educativas y contribuir al fortalecimiento del aprendizaje en ciencias biológicas (54,55).

I.4.1.- ANTECEDENTES

Una gran parte de la población entiende por aprendizaje como una actividad personal acumulativa donde solo prima la importancia de la teoría, haciendo del mismo una actividad repetitiva hasta tal punto que se vuelve aburrida (5). Esta circunstancia ha impulsado diversos cambios de paradigma como crítica al método tradicional de enseñanza, fomentando la aparición de otras formas de aprendizaje a nivel del campo pedagógico que implican el paso de lo teórico a la praxis (6).

Según algunos autores, la enseñanza debe sustentarse en una combinación de lo formal y no formal pues se deduce que lo teórico sólo representa un 5% de los conocimientos, mientras que el resto es a la práctica (6). La sociedad debe tener la información a su alcance y conocer más sobre el mundo microbiano y como es que este puede llegar a repercutir en la resolución de problemáticas globales del día de hoy y del mañana (7). La educación académica en jóvenes y niños puede

ser de suma importancia para llamar la atención de ellos, para contribuir en su aprendizaje e imaginación en la microbiología (1).

La importancia de la alfabetización de microbiología en la sociedad, toma en cuenta problemáticas globales, siendo que la biotecnología y microbiología podrían usarse para contrarrestar problemáticas como el calentamiento global, erosión del suelo, escasez de alimentos, resistencia a los antibióticos, disminución de la biomasa fitoplanctónica, etc (7).

Otros ejemplos que se dan a conocer como parte de la alfabetización en microbiología y disciplinas relacionadas, son el uso de bacterias biorremediadoras para degradar el crudo en los ecosistemas, el diseño de bacterias promotoras de la formación de cristales de hielo, la fermentación de alimentos, el uso de las propiedades terapéuticas de ciertos metabolitos microbianos para el tratamiento de enfermedades y el diseño de vacunas (3).

Además de contribuir a resaltar la importancia de los microorganismos a nivel de los jóvenes estudiantes y la sociedad, en general, también es conveniente hacer énfasis en la importancia de la Biología Molecular, Genómica, Transcriptómica, Biología Sintética, Biología de sistemas, entre otras ramas derivadas de la Genética Molecular (1).

Sin embargo, se ha demostrado que la experimentación, particularmente en el área de las Ciencias Naturales, es fundamental para consolidar los conocimientos teóricos (4). En una escuela de Suiza se destacó un grupo de estudiantes universitarios que usaron el método de aprendizaje-servicio (el cual se basa en la captación de conocimientos teóricos para extrapolarlos al servicio comunitario) hacia estudiantes escolares de 5-6 años y 10-12 años de edad, concluyendo que las clases científicas y prácticas ayudan a centros escolares a la implementación de una base sólida en experimentos de investigación por lo que es un paso importante para integrar una base sólida en los experimentos y mejorar el entendimiento de las clases teóricas (5).

Por otra parte, se puede implementar un novedoso método de enseñanza basado en el uso de kits didácticos. Estos son fundamentales para realizar experimentos, ya que complementan las clases teóricas al proporcionar materiales que comúnmente faltan en los laboratorios escolares y otros centros educativos. Un ejemplo destacado es el kit de ADN Lambda de la empresa Bio-Rad, que permite a los estudiantes practicar la separación de fragmentos de ADN provenientes de un fago denominado Lambda. Este tipo de herramientas no solo facilita la comprensión de conceptos complejos, sino que también fomenta el interés por la investigación científica (12).

Otro ejemplo innovador es el Kit de Microbiología Escolar de Sartorius, una herramienta educativa diseñada para facilitar la enseñanza de la microbiología y la protección medioambiental en entornos escolares (10). Por último, el *Bioluminescent Bacteria Grow Kit* es una herramienta fascinante diseñada para

cultivar bacterias bioluminiscentes, como *Aliivibrio fischeri*, que emiten luz de forma natural. (56).

I.4.2.- MARCO REFERENCIAL

1. La Microbiología y su importancia

La Microbiología es una disciplina de la biología que se dedica al estudio de los microorganismos, seres vivos de tamaño microscópico que constituyen el grupo más abundante en nuestro planeta. Estos organismos pueden habitar una amplia variedad de entornos, incluidos aquellos que presentan condiciones ambientales extremas como glaciares, volcanes y desiertos (13).

Los microorganismos representan las formas de vida más antiguas en el planeta. Dentro de este grupo diverso se encuentran organismos procariontes, como las bacterias, y eucariotes, como hongos, algas y protozoos. Su capacidad para colonizar prácticamente cualquier ambiente, incluso los más extremos o aquellos contruidos o modificados por la actividad humana (ambientes *antropizados*), hace inevitable nuestra interacción constante con ellos (13).

Los microorganismos desempeñan un papel esencial en los ecosistemas y en numerosos procesos biotecnológicos. Sin embargo, la mayoría de las personas ignora su omnipresencia o no muestra interés por conocerlos más a fondo. En general, suelen ser percibidos únicamente como agentes causantes de enfermedades, lo cual refleja una percepción limitada y negativa sobre ellos (13). A pesar de ello, está ampliamente demostrado que los microorganismos son valiosos en campos como en la medicina, producción de alimentos, agricultura, biotecnología e incluso el arte (13).

2. ¿Cómo se aborda el estudio de la Microbiología a nivel educativo?

La Microbiología es una disciplina que debe incorporarse en los planes de estudio desde la educación primaria hasta el nivel secundario y el bachillerato (13). No obstante, la percepción negativa que suele asociarse con los microorganismos ha influido en la manera en la que los docentes abordan este tema en sus clases (13). Esto se refleja en las ideas generalmente erróneas que los jóvenes tienen sobre estos microorganismos (13).

En Chile, por ejemplo, los docentes de Ciencias en la Educación Primaria son los primeros en presentar estos conceptos en el aula, lo que plantea la pregunta sobre la importancia que atribuyen a la Microbiología en su enseñanza (13).

El papel de los profesores es crucial en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Su responsabilidad no solo radica en transmitir conocimiento, sino en motivar a los estudiantes hacia un aprendizaje significativo y relevante en Ciencias Naturales. Este proceso comienza reconociendo y considerando las ideas previas de los alumnos, lo que permite enfocar la enseñanza en aquellos aspectos más débiles o relevantes para su comprensión (13).

Aunque, como hemos dicho anteriormente, los microorganismos son esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas y el mantenimiento de la vida en el planeta, hay estudios que señalan que los microorganismos no resultan atractivos para los escolares (14). Además, muchos estudiantes tienen prejuicios hacia los microorganismos, asociándose principalmente con enfermedades, lo que contribuye a consolidar opiniones negativas e inexactas (13,15).

Por ello, las instituciones educativas deben garantizar una enseñanza que permita a los estudiantes adquirir conocimientos científicos correctos, evitando la formación de ideas erróneas. Esta afirmación destaca uno de los aspectos más relevantes de la “alfabetización científica en Microbiología”, clave para entender la actividad microbiana desde la infancia hasta la adultez.

3. Iniciativa Internacional para la Alfabetización en Microbiología

Tiene como objetivo principal promover la alfabetización en Microbiología en amplios sectores de la sociedad, enfatizando sobre los beneficios que los microbios aportan a la biosfera terrestre. Esta alfabetización resulta crucial en el ámbito sociocultural y político, ya que proporciona un conocimiento profundo que permite tomar decisiones informadas en diferentes niveles (16).

La alfabetización en Microbiología debe ser un componente esencial de la formación académica, que abarque desde la educación inicial hasta la universitaria. En el contexto actual, nos enfrentamos a múltiples problemas relacionados directa e indirectamente con el microbioma, tales como la crisis alimentaria, los desafíos en la atención sanitaria, la crisis energética vinculada al uso de derivados del crudo, el cambio climático, la erosión de los suelos y el aumento del nivel del mar (16).

La comunidad científica está explorando nuevas tecnologías y herramientas relacionadas con el empleo y la manipulación de la micro-biosfera, con el fin de contribuir de manera significativa a la solución de los problemas globales. En este sentido, la biotecnología microbiana se presenta como una alternativa al modelo capitalista actual, al ofrecer el uso de bioenergía, promover una economía sostenible y generar nuevas fuentes de empleo (17).

Dado que los microbios impactan nuestras vidas desde el nacimiento, es esencial que la educación sobre este tema comience en la educación primaria y se continúe a lo largo de todos los niveles educativos (17). Este enfoque permitirá que, cuando esos jóvenes alcancen los puestos de tomadores de decisiones, lo hagan de forma informada (17). Además, es fundamental proporcionar conocimientos tanto a jóvenes como adultos, para que comprendan las bases de dichas decisiones (17). La ciudadanía debe ser capaz de diferenciar entre lo que es cierto, lo que es probable y lo que es desconocido (17). La educación debe empoderar a todos los individuos para que entiendan estos aspectos y sus implicaciones en la vida cotidiana (17).

4. Enseñanza de las Ciencias Naturales en Ecuador a nivel secundario

En Ecuador, los niveles de Educación General Básica (EGB) y Bachillerato General Unificado (BGU) siguen un perfil académico que incluye diversas áreas del conocimiento, como Lengua y Literatura, Matemáticas, Ciencias Naturales, Educación Física, entre otras (18). En el caso de Ciencias Naturales, esta área integra disciplinas como Química, Física y Biología, garantizando una formación integral en ciencias experimentales desde los primeros años de escolaridad hasta el bachillerato (18).

El currículo educativo en Ecuador está organizado en subniveles estructurados en bloques curriculares, diseñados con base en criterios epistemológicos, pedagógicos y didácticos (18). Estos bloques agrupan y organizan los contenidos educativos de manera progresiva, desde el primer año de EGB hasta el último de BGU, favoreciendo la continuidad en el desarrollo de habilidades y actitudes a lo largo de la formación académica (18).

Las Ciencias Naturales abarcan disciplinas experimentales como Biología, Botánica, Zoología, Física, Química, Geología, Astronomía y Ecología, que se imparten en los diferentes subniveles de la EGB, desde el nivel preparatorio hasta el superior (18). Los contenidos están organizados en bloques curriculares que promueven destrezas específicas, fomentando **habilidades de investigación**, pensamiento crítico y un enfoque pedagógico adaptado a cada área de conocimiento (18).

La enseñanza en Ciencias Naturales se orienta hacia el desarrollo de destrezas fundamentadas en criterios de desempeño (18). Esto busca que los estudiantes integren conocimientos concretos y sean capaces de realizar operaciones mentales complejas. Este enfoque no solo facilita la comprensión de conceptos abstractos, sino también la transferencia y aplicación de estos aprendizajes en contextos del mundo real (18).

En el contexto científico-tecnológico actual de Ecuador, se aspira a que los estudiantes adquieran habilidades investigativas y apliquen el método científico (19). Este enfoque fomenta que los estudiantes **formulen preguntas, planteen hipótesis, analicen resultados** y elaboren conclusiones basadas en evidencia, fortaleciendo su capacidad para abordar problemas de manera estructurada y fundamentada (19). Es evidente que, para poder alcanzar tales metas, la experimentación es absolutamente necesaria (19).

5. Problemas asociados a la enseñanza de las Ciencias Naturales en Ecuador

La educación en Ciencias Naturales en Ecuador, tanto en el nivel secundario como en el superior, enfrenta múltiples deficiencias que afectan la calidad del aprendizaje y la formación integral de los estudiantes (19).

En el nivel secundario, una de las principales limitaciones radica en la **insuficiencia de infraestructura y recursos** (19). La falta de laboratorios equipados, materiales para experimentos y acceso a tecnologías modernas

restringe las oportunidades de los estudiantes para realizar prácticas esenciales para comprender y aplicar conceptos científicos (19).

Otro reto importante es la **escasa capacitación de los docentes** (19). Muchos profesores carecen de acceso a programas regulares de desarrollo profesional que les permitan actualizarse en los avances científicos y mejorar sus métodos de enseñanza (19). Esto puede derivar en el uso de estrategias pedagógicas tradicionales y desactualizadas, que limitan la efectividad del aprendizaje (19).

Además, el currículo de Ciencias Naturales en Ecuador presenta problemas de rigidez y desactualización, al no incorporar los avances científicos y tecnológicos recientes (20). Este enfoque restrictivo no sólo dificulta la preparación de los estudiantes para estudios superiores y carreras científicas, sino que también puede desmotivar el interés por la ciencia al hacerla parecer menos relevante y atractiva (20).

La desigualdad en el acceso a una educación de calidad es otra preocupación (20). Existen notables diferencias entre las áreas urbanas y rurales, así como entre instituciones públicas y privadas (20). **Los estudiantes en zonas rurales y escuelas públicas suelen tener menos acceso a recursos educativos de calidad**, perpetuando brechas significativas en el aprendizaje y reduciendo sus oportunidades para recibir una formación científica adecuada (21).

Estas desigualdades también se observan en la educación superior, donde las disparidades regionales limitan las oportunidades de muchos estudiantes para acceder a una educación de calidad (21). Esto impacta negativamente en el desarrollo equitativo del talento científico en el país (21).

Para mejorar la educación en Ciencias Naturales en Ecuador, es fundamental superar estas limitaciones mediante inversiones en infraestructura educativa, programas de formación continua para docentes y la actualización de los currículos para reflejar los avances científicos y tecnológicos (21). También es crucial implementar políticas que promuevan la equidad en el acceso a la educación, garantizando que todos los estudiantes, independientemente de su lugar de residencia o condición económica, tengan oportunidades para desarrollar competencias científicas y contribuir al desarrollo del país (20).

6. La prueba PISA y sus resultados en Ecuador

La evaluación educativa PISA para el Desarrollo (PISA-D) fue creada como una ampliación de la prueba PISA, adaptada específicamente para países de ingresos bajos y medios, como Ecuador (22). Este programa evalúa las competencias en lectura, matemáticas y ciencias, enfocándose de manera equilibrada en estas tres áreas fundamentales (22).

En el ámbito de las ciencias, PISA-D no solo mide conocimientos teóricos, sino también la capacidad de los estudiantes para interactuar críticamente con temas científicos y tecnológicos (22). Esto incluye analizar y debatir cuestiones científicas,

evaluar experimentos, interpretar datos y desarrollar explicaciones fundamentadas (22).

En el extremo opuesto, un 16.2% de los estudiantes se ubicaron en el nivel 1b, que implica una capacidad limitada para identificar patrones y términos científicos básicos, y un 1.9% no alcanzó siquiera este nivel mínimo (22). Los estudiantes en el nivel 1b solo logran aplicar conocimientos de ciencias en contextos muy sencillos y requieren instrucciones explícitas para realizar tareas básicas (22).

El informe resalta que *estos resultados reflejan la falta de un enfoque práctico en la enseñanza de ciencias en Ecuador* (22). Este desafío subraya la necesidad de *implementar estrategias educativas que vayan más allá de la teoría*, fortaleciendo las habilidades aplicadas de los estudiantes y promoviendo un aprendizaje significativo, alineado con las exigencias del mundo real y el desarrollo tecnológico (22).

7. Importancia de la experimentación en el proceso de enseñanza-aprendizaje en Ciencias Naturales (y en Microbiología)

Como hemos visto, la enseñanza de Ciencias Naturales en Ecuador enfrenta una notable deficiencia debido al predominio de un enfoque excesivamente teórico, lo que afecta tanto la educación secundaria como la superior, limitando la calidad del aprendizaje y la formación integral de los estudiantes (21).

En el nivel secundario, el currículo de ciencias naturales *está principalmente orientado hacia la teoría, con un enfoque en la memorización de conceptos, leyes y principios científicos* (20). Los estudiantes dedican gran parte del tiempo a recibir información de manera pasiva, *sin involucrarse en actividades prácticas que les permitan aplicar los conocimientos adquiridos* (20).

La carencia de laboratorios bien equipados y de recursos materiales adecuados dificulta la realización de experimentos y proyectos prácticos (19). Esto no solo reduce el interés y la motivación de los estudiantes, sino que también afecta negativamente su capacidad para retener y aplicar de forma efectiva los conocimientos científicos (19).

Otra problemática significativa es la insuficiente formación de los docentes en metodologías de enseñanza que integren teoría con práctica (19). Como consecuencia, muchos profesores continúan utilizando métodos tradicionales *centrados exclusivamente en la transmisión de información teórica*, perpetuando el desequilibrio en la educación científica (23).

En la educación superior, el predominio del enfoque teórico también es evidente. Los programas universitarios de Ciencias Naturales suelen priorizar las clases magistrales y la lectura de textos académicos por encima de las actividades prácticas y la investigación (21). Aunque los estudiantes adquieren conocimientos especializados, las oportunidades para aplicar estos conocimientos de manera práctica son limitadas (21).

La falta de laboratorios adecuados y la escasez de proyectos de investigación financiados exacerbar esta situación, impidiendo que los estudiantes desarrollen competencias prácticas esenciales para su desempeño profesional (21). Como resultado, los egresados, aunque poseen un conocimiento teórico sólido, carecen de experiencia en investigación independiente, diseño experimental y resolución de problemas complejos en contextos reales (21).

Para mejorar la educación en Ciencias Naturales en Ecuador, es imprescindible ***promover políticas que integren actividades prácticas en la enseñanza de las ciencias***. Estas iniciativas deben garantizar que todos los estudiantes, independientemente de su ubicación geográfica o situación económica, tengan acceso a recursos y oportunidades para desarrollar competencias científicas. Reducir el enfoque excesivo en la teoría no solo incrementará la motivación y el interés de los estudiantes, sino que también fomentará el desarrollo de habilidades críticas y competencias prácticas necesarias para su éxito académico y profesional (21).

8. Kits didácticos y enseñanza de las Ciencias Naturales (incluyendo la Microbiología)

La pedagogía dispone de una amplia gama de recursos didácticos diseñados para optimizar la enseñanza y la transmisión de conocimientos. Sin embargo, aún persiste la carencia de estos materiales en muchos entornos educativos, debido a que numerosos docentes continúan utilizando enfoques pedagógicos tradicionales, limitándose a herramientas básicas como la pizarra, el tablero y la voz (24).

Entre los recursos pedagógicos más innovadores se encuentran los kits didácticos, que, al integrarse con metodologías lúdicas y prácticas, potencian el aprendizaje de los estudiantes. Al incorporar elementos sensoriales y dinámicos, estos kits no solo fortalecen el desarrollo cognitivo, sino que también promueven la creación de esquemas mentales más significativos, estimulan los sentidos y ejercitan diversas habilidades intelectuales (25). Gracias a su adaptabilidad a diferentes edades y niveles de habilidad, los kits se han consolidado como herramientas versátiles que promueven un enfoque educativo más dinámico, activo y participativo (24).

Estos kits consolidan el aprendizaje de manera efectiva, ya que estimulan los sentidos y facilitan el acceso a la información. Además, apoyan el desarrollo de habilidades, actitudes y valores, promoviendo experiencias prácticas y aprendizajes significativos. Para ello es clave que dichos kits incluyan las instrucciones que permitan un control y seguimiento del proceso de aprendizaje, asegurando que los estudiantes alcancen los objetivos curriculares establecidos. Además, la adaptabilidad de los kits es clave: por ejemplo, si un estudiante tiene dificultades de lectura, es ideal optar por un kit que incorpora instrucciones visuales (26).

La manipulación de los componentes de un kit didáctico permite a los estudiantes explorar, experimentar y probar nuevas ideas, lo que incentiva su curiosidad y

creatividad (27). Este enfoque los ayuda a encontrar soluciones a problemas y a desarrollar proyectos de manera autónoma. Por lo tanto, es crucial que el diseño de dichos kits se centre en captar la atención de los estudiantes, facilitando la libre expresión de ideas y fomentando el pensamiento crítico y creativo (25). Por ejemplo, al diseñar materiales didácticos para estudiantes de primaria, el educador puede establecer una estructura clara, organizar los contenidos de manera lógica y progresiva, y definir objetivos precisos para la clase, lo que facilita un aprendizaje más efectivo (28).

Los kits didácticos han revolucionado la enseñanza de distintas asignaturas científicas al fomentar una participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje. Estos recursos permiten que los conceptos teóricos se vuelvan más claros y comprensibles al ser visualizados y aplicados en situaciones prácticas. Además, los kits didácticos contribuyen al desarrollo de habilidades esenciales en los estudiantes y hacen que la educación sea más inclusiva, ya que se pueden emplear tanto en entornos de aprendizaje tradicionales como en contextos no convencionales.

Como señala la página web *Comunicación Eventos* (29), estos kits tienen las siguientes características:

- Pueden utilizarse de manera individual o colectiva, son versátiles y proporcionan información relevante.
- Promueven el uso de materiales adicionales, como fichas y diccionarios, y fomentan actividades complementarias, tanto individuales como grupales.
- Motivan al estudiante al despertar y mantener su curiosidad e interés, sin generar ansiedad ni permitir que los elementos lúdicos interfieran negativamente en el aprendizaje.
- Estimulan el desarrollo de habilidades metacognitivas y estrategias de aprendizaje.
- Facilitan un aprendizaje significativo y transferible mediante un esfuerzo cognitivo continuo, en consonancia con los objetivos educativos planteados.
- Actúan como guías en el proceso de aprendizaje, de manera similar a un libro de texto.

Estudios como los de Morrison y Estes (30), Chonillo-Sislema et al. (31) y Chonillo-Sislema (32) han demostrado que los kits científicos son efectivos para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Asimismo, estos kits tienen un impacto positivo en el conocimiento científico y las actitudes hacia las ciencias, tanto de los profesores como de los alumnos.

Además de hacer el aprendizaje más atractivo y motivador, los kits didácticos preparan a los estudiantes para enfrentar desafíos del mundo real, fomentando la creatividad y el trabajo colaborativo (31). En conjunto, los kits didácticos representan una herramienta educativa dinámica y eficaz para promover el aprendizaje activo, crítico y autónomo (31).

Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva utilizando operadores booleanos como AND, AND NOT, OR y XOR, con el propósito de recopilar información relevante sobre el diseño de kits didácticos para la enseñanza de las ciencias

naturales en distintos niveles educativos. Para ello, se consultaron bases de datos especializadas como *Pubmed*, *Scopus*, *Taylor and Francis*, *The Web of Science*, *Scielo*, *Redalyc* y *Google Académico*. La búsqueda se llevó a cabo en navegadores académicos empleando palabras clave como "kits didácticos", "metodología", "enseñanza" y "ciencia".

Para garantizar el acceso a fuentes de calidad, se aplicaron filtros como el idioma inglés como *Publication date*, *Text available*, *Article Attribute* y la disponibilidad de texto completo. Dado que este estudio se enmarca en un enfoque de innovación, no se centra en el análisis estadístico de una población específica, sino en la identificación de tendencias y metodologías innovadoras utilizadas a nivel global como la metodología empleada en nuestro estudio aprendizaje-enseñanza.

II.4.- DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE VARIABLES

- **Opiniones de usuarios:** Cualitativa ordinal

Definición: Opinión general de los usuarios después de usar cada uno de los kits.

Medición: Escala tipo likert

- **Facilidad del uso:** Cualitativa ordinal

Definición: Facilidad en la que los usuarios encuentran el manejo de los kits.

Medición: Escala tipo likert

- **Viabilidad de uso en ambiente académico:** Cualitativa ordinal

Definición: Posibilidad de implementar el uso de los kits en ambientes educativos reales o en ambientes domésticos.

Medición: Escala tipo likert

- **Claridad de los manuales:** Cualitativa ordinal

Definición: Forma en la que se presenta la información para que los usuarios puedan implementar los experimentos para los cuales fueron concebidos y diseñados los kits.

Medición: Escala tipo likert

- **Tipos de Insumos:** Cualitativa nominal

Definición: Clasificación de los materiales y reactivos incluidos en el kit según sus funciones.

Medición: Registro por categorías previamente definidas (reactivos, materiales de soporte, equipos básicos).

II.5.- PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE LOS DATOS

Técnicas e instrumentos:

Se invitó a estudiantes de primer ciclo de la carrera de Bioquímica y Farmacia a participar en un ensayo piloto para poner a prueba el funcionamiento de los kits y su utilidad como complemento didáctico. El número de participantes se estableció

de manera arbitraria en función del número de estudiantes regulares inscritos. Este ensayo permitió evaluar la funcionalidad de los kits en el contexto educativo, considerando tanto la accesibilidad de los materiales como la facilidad de uso en un entorno académico real.

Para llevar a cabo los ensayos, cada grupo de estudiantes recibió un kit junto con el manual de instrucciones y materiales de apoyo, así como manuales guía para uso de los kits. Durante una breve orientación inicial, se explicaron los objetivos de la actividad y se revisaron los materiales incluidos en el kit. Los estudiantes realizaron posteriormente la actividad experimental de manera autónoma, siguiendo las instrucciones proporcionadas. Se registró el tiempo que cada participante necesitó para completar la actividad, así como las opiniones de los mismos, incluyendo las dificultades encontradas, lo que permitió identificar posibles problemas en el diseño y en la claridad de las instrucciones.

Para evaluar las dimensiones “Comprensión” y “Aprendizaje” utilizamos el método de pre y post-test descrito en Allen y Gyure (5) y en (60). Para el empleo de los kits (**ver ANEXO 1-2**). Además, se aplicó un post-test dos semanas después de haber sido empleado el kit, para evaluar la retención de los conocimientos adquiridos. En cada etapa se administró el mismo cuestionario, y a cada encuesta completada se le asignó una calificación decimal correspondiente al porcentaje de preguntas contestadas correctamente. La comparación de las puntuaciones obtenidas en el Pre-test y en el Post-test 1 permitió evaluar los conocimientos adquiridos como resultado directo del uso de la enseñanza sustentada en el kit de ciencias. La comparación de las puntuaciones obtenidas en el Pre-test y en el Post-test 2 nos permitió medir si los conocimientos se retuvieron dos semanas después de la experiencia. La comparación de las puntuaciones de las pruebas 1 y 2 nos permitió evaluar si los conocimientos adquiridos se perdieron una vez finalizado el aprendizaje sustentado en el uso del kit.

II.5.1.- PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS Y ANÁLISIS DE DATOS

Para cada comparación, se calcularon los valores medios y se determinó la significancia estadística mediante una prueba ANOVA para datos apareados en cada prueba (pre test, post test en el grupo de control y experimental). En cada comparación se incluyeron datos de los alumnos que respondieron ambos cuestionarios (pre test y post test). La significancia estadística se evaluó considerando un nivel de confianza del 95% ($p < 0.05$). El análisis permitió determinar si existían diferencias significativas en el rendimiento académico de los estudiantes tras el uso de los kits didácticos. Al detectarse una interacción significativa se realizaron pruebas de corrección de Bonferroni. Finalmente se ejecutó una prueba post HOC para examinar si el puntaje entre los grupos difiere entre sí para lo cual se requirió la ayuda de un asesor en estadística para la interpretación de los datos y una herramienta informático- estadística llamada Janubri para la tabulación y manejo de los datos

II.6.- ASPECTOS ÉTICOS

En cuanto a los aspectos éticos de esta tesis, es importante destacar que no se manejan muestras biológicas de ningún tipo. Tampoco se realiza ningún tipo de investigación con seres humanos (o sus muestras biológicas). El enfoque principal de la investigación se centra en el diseño, prueba y optimización de kits metodológicos para la enseñanza de microbiología y genética, sin involucrar ningún tipo de manipulación de organismos vivos, tejidos o muestras biológicas. Esta decisión asegura que el estudio se apegue a principios éticos rigurosos, respetando los límites establecidos en cuanto al uso de materiales biológicos y garantizando la seguridad y bienestar de los participantes y de los sujetos involucrados en el proyecto.

III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.- Kits didácticos

El diseño de los kits se llevó a cabo mediante el software *ArchiCAD* SRL, una herramienta especializada en modelado arquitectónico que permitió estructurar con precisión los componentes del kit antes de su fabricación. Para el proceso de manufactura, se empleó tecnología de corte láser, garantizando alta precisión en las piezas. Adicionalmente, los logotipos fueron generados mediante el empleo del software *Stable Diffusion*, un modelo de inteligencia artificial, capaz de crear imágenes a partir de descripciones textuales. La selección final de los diseños se realizó de manera aleatoria dentro de la gama de opciones proporcionadas por el algoritmo.

Los manuales incorporados en los kits, fueron diseñados, optimizados, y generados para la comprensión y guía de los usuarios acerca del uso de los kits, además de que cuentan con un flujograma de procedimiento y conceptos básicos del tema que destaca el propósito de cada kit, para llamar la atención del estudiante, como también describe la cantidad y el tipo de materiales incorporados en cada kit, la vida útil y almacenamiento, procedimiento, precauciones, resultados obtenidos, limitaciones y anexos, para despertar la curiosidad e interés del estudio científico y la experimentación en los kits (**ver Anexo 5- 17**).

1.1- Kit de extracción de ADN (*DNA Discover*)

El primer kit trata de la extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN) a partir de tejidos vegetales. En este tipo de kit se usan materiales domésticos, lo cual llega a ser mucho más accesible a la hora de extraer ADN a partir de una fruta, a diferencia de otros métodos que usan enzimas (proteínasa K y ARNasa A), como también disolventes orgánicos y tóxicos (fenol o isotiocianato de guanidina) siendo enzimas caras y la mayoría de materiales que llegan a ser tóxicos para la salud. Nos enfocamos específicamente en las frutas ya que son muy convenientes para el proceso de extracción del material genético.

Los materiales que componen este kit son esenciales para el aprendizaje de la técnica por parte del usuario, ya que le permite entender de manera sencilla la extracción del ADN que se realiza en un laboratorio. A su vez, un manual guía para facilitarle el uso del mismo al usuario. El logo que identifica al kit, fue diseñado empleando un algoritmo informático especializado en el diseño computacional.

1.2- Estructura, Diseño y Materiales del kit *DNA Discover*



Fig 1. Estructura y diseño del kit *DNA Discover* (Presentación externa e interna)



Fig 2. Materiales del kit DNA Discover. (1) 5 Tubos con tapa de corcho (Filtración), (2) 5 Tubos cónicos de 15 ml (maceración), (3) Solución de lisis en Tubo tapa rosca 50 ml, (4) Varilla de vidrio, (5) Embudo, (6) 5 Tubos de 5 mL, (7) 5 Pipetas Pasteur de plástico de 5 mL.

Objetivos de aprendizaje

Al haber empleado este kit para la realización de experimentos, los estudiantes deben ser capaces de:

1. Comprender el concepto de material genético
2. Aplicar el método científico
3. Usar correctamente material de laboratorio
4. Identificar los principios básicos de la extracción de ADN
5. Relacionar la teoría con la práctica
6. Desarrollar habilidades de observación y análisis
7. Pensar en forma crítica y resolver problemas
8. Valorar la Biotecnología y sus aplicaciones

1.3- Diseño y optimización del kit *DNA Discover*

Para el diseño del kit, se comenzó con la preparación del buffer de lisis, que contiene SDS (2,5 g), Tris (1,97 g), Cloruro de Sodio (3.05 g) y agua ultra pura (csp 50 mL). La composición original de esta solución fue obtenida a partir del catálogo de un manual perteneciente a Aminolabs y la Universidad de Reading (57,58). La preparación de esta solución es fundamental, ya que el buffer de lisis contiene un detergente, facilitando la extracción del ADN al romper las membranas celulares, lo que lo convierte en una alternativa a las enzimas de grado analítico.

Como fuente de material genético para el experimento, elegimos la banana (*Musa spp*). Este kit puede utilizarse con otras frutas, como frutillas, kiwis, entre otras, lo que permite flexibilidad en los experimentos.

El protocolo gráfico del kit que contiene las instrucciones para el empleo del mismo, y que está incluido en el manual del usuario, es el siguiente:



Fig 1.2 Flujograma de extracción de ADN con *DNA Discover*

Se realizó una prueba de precipitación utilizando el buffer de lisis con banana (*Musa spp*), seguido de una precipitación con etanol al 96%, empleando los instrumentos de laboratorio adecuados. lo que resultó en la precipitación de ADN.

Se determinó que la proporción volumétrica óptima para la precipitación del ADN con alcohol al 96% fue 1 ml de muestra (fruta macerada) en 2 ml de etanol, siendo altamente eficiente para la extracción del ADN. En una segunda prueba, se utilizó etanol al 70% (grado farmacéutico) junto con el buffer de lisis, experimentando con diferentes proporciones volumétricas para evaluar su efectividad. Sin embargo, cabe recalcar que la extracción más eficiente fue empleando etanol al 96%



Fig 3. Precipitación de ADN utilizando como reactivo de extracción etanol al 96%.

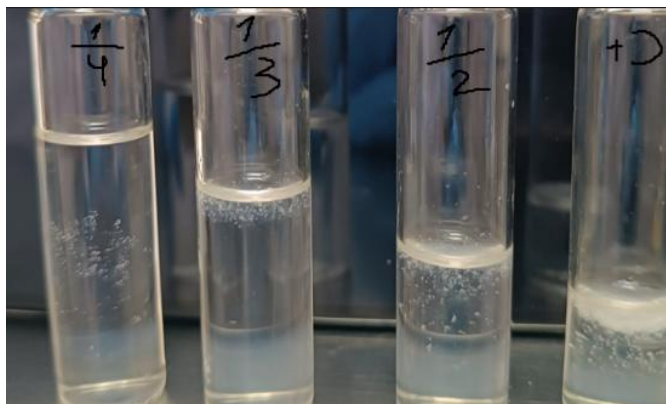


Fig 4. Diluciones seriadas realizadas con el buffer de lisis y etanol al 70% en diferentes concentraciones de reactivo 1:4 (1 ml de muestra en 4ml de alcohol al 70%), 1:3 (1 ml de muestra en 3 ml de alcohol al 70%), 1:2 (1 ml de muestra en 2 ml de alcohol al 70%) y el control (C+) 1:1(1 ml de muestra en 1ml de alcohol al 96%).

El empleo de la solución a una proporción de 1:2 permitió alcanzar un buen resultado, ya que se evidencia claramente la precipitación del ADN. Por otro lado, las mezclas en proporción 1:3 y 1:4 no permitieron observar una clara precipitación de la muestra.

1.4- Nombre comercial del kit

Los nombres que consideramos para este kit fueron los siguientes: *DNA Navigator*, *DNA Explorer kit*, *Biogen Explorer* y *DNA Discover*. Sin embargo, elegimos *DNA Discover* en base a la opinión de un grupo de estudiantes y profesores universitarios.

2.1- Diseño y optimización del kit de aislamiento microbiano (*Micro Hunters*)

El segundo kit fue diseñado para el aislamiento de microorganismos a partir de muestras colectadas en ambientes naturales terrestres o acuáticos. Este kit permite que el aprendiz sea capaz de aislar ya sea bacterias u hongos de una fuente natural como una piedra, el suelo, la tierra u cualquier otro tipo de muestra. El logo que identifica al kit, fue diseñado empleando un algoritmo informático especializado en el diseño computacional.

2.2- Estructura, Diseño y Materiales del kit *Micro Hunters*



Fig 5. Estructura y diseño del kit *Micro Hunters* (Presentación externa e interna)



Fig 6. (1) 5 Pipetas Pasteur plásticas de 3 ml, (2) Tubos cónicos de 1.5 ml , (3) Asas en T, (4) Asas estériles, (5) Guantes de Nitrilo talla M, (6) Tubos cónicos de 15 ml con Solución Salina estéril, (7) Mechero, (8) Placas con medio de cultivo (Agar nutritivo), (9) 5 Pipetas Pasteur plásticas de 5 ml.

El protocolo gráfico del kit que contiene las instrucciones para el empleo del mismo, y que está incluido en el manual del usuario, es el siguiente:

MANUAL DE AISLAMIENTO MICROBIANO

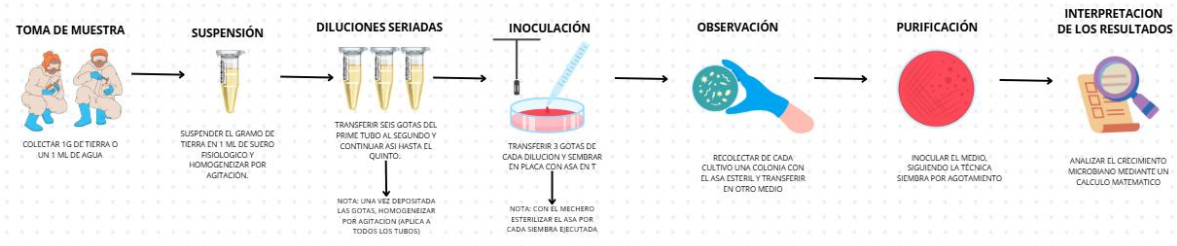


Fig 7. Flujograma de aislamiento de microorganismos con *Micro Hunters*.

Objetivos de aprendizaje

Al haber empleado este kit para la realización de experimentos, los estudiantes deben ser capaces de:

1. Comparar comunidades microbianas de diferentes ambientes.
2. Identificar algunos de los factores que afectan el crecimiento microbiano
3. Aislar microorganismos en placas de medio agarizado
4. Describir y cuantificar las colonias microbianas
5. Explicar el fenómeno de la resistencia a los antimicrobianos
6. Emplear la terminología adecuada para referirse a los microorganismos
7. Construir hipótesis sobre las funciones de los microorganismos en el medioambiente natural
8. Aplicar el conocimiento adquirido a asuntos relacionados con el posible uso de estos microorganismos con fines benéficos

2.3- Resultados del uso del kit *Micro Hunters*

La información básica para el diseño de este kit se obtuvo a partir de la consulta de manuales de microbiología tales como Kit de Microbiología Avanzada y Kit para Aulas de Microbiología (9,10)

Se tomaron muestras de suelo en los jardines de la propia Universidad Católica de Cuenca, a partir de las cuales se prepararon suspensiones en tubos Eppendorf (1 g de tierra/1 ml de suero fisiológico). Así mismo, se realizaron diluciones seriadas de estas suspensiones en tubos Eppendorf; una vez hecho esto inoculamos las mismas en placas de Agar Nutritivo, transfiriendo tres gotas de cada dilución y esparciéndolas con asas en T.

Las placas fueron incubadas a temperatura ambiente durante un periodo de 24-48 h, después procedimos a determinar la densidad poblacional de cada suspensión, mediante el empleo de la fórmula $UFC/ml = (\text{número de colonias} \times \text{factor de dilución}) / \text{volumen inoculado de la placa de cultivo}$ (58). Una vez hecha la cuantificación procedimos a la etapa de purificación de los aislados.

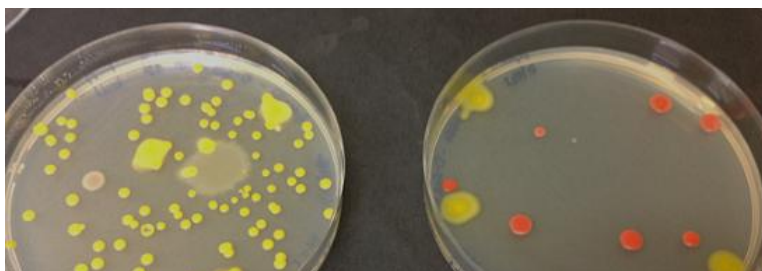


Fig 8. Colonias microbianas en placas de agar nutritivo.

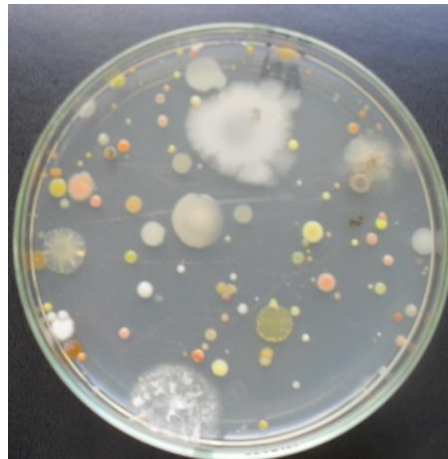


Fig 9. Colonias de hongos filamentosos, levaduras y bacterias en una placa de agar nutritivo.

El uso de agar nutritivo (medio rico, no selectivo) garantiza el crecimiento de una multitud de especies microbianas, favoreciendo el crecimiento y a la observación de diferentes tipos de colonias con sus respectivas morfologías.

Es de suma importancia utilizar guantes de látex o de nitrilo incluidos en el kit, como parte de las medidas de bioseguridad.

2.4- Nombre comercial del kit

Entre las alternativas de nombre para este kit, consideramos los siguientes: *Micro Hunters*, *Microbe Discovery*, *MicroWorld-Lab* y *Micro Scientist*. Sin embargo, *Micro Hunters* fue elegido en base a la opinión de un grupo de estudiantes y profesores universitarios.

3.1- Diseño y optimización del kit de aislamiento de probióticos (*Probiotics*)

El tercer kit se diseñó para permitir el aislamiento de microorganismos de carácter probiótico, a partir de productos comerciales como la cerveza artesanal, la kombucha o la Enterogermina®. El objetivo principal de este kit, es demostrar la

presencia de microorganismos vivos en dichos productos y resaltar su importancia para nuestra salud.

Cabe determinar, que los probióticos se consideran microorganismos benéficos, por lo que su aislamiento y manipulación no representa ningún tipo de riesgo. El logo que identifica al kit fue diseñado empleando un algoritmo informático especializado en el diseño computacional.

3.2- Estructura, Diseño y Materiales que incluye el kit *Probiotics*



Fig 10. Estructura y diseño del kit *Probiotics* (Presentación externa e interna)



Fig 11. (1) Hisopos estériles, (2) Asas estériles, (3) Guantes de nitrilo talla M, (4) Mechero, (5) Pipetas Pasteur de plástico de 5 ml, (6) 10 Cajas de Petri con medio

de cultivo (Agar Nutritivo), (7) 10 Cajas de Petri con medio de cultivo (Agar Sabouraud Dextrosa), (8) Tubos cónicos de 1.5 ml, (9) Tubo cónicos de 15 ml.

El protocolo gráfico del kit que contiene las instrucciones para el empleo del mismo, y que está incluido en el manual del usuario, es el siguiente:



Fig 12. Flujograma de aislamiento de probióticos con *Probiotics*.

Objetivos de aprendizaje

Al haber empleado este kit para la realización de experimentos, los estudiantes deben ser capaces de:

1. Diferenciar entre microorganismos benéficos y patógenos
2. Identificar algunos de los factores que afectan el crecimiento microbiano
3. Aislar microorganismos en placas de medio agarizado
4. Describir y cuantificar las colonias microbianas
5. Emplear la terminología adecuada para referirse a los microorganismos
6. Construir hipótesis sobre las funciones benéficas de los microorganismos
7. Aplicar el conocimiento adquirido a asuntos relacionados con el posible uso de estos microorganismos con fines benéficos
8. Demostrar aprecio por las funciones que cumplen ciertos microorganismos

3.3- Resultados del uso del kit *Probiotics*

Los productos que se llegaron a utilizar para aislar microorganismos probióticos, fueron cerveza artesanal y Enterogermina ®. Este último es un producto comercial a base de esporas de *Bacillus clausii*. Para aislar *Saccharomyces* spp a partir de la cerveza se utilizó Agar Sabouraud Dextrosa, medio complejo, granulado y deshidratado y a su vez contiene los nutrientes esenciales para la multiplicación

de las levaduras. Por otro lado, se aislaron colonias de *B. clausii* a partir de la Enterogermina®, utilizando Agar Nutritivo siendo un medio no selectivo y general.

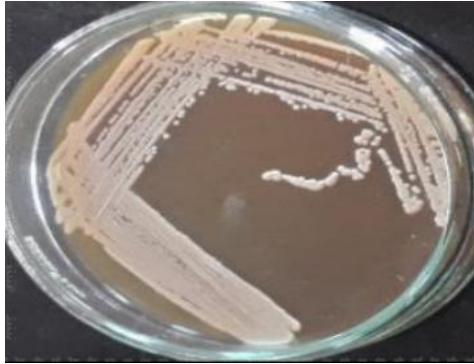


Fig 13 Crecimiento de levaduras aisladas de la cerveza artesanal

Cabe destacar que se necesita realizar una secuenciación de las colonias y levaduras aisladas en sus respectivos medios, para poder determinar la especie. Aun así, podemos determinar que existe crecimiento de microorganismos aislados a partir de productos probióticos.

3.4- Nombre comercial del kit

Los nombres que se consideraron para denominar este kit fueron: *Probiotic World*, *BioProbiotic-Lab*, *Probiotics* y *Probiotic-Product-Food*. Sin embargo, *Probiotics* fue elegido en base a la opinión de un grupo de estudiantes y profesores universitarios que fueron consultados.

4.- Ensayo piloto

Los estudiantes del grupo Experimental emplearon los kits didácticos, para lo cual fueron instruidos durante la práctica en el laboratorio de Biología Molecular de la Universidad Católica de Cuenca. Sin embargo, aunque no hayan manipulado el Kit de *DNA Discover*, aun así, se obtuvieron resultados que llegaron a ser significativos de acuerdo a los parámetros estadísticos que se analizaron con un software estadístico llamado Jomobil.

4.1- Ensayo piloto con estudiantes del primer ciclo de la Carrera de Bioquímica y Farmacia

Todos los estudiantes del Primer Ciclo de la Carrera de Bioquímica y Farmacia que participaron en el ensayo piloto asistieron a una charla, de aproximadamente 45 min, acerca de conceptos básicos de microbiología y biotecnología que fue impartida por el Prof. Andrés Yarzabal (encargado de los cursos de Biología Molecular y Microbiología en diversas oportunidades). Antes de la charla, todos los estudiantes respondieron un cuestionario (Pre-test) (**Anexo 1-2**). Al día siguiente, el grupo experimental empleó los tres kits didácticos bajo la supervisión y guía de los profesores Lenys Buela y Andrés Yarzabal. Una vez hecho esto, ambos grupos (control y experimental) respondieron nuevamente el mismo cuestionario luego de

dos semanas (Post-test). Los resultados se tabularon y analizaron como se describe más abajo.

4.2- Ensayo piloto con Kit *Probiotics*

Los estudiantes del primer ciclo de la Carrera de Bioquímica y Farmacia emplearon el kit *Probiotics*, para aislar y cultivar microorganismos probióticos, a partir de una muestra de Kombucha artesanal. A las 24 h después de incubación a temperatura ambiente, se observa la aparición de colonias en las placas de Agar Sabouraud Dextrosa y Agar Nutritivo **Figura 2.1**. Sin embargo, aunque los estudiantes manipularon y usaron correctamente los materiales del kit, además de seguir las instrucciones del manual, no obtuvieron colonias aisladas en las placas, también no se cuantificó el crecimiento microbiano. Probablemente esto se deba al empleo único de hisopos estériles en lugar de asas, y a otros factores externos como la disposición estudiantil. Por lo tanto, sería conveniente realizar estrías por agotamiento (un estriado por asa) y de esta manera obtener unas colonias aisladas, tal y como se describe en el flujograma.

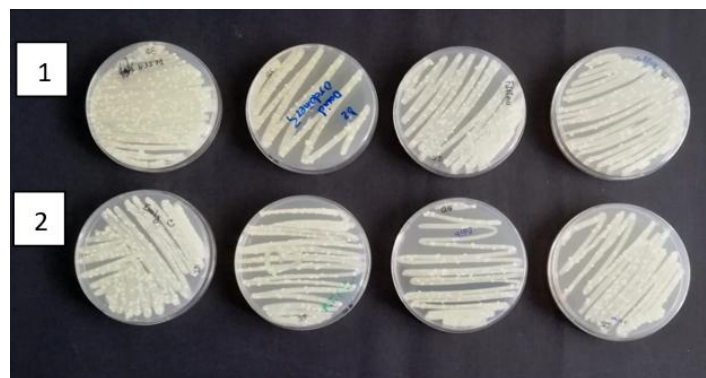


Fig 14 Resultados ensayo piloto kit *Probiotics*. Placas de agar nutritivo (1), Placas de Agar Sabouraud Dextrosa (2)



Fig 15 Crecimiento de colonias

4.3- Ensayo piloto con Kit *Microhunters*

Los estudiantes del primer ciclo emplearon el kit *Microhunters*, para aislar microorganismos a partir de suelo rizosférico (adherido a las raíces de las plantas). A las 24 h después de la incubación, se observó crecimiento microbiano en las placas de Agar Nutritivo. Los estudiantes lograron obtener crecimientos microbianos, a través de diluciones seriadas, mismas presentan morfologías variadas. Sin embargo, estas no fueron sometidas a un proceso de purificación y tampoco se realizó la cuantificación microbiana.

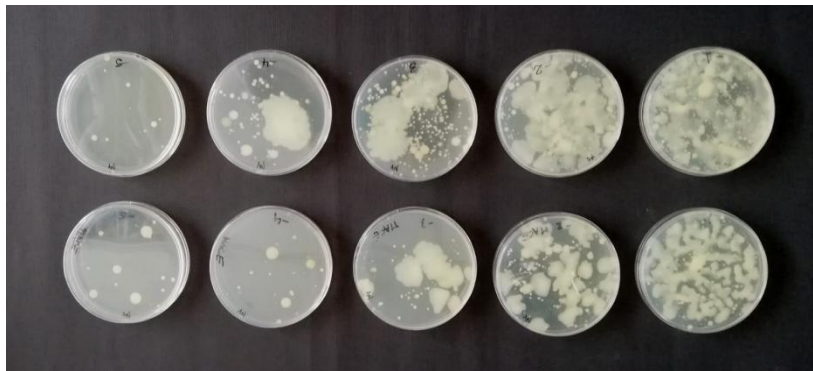


Fig 16 Resultados ensayo piloto kit *Microhunters*

4.4- Impacto del empleo de los kits didácticos sobre la asimilación de conocimiento

Como dijimos anteriormente, los estudiantes del primer ciclo se separaron en dos grupos: un Grupo Control (n=21) y un Grupo Experimental (n=15). Al Grupo Control se le aplicó un Pre-test y un Post-test sin haber hecho uso de los kits, mientras que el Grupo Experimental empleó los kits *MicroHunters* y *Probiotcis* entre ambas pruebas. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente figura:

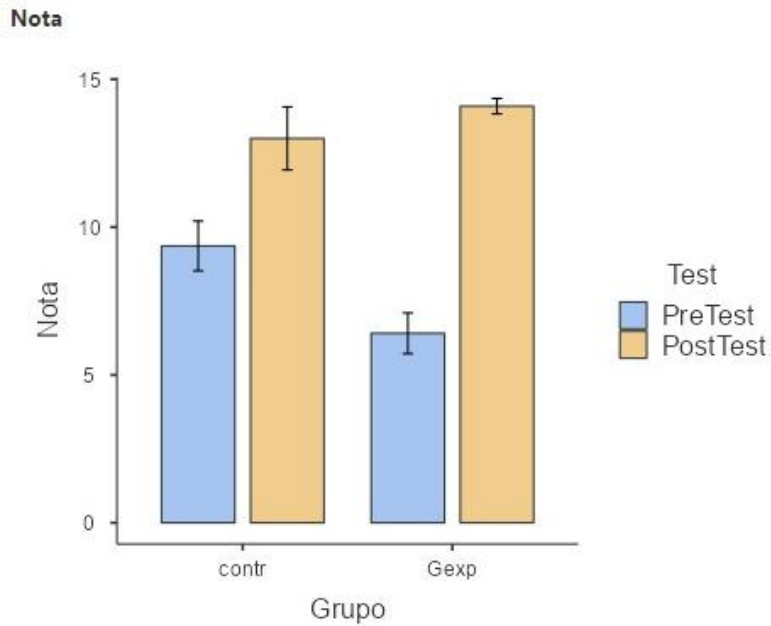


Gráfico 1. Histograma representativo del total de aciertos del grupo control (pre test - post test) y experimental (pre test - post test)

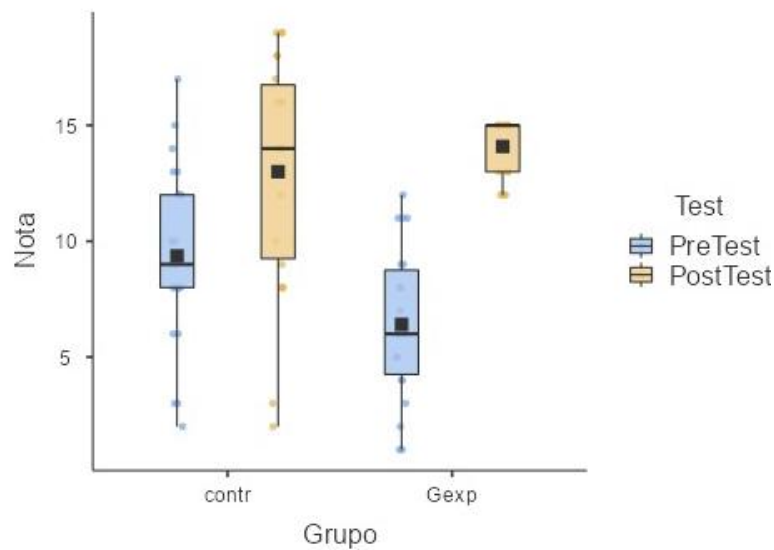


Gráfico 2. Diagrama de cajas y bigotes, donde se pueden apreciar el aumento del puntaje en las cajas correspondientes al post test, sin embargo, dentro del grupo experimental la caja presenta menos variabilidad del tamaño indicando una menor dispersión de notas.

Los datos se analizaron utilizando una prueba Post hoc para datos apareados, empleando para aquello el método ANOVA. Las diferencias entre el Pre-test y Post-test se consideraron significativas si el valor de p era menor a 0.05. Los

resultados mostraron mejoras significativas en ambos grupos, pero con diferencias notables entre ellos. En el **Anexo 1-2** se presenta el número de respuestas correctas en el Pre-test y Post-test para ambos grupos combinados, el efecto principal del test (pre test vs post test) es significativo pues su p valor fue de 0,001, en el caso de las pruebas post Hoc fueron -7,68, su p valor fue de 0,001 indicando que los estudiantes del grupo experimental mejoraron significativamente después del uso de los kits.

Pruebas Post Hoc

Comparaciones Post Hoc - Grupo * Test

		Comparación		Diferencia de Medias	EE	gl	t	Ptukey	Pbonferroni
Grupo	Test	Grupo	Test						
contr	PreTest	- contr	PostTest	-3.64	1.09	84.0	-3.326	0.007	0.008
		- Gexp	PreTest	2.95	1.09	84.0	2.703	0.041	0.050
	- Gexp	PostTest	-4.73	1.09	84.0	-4.324	< .001	< .001	
	PostTest	- Gexp	PreTest	6.59	1.09	84.0	6.029	< .001	< .001
		- Gexp	PostTest	-1.09	1.09	84.0	-0.998	0.751	1.000
Gexp	PreTest	- Gexp	PostTest	-7.68	1.09	84.0	-7.027	< .001	< .001

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

Tabla 1. Resultados estadísticos del análisis comparativo entre el Pre-test y Post-test, entre el grupo de control y el grupo experimental.

1.- DISCUSIÓN

El propósito de este proyecto fue diseñar, evaluar y optimizar kits didácticos para fortalecer la enseñanza de la microbiología y la biotecnología en estudiantes de bachillerato o pregrado universitario. A través de la implementación del uso de estos kits, se buscó fomentar un aprendizaje práctico y significativo, complementando la formación teórica recibida dentro del entorno estudiante-docente con experiencias interactivas que permitieran a los estudiantes comprender conceptos complejos de manera más efectiva. Los principales resultados mostraron que el uso de los kits didácticos tuvo un impacto positivo en el aprendizaje, evidenciado por las mejoras significativas en las puntuaciones del Post-test en comparación con el Pre-test, especialmente en el Grupo Experimental.

La relevancia de este trabajo radica en su potencial para democratizar el acceso a la enseñanza práctica de la Microbiología, especialmente en instituciones con recursos limitados. Los kits no solo facilitan la comprensión de conceptos científicos, sino que también fomentan el interés y la motivación de los estudiantes hacia las ciencias naturales. Este enfoque representa un paso importante hacia la modernización de la educación científica a nivel nacional.

Cabe destacar que se presentaron debidas dificultades a la hora de diseñar y optimizar los kits, como la falta de experiencia, la dificultad de obtener información acerca de la cotización de costos por parte de los proveedores y la falta de información bibliográfica acerca del diseño externo e interno de los kits.

Aun así, buscamos diseñar, probar y optimizar kits pedagógicos que permitan enseñar Microbiología y Genética de forma práctica, generando una visión positiva sobre los microorganismos. Se realizó un ensayo piloto a un grupo de estudiantes (grupo control y experimental), los cuales realizaron un pretest y un Post-test, evaluando sus conocimientos durante todo el ensayo. Los resultados del Post-test tanto del grupo control y experimental mejoraron notablemente a comparación del pretest.

Es importante destacar algunas limitaciones encontradas durante el desarrollo del proyecto. La obtención de insumos y materiales específicos para la fabricación de los kits representó un desafío, especialmente debido a factores de tiempo y disponibilidad. Además, la fabricación de prototipos requirió ajustes continuos como la mejora y actualización del diseño tanto interna y externamente para optimizar su funcionalidad y accesibilidad. Otra limitación fue la imposibilidad de emplear el kit *DNA Discover* durante el ensayo piloto, debido a factores externos relacionados con el periodo laboral estudiantil y la disponibilidad de tiempo. Estas limitaciones hacen énfasis en la necesidad de mejorar la logística y planificación en futuras implementaciones de un plan piloto enfocado al desarrollo de kits pedagógico-didácticos.

A pesar de estas limitaciones, el proyecto logró avances significativos en el desarrollo de herramientas educativas innovadoras.

En resumen, este proyecto logró su propósito de diseñar y testear kits didácticos para la enseñanza de la microbiología, demostrando su impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes. Aunque se enfrentaron desafíos durante todo su desarrollo, los logros obtenidos destacan la trascendencia de esta iniciativa como una herramienta innovadora para la educación científica. Con humildad, reconocemos que este trabajo es un primer paso hacia la creación de recursos educativos más accesibles y efectivos, que podrían tener un impacto duradero en la formación de futuros profesionales en biotecnología y ciencias de la salud.

Conclusiones

- Los kits didácticos (*DNA Discover*, *Microhunters* y *Probiotics*) son herramientas útiles para implementar métodos de enseñanza basados en la experimentación en institutos, liceos, escuelas y universidades, complementando de manera efectiva la formación teórica del estudiante.
- El uso de estos kits puede incentivar a los usuarios a interesarse más por las ciencias naturales, motivándolos a profundizar en los conceptos teóricos mientras aplican lo aprendido de manera práctica.

- Los kits no solo facilitan el aprendizaje, sino que también fomentan la curiosidad y el pensamiento crítico, elementos clave para formar futuros profesionales en el campo de las ciencias.

PAGINAS FINALES

Bibliografía

1. Fattou M, Schneiter A, Allisiardi M, Hänni L, Hauser G, Gonçalves-Fernandes Y, et al. Microbes go to school: Using microbiology and service-learning to increase science awareness and fostering the relationship between universities and the general public. *Front Educ.* 2021;6. doi:10.3389/feduc.2021.735297.
2. National Research Council (US). Guide to implementing the next generation science standards. Washington, D.C.: National Academies Press; 2015.
3. Huang A, Nguyen PQ, Stark JC, Takahashi MK, Donghia N, Ferrante T, et al. BioBits™ Explorer: A modular synthetic biology education kit. *Sci Adv.* 2018;4(8). doi:10.1126/sciadv.aat5105.
4. Martín-García J, Dies Álvarez ME. Dificultades percibidas por el profesorado de secundaria en el desarrollo de actividades científicas no formales. *Invest Ensino Ciênc.* 2022;27(3):96–111. doi:10.22600/1518-8795.ienci2022v27n3p96.
5. Paul J, Lederman NG, Groß J. Learning experimentation through science fairs. *Int J Sci Educ.* 2016;38(15):2367–87. doi:10.1080/09500693.2016.1243272.
6. Robredo B, Fernández-Fernández R, Torres C. Antimicrobial resistance as a nexus between teaching and research. *J Biol Educ.* 2023;57(4):856–72. doi:10.1080/00219266.2021.1979631.
7. Saarelainen E. Why there's no innovation without experimentation [Internet]. Unhcr.org. Disponible en: <https://www.unhcr.org/innovation/why-theres-no-innovation-without-experimentation/>.
8. Timmis K, de Vos WM, Ramos JL, Vlaeminck SE, Prieto A, Danchin A, et al. The contribution of microbial biotechnology to sustainable development goals. *Microb Biotechnol.* 2017;10(5):984–7. doi:10.1111/1751-7915.12818.
9. Bioquímica.cl. Kit de Microbiología Avanzada. Disponible en: <https://www.bioquimica.cl/kit-de-microbiologia-avanzada>.

10. Fisher Scientific. Kits para aulas de Microbiología. Disponible en: <https://www.fishersci.es/es/es/browse/90226043/kits-para-aulas-de-microbiolog%C3%ADa?page=1>.
11. Banco de Información. Educación en Ecuador. Resultados de PISA para el Desarrollo. Disponible en: <https://evaluaciones.evaluacion.gob.ec/BI/educacion-en-ecuador-resultados-de-pisa-para-el-desarrollo/>.
12. Ciloglu T, Ustun AB. The effects of mobile AR-based biology learning experience on students' motivation, self-efficacy, and attitudes in online learning. *J Sci Educ Technol*. 2023;32(3):309–37. doi:10.1007/s10956-023-10030-7
13. Salazar Fonseca SA, Videla Jara VA. Evaluar concepciones alternativas sobre microbiología y la importancia que le atribuyen a esta disciplina docentes de Educación General Básica que enseñan ciencias naturales. Universidad de Concepción Campus Los Ángeles Escuela de Educación. Disponible en: <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/10684>
14. Khalil M, Lazarowitz R. Aprender sobre “microorganismos”: contenido científico, métodos pedagógicos y el dominio afectivo de los estudiantes. *Creat Educ*. 2014;05(10):822–34. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4236/ce.2014.510096>
15. Amado Rodríguez L. Aprender microbiología desde la importancia de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal. Una experiencia en la escuela primaria. *Rev eureka sobre enseñ divulg las cienc*. 2021;18(3):1–17. Disponible en: http://dx.doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3201
16. Timmis K, Cavicchioli R, Garcia JL, Nogales B, Chavarría M, Stein L, et al. La urgente necesidad de alfabetización en microbiología en la sociedad. *Environ Microbiol*. 2019;21(5):1513–28. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/1462-2920.14611>
17. Timmis K. Educación en microbiología: un camino significativo para mejorar sosteniblemente la condición humana y de la biosfera. *Microlife*. 2023;4:uqad013. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1093/femsml/uqad013>
18. Ministerio de Educación. Ciencias Naturales – Ministerio de Educación. Disponible en: <https://educacion.gob.ec/curriculo-ciencias-naturales/>

19. Suasnabas-Pacheco LS, Juárez JF. Calidad de la educación en Ecuador. ¿Mito o realidad? *Dominio de las Ciencias*. 2020;6(2):Art. 2. Disponible en: <https://doi.org/10.23857/dc.v6i2.1160>
20. Villa V, Alexander A. El Aprendizaje Basado en Problemas en la asignatura de Ciencias Naturales, en los estudiantes de sexto grado de Educación General Básica de la Unidad Educativa Hispano América del cantón Ambato 2022. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e97907a9-9d77-4db5-9b9f-f04a7a365bd1/content>
21. Madrid Tamayo TL. El sistema educativo de Ecuador: Un sistema, dos mundos (Ensayos). 2019;2(1):8-17. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7647>
22. Instituto Nacional de Evaluación Educativa. Educación en Ecuador: Resultados de PISA para el Desarrollo. 2018. Disponible en: https://www.evaluacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/12/CIE_InformeGeneralPISA18_20181123.pdf
23. Santamaría M, Núñez Delgado MP. Dificultades y retos para la enseñanza y el aprendizaje de la lectoescritura: Aportaciones de un estudio de casos colectivos. *Lengua y Habla*. 2021;25:242-267. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8223770>
24. Manrique MA, Gallego MA. El material didáctico para la construcción de aprendizajes significativos. *Rev Colomb Cienc Soc*. 2013;4(1):101-108
25. Caamaño MR, Cuenca TD, Romero SA, Aguilar LN. Uso de materiales didácticos en la escuela “Galo Plaza Lasso” de Machala: estudio de caso. *Rev Univ Soc*. 2021;13(2):318-329. Disponible en: <https://bit.ly/3K1ziUu>
26. Molina MF, Palomeque LA, Carriazo JG. Experiencias en la enseñanza de la química con el uso de kits de laboratorio. *Entre Cienc Ingen*. 2016;10(20):76-81. Disponible en: <https://bit.ly/3oizG9A>
27. Zakaria Z, Latip J, Tantayanon S. Organic chemistry practices for undergraduates using a small lab kit. *Procedia - Soc Behav Sci*. 2012;59:508-514. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.307>

28. Dickerson D, Stewart C, Hathcock S, McConnell W. The nature and role of science kits in affecting change in public attitude toward understanding of science. In: *Communicating Science to the Public*. Springer Netherlands; 2014. p. 47-62. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9097-5>
29. Comunicacion Eventos. Los materiales didácticos en el aula. UVP/Blog. 2022. Disponible en: <https://uvp.mx/uvpblog/tehuacan/?p=535>
30. Morrison JA, Estes JC. Using scientists and real-world scenarios in professional development for middle school science teachers. *J Sci Teach Educ*. 2007;18(2):165-184. <https://doi.org/10.1007/s10972-006-9034-3>
31. Chonillo-Sislema L, Sucari W, Rocha N, Solís-Luis F, et al. Influencia de los kits didácticos en el aprendizaje de las ciencias experimentales química y biología: hallazgos desde la literatura científica. *Technol Innov J*. 2023;2(3):7-24.
32. Chonillo-Sislema LO. Chemscketch: un recurso didáctico para el aprendizaje de Química Orgánica en estudiantes de bachillerato. *Uniandes EPISTEME*. 2024;11(3):426-440.
33. Akçayır M, Akçayır G. Ventajas y desafíos asociados a la realidad aumentada para la educación: una revisión sistemática de la literatura. *Rev Investig Educ*. 2017;20:1–11.
34. Lee K. Augmented reality in education and training. *TechTrends*. 2012;56(2):13–21. doi:10.1007/s11528-012-0559-3.
35. Wang XM, Hu QN, Hwang GJ, Yu XH. Learning with digital technology-facilitated empathy: an augmented reality approach to enhancing students' flow experience, motivation, and achievement in a biology program. *Interact Learn Environ*. 2023;31(10):6988–7004. doi:10.1080/10494820.2022.2057549.
36. Christopoulos A, Mystakidis S, Cachafeiro E, Laakso MJ. Escaping the cell: virtual reality escape rooms in biology education. *Behav Inf Technol*. 2023;42(9):1434–51. doi:10.1080/0144929x.2022.2079560.
37. Yang MA, Korsnack K. Pairing a bioinformatics-focused course-based undergraduate research experience with specifications grading in an introductory biology classroom. *Biol Methods Protoc*. 2024;9(1):bpae013. doi:10.1093/biomethods/bpae013.

38. Duque-Romero MV, Puebla-Molina AK. Educación básica: desafíos para la educación ecuatoriana postpandemia. *Rev Mendive*. 2023;21(2). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-76962023000200001.

39. Nanoporetech.com. Sequencing kits. Disponible en: <https://store.nanoporetech.com/sequencing-kits.html>. Accessed March 15, 2024.

40. Baber H. Determinants of students' perceived learning outcome and satisfaction in online learning during the pandemic of COVID-19. *J Educ E-Learn Res*. 2020;7(3):285–92. doi:10.20448/journal.509.2020.73.285.292.

41. Yeap CF, Suhaimi N, Nasir MKM. Issues, challenges, and suggestions for empowering technical vocational education and training education during the COVID-19 pandemic in Malaysia. *Create Educ*. 2021;12(8):1818–39. doi:10.4236/ce.2021.128138.

42. Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación. SENESCYT COMPARECE ANTE LA COMISIÓN DE RÉGIMEN ECONÓMICO PARA INFORMAR SOBRE EL PRESUPUESTO PARA LAS UNIVERSIDADES 2024 Disponible en: <https://www.educacionsuperior.gob.ec/senescyt-comparece-ante-la-comision-de-regimen-economico-para-informar-sobre-el-presupuesto-para-las-universidades-2024/>.

43. Gómez Ochoa de Alda J, Marcos-Merino JM, Esteban Gallego R. Extracción de ADN con material cotidiano: desarrollo de una estrategia interdisciplinar a partir de sus fundamentos científicos. *Educ Quím*. 2019;30(1):58. doi:10.22201/fq.18708404e.2019.1.65732.

44. Guan Z, Zhou Y, Liu J, Jiang X, Li S, Yang S, et al. A simple method to extract DNA from hair shafts using enzymatic laundry powder. *PLoS One*. 2013;8(7):e69588. doi:10.1371/journal.pone.0069588.

45. Nasiri H, Forouzandeh M, Rasaei MJ, Rahbarizadeh F. Modified salting-out method: high-yield, high-quality genomic DNA extraction from whole blood using laundry detergent. *J Clin Lab Anal*. 2005;19(6):229–32. doi:10.1002/jcla.20083.

46. Susantini E, Lisdiana L, Isnawati, Al Haq AT, Trimulyono G. Designing easy DNA extraction: Teaching creativity through laboratory practice. *Biochem Mol Biol Educ*. 2017;45(3):216–25. doi:10.1002/bmb.21030.

47. National Cancer Institute. Diccionario de genética. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-genetica/def/adn>.
48. Blanco Carrero EL, Castro Molina Y. Antagonismo de rizobacterias sobre hongos fitopatógenos, y su actividad microbiana con potencial biofertilizante, bioestimulante y biocontrolador. *Rev Colomb Biotecnol.* 2021;23(1):6–16. doi:10.15446/rev.colomb.biote.v23n1.84808.
49. Hardydiagnostics.com. BIO-KIDTM Microbiology science kit, with tryptic soy agar (TSA) Disponible en: <https://hardydiagnostics.com/biokid1>.
50. Fry P, Grainger J, Hurst J, Tranter J, Wymer P. *Practical Microbiology for Secondary Schools.* Society for General Microbiology; 2016. Disponible en: <https://www.stem.org.uk/resources/elibrary/resource/35285/practical-microbiology-secondary-schools>.
51. Salazar I, Ramírez H, Zúñiga A, Yllanes M, Naquiche A, Castillo D, et al. Selección e identificación de una nueva bacteria productora de pectinasa a partir de fuentes geotermales. *Ciencia Desarro.* 2020;27:143–9. doi:10.33326/26176033.2020.27.1004.
52. Domeignoz-Horta LA, Pold G, Erb H, Sebag D, Verrecchia E, Northen T, et al. Substrate availability and not thermal acclimation controls microbial temperature sensitivity response to long-term warming. *Glob Change Biol.* 2023;29(6):1574–90. doi:10.1111/gcb.16544.
53. Abou-Shanab RA, Angle JS, Delorme TA, Chaney RL, Van Berkum P, Moawad H, et al. Rhizobacterial effects on nickel extraction from soil and uptake by *Alyssum murale*. *New Phytol.* 2003;158(1):219–24. doi:10.1046/j.1469-8137.2003.00721.x.
54. Redfern J, Burdass D, Verran J. Developing microbiological learning materials for schools: best practice. *FEMS Microbiol Lett.* 2015;362(6):fnv020. doi:10.1093/femsle/fnv020.
55. Aziz ZS, Jazza SH, Dageem HN, Banoon SR, Balboul BA, Abdelzaher MA. Bacterial biodegradation of oil-contaminated soil for pollutant abatement contributing to achieve sustainable development goals: A comprehensive review. *Results Eng.* 2024;22:102083. doi:10.1016/j.rineng.2024.102083.

56. Bio-luminescent bacteria.The-odin.com.Disponible en: <https://www.the-odin.com/bio-luminescent-bacteria/>

57. Amino Labs. DNA Extraction Kit. Disponible en: <https://amino.bio/products/dna-extraction-kit>

58. **NCBE, University of Reading.** DNA Pendant Kit. Disponible en: <https://www.ncbe.reading.ac.uk/dna-pendant-kit/>

59. NEET UG full forms. Unacademy. 2022. Disponible en: <https://unacademy.com/content/neet-ug/full-forms/>

60. Foley, K.-R., Dyke, P., Girdler, S., Bourke, J., & Leonard, H. (2012). Young adults with intellectual disability transitioning from school to post-school: a literature review framed within the ICF. *Disability and Rehabilitation*, 34(20), 1747–1764. Disponible en: <https://doi.org/10.3109/09638288.2012.660603>

61. Schriesheim, C. A., & Hill, K. D. (1981). Controlling acquiescence response bias by item reversals: The effect on questionnaire validity. *Educational and Psychological Measurement*, 41(4), 1101–1114. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/001316448104100420>

Glosario

ADN: Ácido Desoxirribonucleico

BGU: Bachillerato General Unificado

EGB: Educación General Básica

PISA: Programa para la Evaluación Internacional de los estudiantes

PISA-D: Programa para la Evaluación Internacional de los estudiantes para el Desarrollo

SDS: Dodecil Sulfato sódico

UFC: Unidades Formadoras de colonias

ANEXO

No	Enunciado	Grupo Control		Grupo experimental	
		Correctas	Correctas	Correctas	Correctas
		Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
1	a) Los microorganismos se pueden encontrar en todos los ambientes posibles a nivel global (incluso en los más inhóspitos como glaciares, desiertos y subsuelo)	13	17	8	15
	b) Para que se puedan multiplicar, es necesario que los microorganismos dispongan de nutrientes a su alcance	17	19	11	15
	c) Todos los microorganismos (bacterias y hongos) son causantes de enfermedades	15	19	11	15
	d) Los microorganismos están presentes en los ambientes naturales, pero no en los espacios domésticos (departamentos, oficinas)	12	16	6	15
	e) La interacción de los seres humanos con los microorganismos siempre tiene un desenlace negativo	13	18	7	13
2	Mencione al menos dos tipos de microorganismos que podemos cultivar en medios de cultivo semi-sólidos (contienen agar)	8	14	4	12
3	Mencione los tres requisitos básicos para que un microorganismo se pueda multiplicar in vitro	3	8	2	13
4	Para poder cultivar microorganismos en el laboratorio de microbiología podemos emplear materiales de bajo costo y de tipo low tech (baja tecnología)	6	8	6	15
5	Cuál es el método más empleado para contar la cantidad de bacterias que se encuentran presentes (colonizan) una muestra de suelo (o agua)?	3	3	1	14
6	Las bacterias y los hongos solo están presentes en el suelo y las raíces de las plantas saludables, pero no en su tallo, sus hojas y sus flores	9	14	9	15
7	Puede Ud. estimar (de manera aproximada) el número de células que dieron origen a estas colonias en estos medios de cultivo?	2	2	1	12
8	Pese a que la cantidad de microorganismos que pueden estar presentes en una muestra de suelo es enorme, es relativamente fácil estimarlo (cuantificarlos)	6	8	5	14
9	No es posible distinguir fácilmente entre especies de bacterias en ambientes naturales, aunque todas sean muy pequeñas y tengan formas muy parecidas. O sea, no las podemos diferenciar unas de otras sin emplear métodos avanzados y sofisticados	10	12	8	15

ANEXO 1. Primera parte de las preguntas realizadas tanto al grupo de control y experimental en el ensayo piloto

10	La mayoría de las bacterias que se encuentran en ambientes naturales son principalmente de tipo:	8	16	6	12
11	Las bacterias pueden ayudar a los animales y las plantas a vivir mejor y crecer de manera más saludable	12	16	9	15
12	Para poder aislar bacterias a partir de ambientes naturales es necesario disponer de un equipo sofisticado y de técnicas muy avanzadas y complejas	8	10	4	15
14	No es posible aproximarnos al conocimiento de la microbiología de los ambientes naturales sin una formación universitaria avanzada	10	13	6	13
14	Cuál de las siguientes funciones ecológicas cree Ud. que se relaciona mejor con el papel que juegan las bacterias (y otros microorganismos) en el suelo:	8	14	6	12
15	Se pueden obtener a partir del ambiente (suelo, agua, etc) cepas puras de distintos microorganismos (bacterias y hongos) mediante métodos muy sencillos	9	13	5	15
16	Algunos de los alimentos que consumimos diariamente poseen microorganismos vivos que pueden ayudarnos a tener una mejor salud y una mejor calidad de vida	14	19	12	15
17	Todos los microbios vivos presentes en los alimentos nos causan enfermedades intestinales	12	18	11	15
18	Para extraer y precipitar el material genético a partir de diferentes fuentes naturales (frutas, microorganismos, tejidos animales) es necesario emplear métodos sofisticados y equipos costosos	8	9	3	15
		n=21	n=21	n=15	n=15

ANEXO 2. Segunda parte de las preguntas realizadas al grupo experimental y al grupo control en el ensayo piloto


CódigoPrincipal	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Descuento	Precio Total
DIGRASLKY 01	500,00	ASA DE DRIGRASLKY X UNIDAD	0,40	0,00	200,00
INFORMACIÓN ADICIONAL					
Dirección Cliente:		RAFAEL FAJARDO Y PASAJE MIGUEL CORDERO			
Teléfono:		0983702484			
Email:		lyarzabar@ucacue.edu.ec			
SUBTOTAL 200,00					
SUBTOTAL 0 % 0,00					
SUBTOTAL No objeto de IVA 0,00					
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS 200,00					
SUBTOTAL exento de IVA 0,00					
DESCUENTO 0,00					
ICE 0,00					
IVA 15 % 30,00					
IRBPNR 0,00					
PROPINA 0,00					
VALOR TOTAL 230,00					

Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	230,00	30	dias

ANEXO 3. Cotización de las asas en T las cuales fueron empleadas en el kit *MicroHunters*

Item	Detalle	Cant.	Costo Unitario	Costo Total
1	GLOBAL MECHERO BUNSEN CON LLAVE /REGULADOR	1	\$ 22,86	\$ 22,86
2	GLOBAL ASA DESCART. INOCULAC ESTERIL 1-10 UL X 10 U	1	\$ 0,93	\$ 0,93
3	GLOBAL CAJA MONOPETRI DESCART 90X15 MM X 20 U	1	\$ 4,00	\$ 4,00
4	GLOBAL CAJA BIPETRI DESCART 90X15 MM X 20 U	1	\$ 4,14	\$ 4,14
5	GLOBAL CAJA TRIPETRI DESCART 90X15 MM X 20 U	1	\$ 4,29	\$ 4,29
6	GLOBAL TUBO DE VIDRIO T/R 16 X 100 (10ML) X U	1	\$ 0,50	\$ 0,50
7	GLOBAL TUBO DE VIDRIO T/R 16 X 150 (15ML) PLANO X U	1	\$ 0,79	\$ 0,79
8	GLOBAL PIPETA PASTEUR PLASTICA 5 ML X 300 U	1	\$ 17,86	\$ 17,86
9	GLOBAL PIPETA PASTEUR PLASTICA 1ML X 500U	1	\$ 17,14	\$ 17,14
10	GRADILLA PLASTICA 40 P	1	\$ 20,00	\$ 20,00
11	GLOBAL GRADILLA CRIOVIAL 1.8/EPPENDORF 0.5/1.5/2 M L X 96 PUESTOS	1	\$ 14,29	\$ 14,29
12	JOAN LAB VARILLA DE AGITACION 7 MM X 200 MM	1	\$ 1,43	\$ 1,43
13	JOAN LAB VARILLA DE AGITACION 7 MM X 300 MM	1	\$ 2,50	\$ 2,50
SUBTOTAL				\$ 110,71
I.V.A.				\$ 16,61
TOTAL				\$ 127,32

ANEXO 4. Cotización de los materiales empleados en los kits didácticos




Manual de Extracción de ADN



- Embudo
- Buffer de lisis 50 mL
- Tubos de ensayo (Filtración)
- Tubos de 5 mL (Precipitación)
- Tubos tapa rosca 50 mL (maceración)
- Varilla de vidrio
- Pipetas pasteur 5 mL

TOMA DE MUESTRA **MACERACIÓN** **FILTRACIÓN** **PRECIPITACIÓN DEL ADN** **OBSERVACIÓN**



TOMA DE MUESTRA: PESAR 2 g DE FRUTA.

MACERACIÓN: PIPETEAR Y TRANSFERIR 10 mL DE SOLUCIÓN DE LISIS Y MACERAR CON UNA VARILLA DE VIDRIO LOS 2 g DE FRUTA EN UN TUBO DE 15 mL.

FILTRACIÓN: FILTRAR EL MACERADO CON LA AYUDA DE UN PAPEL FILTRO Y UN EMBUDO.

PRECIPITACIÓN DEL ADN: TRANSFERIR 1 mL DEL FILTRADO A UN TUBO DE 5 mL. AÑADIR LENTAMENTE 2 mL DE ETANOL 96%.

OBSERVACIÓN: INVERTIR DOS O TRES VECES EL TUBO Y OBSERVAR LA PRECIPITACIÓN DEL ADN.

Anexo 5. Portada del manual *DNA Discover*

RESUMEN

El ADN o ácido desoxirribonucleico, es una molécula presente en el núcleo de las células de todos los seres vivos, y contiene la información genética que nos hace únicos (Faton et al. (2021). Esta molécula tiene propiedades únicas como su estructura helicoidal, su enorme capacidad para almacenar información genética y una cierta tendencia a mutar, característica única que favorece la evolución de las especies (Paul, Lederman, Groß, (2016).

Nuestro kit de extracción de ADN permite al usuario comprender cómo se puede extraer esta molécula a partir de vegetales, siguiendo pasos simples y empleando materiales de laboratorio y productos cotidianos que se encuentran en casa (Nanoporetech.com. (s. f.)). El kit tiene un enfoque pedagógico, promoviendo una estrategia multidisciplinaria que combina conceptos básicos de Biología Molecular, Biotecnología y Microbiología dentro del campo de enseñanza de las ciencias naturales (Gómez Ochoa de Alda, Marcos-Merino y Esteban Gallego (2019). Esto no solo facilita la enseñanza práctica, sino que también fomenta el debate sobre la importancia de experimentar y aprender ciencia de manera accesible y amena (Susantini et al. (2017)

COMPONENTES DEL KIT

Material	Cant.
Embudo	1 unidad
Buffer de lisis	1 unidad
Frascos con tapa de corcho de 20ml (para la etapa de filtración)	5 unidades
Frascos con tapa de rosca de 5 mL (para etapa de precipitación)	5 unidades
Tubos Falcon 15 mL (para la maceración)	5 unidades
Varilla de vidrio	1 unidad
Pipetas plásticas de 3 mL (desechables)	10 unidades

Anexo 6. Resumen y componentes del kit *DNA Discover*

ALMACENAMIENTO Y VIDA ÚTIL

Una vez recibido, el kit se puede conservar a temperatura ambiente, lejos de la luz directa.

No se debe usar el producto si presenta signos de deterioro, contaminación o si ha pasado de fecha de vencimiento.

El producto es sensible a la luz y a las altas temperaturas.

Seguir las instrucciones del producto y mantenerlo fuera del alcance de los niños menores de tres años.

PRECAUCIONES

Este producto se puede utilizar en un ambiente pedagógico (centros educativos) o en laboratorios de ciencias naturales o biología.

Se recomienda al usuario portar o guantes de látex o de Nitrilo y lavarse las manos después de manipular las diferentes soluciones que contiene el kit.

Es necesaria la supervisión por el personal capacitado previa a la experimentación, y al momento de la interpretación de los resultados.

PROCEDIMIENTO

1. Pesar 2 g de alguna fruta, utilizando una balanza digital. Puede ser un banano, kiwi, tomate o frutilla, de preferencia.
2. Con una pipeta plástica transferir 10 ml de solución de lisis a un tubo de 15 ml con tapa de rosca.
3. Introducir los 2 g de fruta en el tubo de 15 ml y triturar (macerar) con la varilla de vidrio, hasta que quede una papilla homogénea.
4. Introducir el embudo en la boca de un tubo de vidrio, colocar en su interior el papel de filtro, plegado en forma de triángulo.
5. Filtrar el triturado/macerado obtenido a través del papel filtro. Esto puede tardar algunos minutos.
6. Con la ayuda de una pipeta Pasteur, transferir 1 ml del filtrado a un tubo de 5 ml. Con la ayuda de otra pipeta, transferir lentamente 2 ml de Alcohol (Etanol) 96%. Observar la formación de dos fases líquidas.
7. Tapar el tubo, invertirlo dos o tres veces y observar la precipitación del ADN.

Anexo 7. Vida útil, Precauciones y procedimiento del kit *DNA Discover*

RESULTADOS

La presencia de una sustancia blanquecina y gelatinosa, sumergida en el líquido indica la precipitación del ADN. Se trata de ADN que no se encuentra en estado puro ya que este contiene diversas moléculas que también son esenciales para su funcionamiento. Por otro lado, la precipitación del ADN se puede lograr con etanol al 70%, aunque el aspecto del precipitado es más opaco.

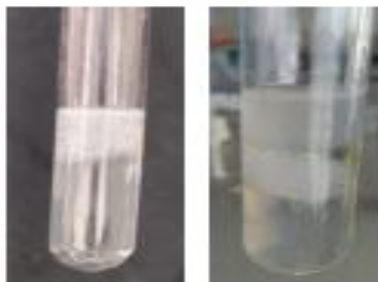
LIMITACIONES

La precipitación del ADN puro no se puede realizar por el motivo de que se necesitan hacer otras pruebas adicionales. Sin embargo, la precipitación del ADN es evidente a la hora de realizar el experimento con los materiales necesarios.

ANEXOS



La solución 1:1 (derecha) se realizó con alcohol 96% como muestra control. La solución 1:2 (izquierda) se realizó con alcohol 69,99%.



Precipitación de ADN de banano con etanol 96%

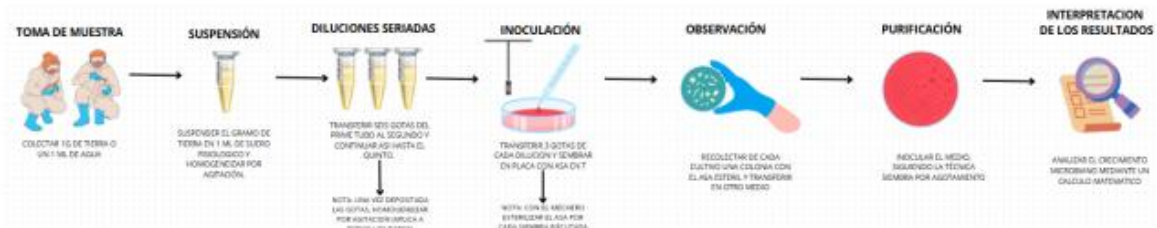
Anexo 8. Resultados, limitaciones y anexos del kit *DNA Discover*



Manual de cultivo y aislamiento de microorganismos



- Medios de Cultivo
- Tubos Ependorf
- Tubos tipos falcon con suero fisiológico
- Asas de plástico estériles
- Asa de drigalski
- Mechero
- Pipetas de Plastico
- Guantes de Nitrilo



Anexo 9. Portada del manual *MicroHunters*

CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE MICROORGANISMOS EN AMBIENTES NATURALES

Los microorganismos juegan un papel crucial en el funcionamiento de los ecosistemas, ya que participan en procesos como la descomposición de materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y la producción de compuestos esenciales para otros seres vivos. Bacterias, hongos, protozoos y virus se encuentran naturalmente en hábitats como el suelo, el agua y el aire, donde interactúan de manera compleja con su entorno Fattou et al. (2021)

Estos microorganismos no solo son esenciales para mantener el equilibrio ecológico, sino que también pueden influir en el crecimiento y desarrollo de otros seres vivos (como las plantas y los animales) el crecimiento y desarrollo de otros seres vivos (como plantas y los animales), ya sea de manera positiva (microorganismos benéficos, también llamados probióticos, o perjudicial, como es el caso de aquellos que causan enfermedades Paul, Lederman y Groß (2016).

Nuestro kit de aislamiento y cultivo de microorganismos ambientales permite al usuario aprender cómo se pueden poner en evidencia, sin necesidad de un microscopio, y como se estudian mediante pasos sencillos Bioquímica.cl (n.d.)

El kit también tiene un enfoque pedagógico, permitiendo poner de manifiesto conceptos fundamentales de Microbiología, una disciplina clave en el ámbito de las ciencias naturales Fisher Scientific (n.d.). A través de su uso se fortalece el aprendizaje, se adquieren destrezas experimentales y se estimula el debate sobre la importancia de experimentar y aprender ciencia de manera accesible Hardydiagnostics.com (n.d.).

COMPONENTES DEL KIT

Material	Cant.
Placas Petri con terreno medio Agar Nutritivo	20 unidades
Pipetas de Plástico de 3ml	5 unidades
Pipetas de Plástico de 1ml	5 unidades
Asas en T (desechables)	4 unidades
Tubos ependorf de 1,5ml para diluciones seriadas	12 unidades
Lámpara de alcohol (mechero)	1 unidad
Asas microbiológicas desechables	10 unidades
Tubos tipo Falcon de suero fisiológico (15ml)	3 unidades
Guantes de Nitrilo talla M	8 pares

Anexo 10. Conceptos generales y componentes del kit *MicroHunters*

ALMACENAMIENTO Y VIDA ÚTIL

El kit *MicroHunters* debe almacenarse en un lugar fresco, seco y protegido de la luz directa, con temperaturas preferiblemente entre 4°C y 25°C. Se recomienda mantener los componentes sellados herméticamente hasta su uso, para evitar contaminación o degradación.

La vida útil estimada del kit será de 6 a 12 meses, sujeta a las condiciones de almacenamiento y al tipo de materiales incluidos, los cuales estarán etiquetados con fechas de caducidad específicas para garantizar su funcionalidad.

PRECAUCIONES

Este producto se puede utilizar en un ambiente pedagógico (escuelas, colegios y universidades) o laboratorio.

Se recomienda al usuario portar o guantes de látex o de Nitrilo y lavarse las manos antes y después de manipular los componentes del kit.

Los instrumentos de laboratorio como asas, hisopos, medios de cultivo empleados durante la fase de experimentación, deben ser desechados adecuadamente en recipientes con fundas.

Se recomienda la supervisión por el personal capacitado durante la experimentación, y al momento de la interpretación de los resultados.

PROCEDIMIENTO

1. Con la ayuda de una espátula limpia y desinfectada, coleccionar 1 g de tierra (aproximadamente el tamaño de una uña del dedo) e introducirlo en el interior de un tubo de plástico.

NOTA: alternativamente se puede coleccionar 1ml de muestra líquida ya sea agua potable o agua de charcos, ríos o lagunas.

A PARTIR DE ESTE MOMENTO DEBE TRABAJAR EN LA CERCANÍA DEL MECHERO ENCENDIDO PARA EVITAR CONTAMINACIÓN DE LAS MUESTRAS Y MEDIOS DE CULTIVO.

2. Colocar 1ml de suero fisiológico en el interior del tubo que contiene la muestra sólida (tierra) y homogeneizar mediante agitación fuerte.
3. Dispensar con la ayuda de la pipeta plástica aproximadamente 1,8ml de suero fisiológico en cada uno de los demás tubos (cinco en total por muestra).
4. Transferir seis gotas de la suspensión líquida del primer tubo al segundo tubo, mezclar bien por agitación. Repetir el procedimiento del segundo al tercer tubo y así sucesivamente hasta llegar al tubo 5.

Anexo 11. Vida útil, Precauciones y procedimiento del kit *MicroHunters*

5. Al completar las cinco diluciones seriadas, inocular 3 gotas (aproximadamente 0,3 ml) de cada una de estas diluciones en la superficie de los medios de cultivo, haciendo uso de una pipeta nueva. Comenzar por el tubo número cinco y continuar hasta el tubo uno, empleando la misma pipeta. Rotular cada placa, en la parte inferior, con el número correspondiente a cada tubo para evitar confusiones.
6. Con la ayuda de un asa en T nueva, y comenzando por la placa No 5, extender la gota de líquido por toda la superficie del medio de cultivo, de manera homogénea. Hacerlo con mucho cuidado para no perforar dicho medio. Puede rotar la placa de Petri con la mano que la sostiene, para facilitar la dispersión del líquido hasta que se haya secado por completo (se sentirá una pequeña resistencia al movimiento del asa). Continuar con la placa 4, luego la 3, la 2 y finalmente la 1.
7. Incubar las placas durante un período de 24-48h a temperatura ambiente (25°C) (si dispone de una estufa incubadora, incubar a 30-35°C).
8. Una vez finalizado el tiempo de incubación observar la superficie de los medios de cultivo. Si no se observa la presencia de colonias, incubar por 24 horas más.
9. Estimar la densidad poblacional (cantidad de bacterias por unidad de volumen) empleando la siguiente fórmula:
UFC (Unidades Formadoras de Colonias) = Número de colonias contadas en la superficie del medio de cultivo/volumen sembrado (expresado en ml) x Factor de dilución
10. Seleccionar las colonias que se desea purificar y con el asa microbiológica estéril tomar una pequeña porción de la misma para resembrar en placas nuevas con medio estéril. Sembrar "por agotamiento" de acuerdo al esquema que se presenta más adelante.
11. Incubar nuevamente las placas inoculadas durante, por lo menos, 24 horas.
12. Visualizar el crecimiento de cepas puras.

RESULTADOS

Durante el aislamiento primario (es decir, la primera vez que se cultivan bacterias a partir de las muestras ambientales), se observará el crecimiento de un abundante número de colonias, sobre todo en las placas que hayan sido inoculadas con las muestras que no han sido diluidas. A medida que la dilución aumenta, se observará un número cada vez menor de colonias, de diversos aspectos (colores, texturas, formas, elevación etc). Cada colonia es el resultado de la multiplicación de una sola célula viable (denominadas Unidades Formadoras de Colonias, o UFC) durante muchos ciclos de división celular. Por lo tanto, todas las células de una misma colonia provienen de una única célula "parental", y son idénticas.

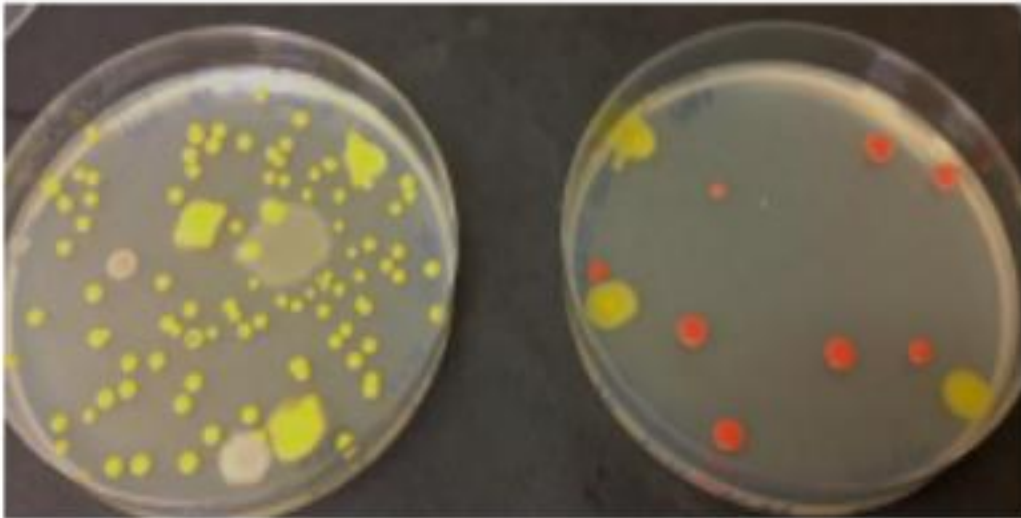
La aparición de colonias con una morfología homogénea, en la etapa de purificación, indica que el proceso se realizó de manera correcta. Sin embargo si aparecen colonias de diferentes formas o colores, será necesario aislar nuevamente a partir del cultivo primario, para obtener cepas puras ("purificar").

Anexo 12. Procedimiento y Resultados del kit *MicroHunters*

LIMITACIONES

El kit *MicroHunters* está diseñado para complementar el aprendizaje de conceptos y técnicas básicas de microbiología. Para experimentos avanzados, que persigan una caracterización de cepas puras, es necesario emplear el kit *Microdiversity*. El éxito en la obtención de resultado, depende de la correcta manipulación por parte del usuario. Tomar en cuenta que algunos de los materiales incluidos no son reutilizables (como las asas de plástico). Además, su correcto funcionamiento está condicionado a un almacenamiento adecuado y al cumplimiento de las instrucciones.

ANEXOS



Crecimiento de levaduras en placas de agar nutritivo

Anexo 13. Resultados, limitaciones y anexos del kit *MicroHunters*

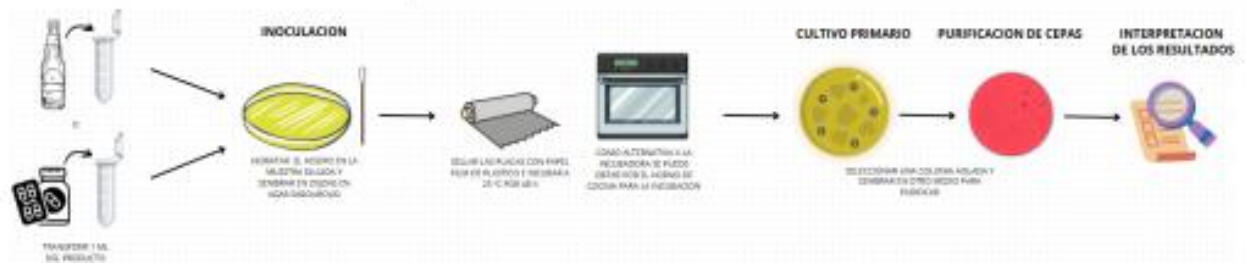


Manual de Cultivo y Purificación de Probióticos

MANUAL DE AISLAMIENTO DE PROBIOTICOS



- Papel de film plastico
- Agar Sabouraud Dextrosa
- Agar Nutritivo
- Pipetas de plastico
- Tubos de ensayo de 10 mL
- Hisopos estériles
- Asas microbiologicas
- Solución salina estéril
- Guantes de Nitrilo
- Mechero



Anexo 14. Portada del manual *Probiotics*

CONCEPTOS BASICOS SOBRE LOS PROBIÓTICOS

Los microorganismos probióticos, son aquellos que se encuentran en diferentes tipos de alimentos fermentados y productos de uso médico. Entre sus funciones benéficas, los probióticos mejoran la digestión, fortalecen el sistema inmunitario y ayudan a combatir enfermedades intestinales Gómez, A. (2019). Diversos alimentos contienen probióticos, como el yogurt, el kéfir, , la kombucha, el chucrut (también llamado sauerkraut), los pepinillos, la cerveza artesanal o el queso Roquefort Gupta, V., & Garg, R. (2009).

El kit Probiotics permite aislar y cultivar microorganismos probióticos a partir de estos productos alimenticios y farmaceuticos, para luego estudiar sus características macroscopicas principales como morfología, color de las colonias, entre otras Bodke, H., & Jogdand, S. (2022)

COMPONENTES DEL KIT

Material	Cant.
Placas de Agar Sabouraud Dextrosa	10 unidades
Placas de Agar Nutritivo	10 unidades
Pipetas de plástico (3 ml)	12 unidades
Tubos ependorf de 2ml (estériles)	12 unidades
Hisopos estériles (envueltos en paquetes de 6U)	12 unidades
Asas bacteriológicas desechables (estériles)	10 unidades
Mechero	1 unidad

Anexo 15. Conceptos generales y componentes del kit *Probiotics*

ALMACENAMIENTO Y VIDA ÚTIL

Conservar las placas con medios de cultivo refrigerados a 4 °C, protegidos de la luz y bien sellados para evitar su deshidratación.

Los cultivos obtenidos mediante el uso de este kit deben almacenarse a corto plazo (7-14 días) en refrigeración (+8 °C), siempre y cuando estén correctamente sellados (con papel film de plástico).

PRECAUCIONES

Mantener estrictas condiciones asepticas durante la preparación y manipulación de los medios de cultivo para evitar contaminación.

Usa guantes, mascarilla y bata de laboratorio para evitar la contaminación accidental.

Las placas y tubos deben sellarse con film plástico para prevenir derrames, deshidratación y contaminación.

Trabaja en un área bien iluminada.

PROCEDIMIENTO

1. Transferir 1 mL del producto líquido (cerveza artesanal, kombucha, chicha, probiótico farmacéutico, etc) a un tubo de 2,0 mL con una pipeta de plástico.
2. Sumergir un hisopo en la muestra y utilizarlo para sembrar en zig-zag en los medios de cultivo para aislar levaduras (Agar Sabouraud Dextrosa) o bacterias (Agar Nutritivo).
3. Sellar las placas sembradas con papel film de plástico y mantener a temperatura ambiente o en el interior de un horno tibio.
4. Una vez que se observe la formación de colonias se pueden transferir a placas de medio fresco para su purificación. Para ello se debe emplear la técnica de aislamiento por agotamiento (ver esquema más adelante).

RESULTADOS

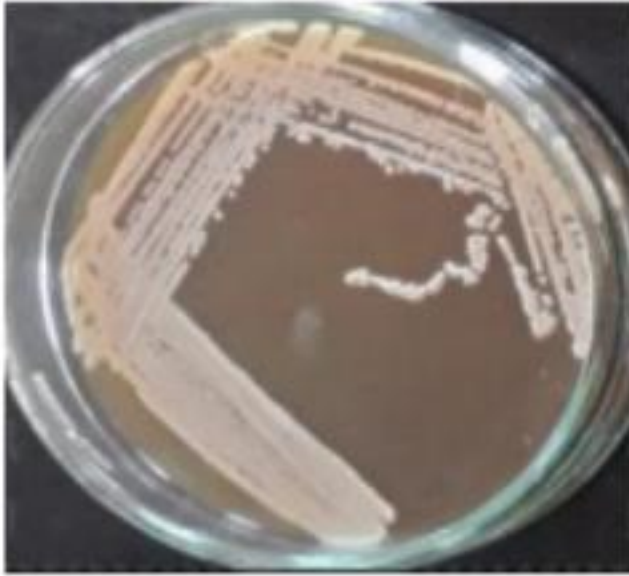
Al cabo de 24-48 horas de cultivo se observan colonias de bacterias (en medio Agar Nutritivo) o de levaduras (en medio agar Sabouraud Dextrosa). Dependiendo del tipo de producto alimenticio se observará escasa diversidad morfológica.

LIMITACIONES

Los medios no selectivos, como el agar nutritivo y el agar Sabouraud Dextrosa, pueden permitir el crecimiento de otro tipo de microorganismos, lo que puede complicar la identificación de los probióticos.

Anexo 16. Procedimiento, Resultados, limitaciones del kit *Probiotics*

ANEXOS



Placa de cultivo microbiano de *Lactobacillus* spp proveniente de una muestra de yogur griego.

Anexo. 17 crecimiento de *lactobacillus* en medio de cultivo Sabouraud

Autorización de publicación en el repositorio institucional

Pablo Andres Vasquez Espinoza e Israel Sebastián Méndez Andrade portadores de la cédula de ciudadanía N°: **1401041445** y **0107432577**. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Diseño, evaluación y optimización de estuches didácticos para el fortalecimiento de la enseñanza de la microbiología y la biotecnología" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizamos además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 26 de abril de 2025

F: 
.....

Pablo Andrés Vásquez Espinoza

C.I. 1401041445

F: 
.....

Israel Sebastián Méndez Andrade

C.I. 0107432577

