

Fortalecimiento del pensamiento crítico: Estrategia didáctica basada en la fermentación de lactosuero bovino desde las competencias del desarrollo sostenible.

Juan Pablo Portela Gonzalez

**Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química
Bogotá D.C. Mayo 2026**

Fortalecimiento del pensamiento crítico: Estrategia didáctica basada en la fermentación de lactosuero bovino desde las competencias del desarrollo sostenible.

Juan Pablo Portela Gonzalez

**Trabajo de grado II presentado para optar por el título de
Licenciado en Química**

Directora:

**Dora Luz Gómez Aguilar
Dra. En Desarrollo Sostenible**

Línea de investigación:

Modelos de enseñanza-aprendizaje desde la química de los productos naturales.

**Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química
Bogotá D.C. Mayo de 2026**

TABLA DE CONTENIDOS.

1.INTRODUCCIÓN.....	1
2.ANTECEDENTES.....	2
2.1 Antecedentes pedagógicos.	2
2.2 Antecedente Disciplinar.	3
3.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	5
3.1 Pregunta problema.	5
3.2 Delimitación del problema.	6
4.OBJETIVOS.....	7
4.1 Objetivo general.	7
4.2 Objetivos específicos.....	7
5.MARCO REFERENCIAL.....	8
5.1 Concepto de Competencia	8
5.2 Categorías y Niveles de Competencia.....	8
5.3 Competencias Clave para la Sostenibilidad.....	9
5.4 Pensamiento Crítico.	10
5.4.1 Fomentar y evaluar.....	10
5.5 Condiciones óptimas para obtener leche de calidad.....	11
5.6 Definición y Composición del Lactosuero.	12
5.6.1Tipos de Lactosuero	12
5.6.2 Aplicaciones.....	13
5.6.3 Pasteurización en flujo continuo.	14
6.METODOLOGÍA.	14
6.1 Tipo de investigación y Metodología.....	14
6.2 Descripción de los instrumentos.....	16

6.3 Análisis de Datos.....	18
7.RESULTADOS Y ANÁLISIS.	21
7.1 Prueba de entrada y salida.....	21
7.1.1 Análisis del fortalecimiento del Pensamiento Crítico.....	21
7.1.2 Integración de la EDS.	25
7.1.3 Conceptual.....	28
7.2 Portafolio.....	30
7.2.1 Análisis.....	31
7.2.2 Evaluación	32
7.2.3 Auto regulación.	34
8.CONCLUSIONES.....	36
10.RECOMENDACIONES.....	37
11.REFERENCIAS.....	38
12.ANEXOS.....	42
12.1 Anexo 1: Prueba de entrada y salida.....	42
12.2 Anexo 2: Guía de laboratorio.....	50
12.3 Anexo 3: Guía para elaboración del portafolio.....	56
• Diseño de un proceso industrial para la obtención de bioetanol a partir de lactosuero destinado a la elaboración de perfumes.	56
• Lactosuero en Colombia: Regulaciones, impacto al Consumidor y análisis de Laboratorio	56
12.4 Anexo 4.....	60
12.5 Anexo 5. Rubrica de evaluación	62
12. 6 Anexo 6. Foto Lactosuero fermentado y sin fermentar.	65
12. 7 Anexo 7. Medición del lactosuero sin fermentar.	65

12. 9 Anexo 9. Nódulos de kéfir de leche bovina.....	66
12.9 Anexo 9. Fermentador de los estudiantes (modificado)	67
12.10 Anexo 10. Resultados reportados por los estudiantes.....	67
12.11 Anexo 11. Validación por expertos 1.	68
12.12 Anexo 12. Validación por expertos 2.	73
12.13 Anexo 13. Preparación de lactosuero, ácido o dulce.	80
12.14 Anexo 14. Tabla resultados de las respuestas de análisis.....	82
12.15 Anexo 15. Tabla de resultados las respuestas evaluación.....	82
12.16 Anexo 16. Tabla de resultados de las respuestas de la dimensión económica.....	83
12.17 Anexo 17. Tabla de resultados de las respuestas de la dimensión social...	84
12.18 Anexo 18. Tabla de resultados de las respuestas de la dimensión ambiental.	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición genérica del lactosuero vacuno	12
Tabla 2. Tabla de categorización del pensamiento crítico.	18
Tabla 3. Estadística descriptiva dimensión análisis y evaluación.	21
Tabla 4. Tabla de categorización de la dimensión EDS.	25
Tabla 5. Estadística descriptiva Integración EDS.....	25
Tabla 6. Tabla de respuestas al contenido conceptual entrada y salida.	28
Tabla 7. Tabla de respuesta correcta a las preguntas abiertas.	29

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Resultados prueba de entrada y salida (Anexo1): pregunta 6 dimensión análisis y evaluación.	22
Gráfica 2. Resultados prueba de entrada y salida (Anexo1): pregunta 11 dimensión análisis y evaluación.....	22
Gráfica 3. Resultados prueba de entrada y salida (Anexo 1): pregunta 8 dimensión análisis y evaluación.....	23
Gráfica 4. Resultados prueba de entrada y salida (Anexo 1): pregunta 9 dimensión integración EDS.....	23
Gráfica 5. Resultados totales de la prueba de entrada y salida, dimensión análisis y evaluación.....	24
Gráfica 6. Preguntas de opción múltiple	24
Gráfica 7. Resultados totales de la prueba de entrada y salida, dimensión Integración EDS.....	26
Gráfica 8. Preguntas de opción múltiple.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de fases.....	15
Figura 2. Mapa conceptual de deconstrucción.....	20
Figura 3. Determinación de los compuestos y biomoléculas principales del lactosuero bovino.	31
Figura 4. Resultados de pruebas químicas cualitativas.....	32
Figura 5. Viabilidad económica.	33
Figura 6. Comunidades que se podrían beneficiar.....	33
Figura 7. Resultados de obtención de alcohol.	34
Figura 8. Observaciones del trabajo.....	34

1.INTRODUCCIÓN

En Colombia, la industria láctea genera aproximadamente 1.100 millones de litros de lactosuero al año como subproducto de la producción de queso. A pesar de su alto valor nutricional y potencial para diversas aplicaciones, gran parte de este lactosuero se desecha al suelo y fuentes hídricas (Vargas Malagón, 2025), generando un posible problema ambiental.

Principalmente por parte de las micro y medianas empresas que se van por el camino fácil se regala o se da para consumo de animales o se bota (Castro, 2022). Su desecho contribuye a la contaminación al consumir grandes cantidades de oxígeno en las fuentes hídricas durante su descomposición y mediado por bacterias, puede liberar compuestos nocivos.

Paradójicamente, Colombia importa lactosuero en polvo para la industria alimentaria. Oscar Manrique (como se citó Vargas Malagón, 2025) el lactosuero líquido en contextos industriales, donde los volúmenes generados son tan elevados, resulta prácticamente imposible utilizarlo en su totalidad cuando se carece de tecnologías para su transformación, por lo anteriormente mencionado se puede resaltar la urgente necesidad de valorar y transformar este residuo agroindustrial en un recurso dentro del país y más para las micro y medianas empresas.

En este contexto se permite establecer una investigación desde una práctica pedagógica sobre el aprovechamiento del lactosuero bovino, en la que se pueda alinear las prácticas experimentales con problemas reales del entorno colombiano, una práctica que no solo fortalezca el rigor disciplinar, si no que dote a futuros maestros de competencias transversales y holísticas (Murga-Menoyo, 2015).

Por otro lado también, a pesar de que en Colombia contamos con una normativa nacional (Ley 1549 de 2012) y los recursos de la UNESCO (2022), existe a una brecha significativa entre el discurso teórico y a veces simplificado de la educación para el desarrollo sostenible (EDS). La investigación de Ezquerro Quintana et al. (2016) señala que las carencias en políticas de ambientalización universitaria afectan la capacidad de los futuros docentes para liderar procesos de cambio. No bastaría con saber qué es la fermentación, el docente en formación debe ser capaz de evaluar la viabilidad de un proceso en un contexto de crisis y sus implicaciones socioeconómicas y ambientales.

Al fortalecer a los futuros maestros se les dota de herramientas para diseñar y liderar procesos de enseñanza más efectivos y comprometido con el desarrollo sostenible (Moran, 2024) y la formación de ciudadanos críticos.

2.ANTECEDENTES.

La revisión bibliográfica se realizó principalmente a través de bases de datos académicas reconocidas: Scielo, Redalyc, ERIC y Google Académico. Estas fuentes fueron seleccionadas por su relevancia y rigor académico en los campos pedagógico y disciplinar. Los documentos consultados fueron filtrados principalmente por su relevancia en el campo EDS y en la producción de etanol a partir del lactosuero bovino, por haberse publicado en los últimos cinco años. Sin embargo, se incluyeron algunos textos fuera del rango de los años por considerarse pertinentes y significativos en el marco de la EDS y la enseñanza de la química.

2.1 Antecedentes pedagógicos.

La Educación para el Desarrollo sostenible (EDS) y la formación de competencias globales se han consolidado como prioridades en los sistemas educativos de todos los niveles. La creciente complejidad de los desafíos ambientales, sociales y económicos exigen transformar los currículos y las prácticas pedagógicas para que respondan a las demandas de la ciudadanía global.

Felix y Calayton (2005) identifican la identidad ambiental del docente como un factor determinante para la integración efectiva de la EDS en el aula. Su investigación muestra que una conexión personal y emocional sólida con la naturaleza favorece la incorporación sistemática de actividades y contenidos a la sostenibilidad. Este hallazgo es relevante porque indica que para fortalecer dicha identidad en los docentes en formación es una condición necesaria, no solo complementaria para que actúen como agentes de cambio.

Por otro lado, otras perspectivas como la de Rentería-Vera et al. (2024) demuestran que intervenciones pedagógicas experimentales en educación superior pueden producir mejoras significativas en las competencias para la resolución de problemas cuando articulan sostenibilidad y justicia social de manera transversal. Su modelo aporta ideas para un modelo de estrategia didáctica que integre el desarrollo sostenible en la enseñanza disciplinar.

En la misma línea, Renteria (2022) ya señalaba la necesidad de actualizar los planes de estudio para consolidar estilos de vida sostenibles y competencias transversales desde la formación inicial.

Para Paula (2019) la educación debe involucrar tres ejes complementarios: la responsabilidad social institucional, la transversalidad curricular y la articulación explícita y práctica. Este modelo de la autora subraya que la formación de docentes conscientes implica que estén dispuestos a sobresaltar los retos para el desarrollo sostenible de manera que este sea el núcleo de cualquier propuesta educativa con

vocación transformadora. Su planteamiento implica una orientación para el diseño de la estrategia didáctica.

Quintanilla et al. (2014) evidencian que muchos profesores de química poseen concepciones fragmentadas y superficiales acerca de la resolución de problemas científicos y de las competencias de pensamiento crítico necesarias para su enseñanza efectiva. Este antecedente es crucial para justificar la necesidad de fortalecer la formación y actualización docente en química, particularmente en habilidades de pensamiento científico y resolución de problemas, lo cual es fundamental para integrar efectivamente los contenidos de desarrollo sostenible y en el caso del presente trabajo en la enseñanza de la química orgánica.

Finalmente, estos referentes demuestran que, si bien hay trabajos para la sostenibilidad y desarrollos para impactar en el currículo, se puede innovar desde estrategias experimentales específicas y más a un desde contextos de residuos industriales reales que puedan trasladarse a un aula y fomentar el pensamiento crítico a su vez que se ponen al alcance de la ciudadanía.

2.2 Antecedente Disciplinar.

El lactosuero es un subproducto abundante y problemático generado por la industria láctea, principalmente durante la producción de queso y yogur concentrado. Aunque posee un valioso contenido nutricional como proteínas, lactosa, vitaminas y minerales, su manejo inadecuado genera impactos ambientales negativos causados principalmente por su elevada carga orgánica y su potencial contaminante (Aráuz, 2020). Su desecho sin tratamiento provoca consumo elevado de oxígeno en cuerpos de agua y la producción de compuestos nocivos por acción bacteriana (Vargas, 2017), lo que agrava la contaminación ambiental.

Diversos estudios han abordado el aprovechamiento biotecnológico del lactosuero para la producción de bio productos de alto valor agregado. Aráuz (2020) realizó una revisión exhaustiva sobre la fermentación del lactosuero para la obtención de etanol y su uso en bebidas fermentadas, destacando la importancia de pretratamientos que mejoren la concentración y pureza del sustrato para optimizar el proceso fermentativo.

De forma complementaria, Padín González y Díaz Fernández (2009) evaluaron la fermentación alcohólica con la levadura *Kluyveromyces marxianus*, evidenciando que la incorporación de solventes extractantes como el ácido oleico mejora la producción de etanol al reducir la inhibición causada por esta misma molécula durante la fermentación.

En el plano experimental, Vargas Marín (2017) aportó datos sobre la fermentación del lactosuero en biorreactores controlados, demostrando que cepas como *K. marxianus* son especialmente eficientes en la conversión de lactosa a etanol, lo cual abre caminos para optimizar la producción sostenible.

Por otro lado, para fines más vinculados a la producción alimentaria, Regino et al. (2014) y Ramírez Navas (2012) investigaron la fermentación acidificante del lactosuero utilizando bacterias lácticas (*Lactobacillus casei*), logrando mejorar la calidad y seguridad del suero empleado en procesos como la elaboración de quesos mozzarella, así como ofrecer soluciones para minimizar el impacto ambiental que genera su desecho.

Estos estudios coinciden en la importancia de desarrollar procesos fermentativos controlados que permitan valorizar el lactosuero, transformándolo de residuo contaminante a recurso aprovechable, ya sea para la producción de etanol, ácido láctico o bebidas fermentadas (Aráuz, 2020; Padín González & Díaz Fernández, 2009; Vargas Marín, 2017; Regino et al., 2014; Ramírez Navas, 2012).

De esta manera, el aprovechamiento biotecnológico del lactosuero representa una estrategia sostenible que contribuye no solo a mitigar la contaminación ambiental, sino también a la generación de valor agregado para la industria láctea. Estas investigaciones ofrecen bases para diseñar prácticas experimentales innovadoras que puedan ser aplicadas en la educación universitaria.

En conclusión, general, la revisión de los antecedentes revela una estrategia metodológica disciplinar biotecnológica para el aprovechamiento del lactosuero bovino y una creciente necesidad por integrar la EDS para enfrentar las crisis socioambientales (UNESCO, 2022). Sin embargo, se observa que estos dos mundos pueden converger en beneficio de la ciudadanía junto con un enfoque pedagógico que incentive el pensamiento crítico.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

3.1 Pregunta problema.

Es notable para nuestra actualidad que la crisis ambiental tiene influencia en muchas de nuestras actividades humanas, bien sea por un agricultor que pierde su cosecha, o un político que tiene que tomar decisiones en las cuales puede verse afectado todo un ecosistema, pero beneficiar los intereses público, o ya sea desde nuestro entorno cuando las épocas de lluvia se alargan más de lo que deberían o caso contrario las de sequía.

La crisis ambiental contemporánea es de gran interés para los gobiernos, influyendo así a tomar cartas sobre el asunto desde la educación para replantear modelos formativos que puedan responder a estas problemáticas. Sin embargo, a pesar de la urgencia que se plantea desde la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), persiste una brecha significativa en la formación de docentes y en las prácticas (Ezquerro Quintana et al., 2016).

Es necesario entonces enriquecer desde la investigación en educación prácticas que proporcionen evidencia empírica sobre enfoques sostenibles, que transforme el laboratorio, el aula y las comunidades en un espacio donde no solo se profundice en principios químicos, sino que fomente un compromiso genuino con la resolución de problemas cercanos a la realidad, como el aprovechamiento de recursos renovables y la gestión de subproductos generados por la actividad humana.

En este caso específico se identifica el espacio académico de Sistemas Orgánicos II de la Universidad Pedagógica Nacional, como una oportunidad pedagógica para trabajar biomoléculas desde el contexto del lactosuero bovino. Intervenir en este espacio surge desde la necesidad de cuestionar cómo la formación química puede aportar soluciones tangibles, que pueden ser analizadas y evaluadas.

Por lo anterior mente mencionado, surge la idea de abordar un contexto que fortalezca la postura del docente en formación frente a acciones sostenibles y el aprovechamiento de recurso cercanos a nuestro entorno, por lo tanto, se construye la siguiente pregunta orientadora que hace parte del presente trabajo de grado:

¿Cómo fortalecer el pensamiento crítico en profesores en formación del espacio académico de sistemas Orgánicos II de la Universidad Pedagógica Nacional, empleando la fermentación del lactosuero bovino desde las competencias de la EDS?

3.2 Delimitación del problema.

Desde la EDS la educación es un eje importante que debe comprender la complejidad entre la sociedad, la economía, el medio ambiente y el individuo. Ya sea a nivel local o mundial los docentes en formación deberían poner su conocimiento y el saber hacer adquirido al servicio de las acciones.

Para ello se propone enfocarse desde competencias básicas, priorizando el fortalecimiento del pensamiento crítico (PC), específicamente en las habilidades de análisis y evaluación. Por un lado, se reconoce que el docente en formación no debe solo dominar contenido químico, también debe ser alguien participe del aprendizaje activo capaz de análisis y evaluar la información emergente, porque el docente de química debe ser capaz de transferir el rigor científico a la toma de decisiones dentro y fuera de las comunidades.

El presente trabajo de grado se centrará específicamente al diseño, aplicación y evaluación de una estrategia didáctica centrada en la fermentación del lactosuero bovino para la producción de etanol, como caso práctico de estudio. El alcance del análisis no está solo en la transferencia de conceptos de química orgánica, sino también evaluar el impacto de la experiencia pedagógica.

4.OBJETIVOS.

4.1 Objetivo general.

Fortalecer el Pensamiento Crítico en profesores en formación de Sistemas Orgánicos II de la universidad Pedagógica Nacional mediante una estrategia didáctica basada en la fermentación del lactosuero bovino desde las competencias de la EDS.

4.2 Objetivos específicos

1. Identificar las concepciones previas y el nivel inicial de las habilidades de análisis y evaluación de los estudiantes sobre la química de la fermentación y su impacto socioambiental.
2. Aplicar una estrategia didáctica experimental que integre el lactosuero bovino para la producción de etanol que tenga influencias de la EDS bajo el enfoque investigación acción pedagógica (IAP).
3. Evaluar el impacto de la estrategia desde el fortalecimiento del pensamiento crítico y la apropiación de competencias de la EDS.

5.MARCO REFERENCIAL.

5.1 Concepto de Competencia

La UNESCO (2000) define la competencia como un conjunto integrado de conocimientos, capacidades y comportamientos movilizados para resolver problemas, capacidades y comportamientos movilizados para resolver problemas, destaca la transferencia a contextos diversos y el aprendizaje continuo. Destacando la transferencia a contextos diversos y el aprendizaje continuo.

En cambio, el Ministerio de Educación de Colombia (MEN) enfatiza un enfoque integral que incluye conocimientos, habilidades, actitudes y disposiciones (cognitivas, socioafectivas y comunicativas), articulados en el “conocer, ser y saber hacer”. Este enfoque destaca la flexibilidad y el sentido en el desempeño, así como el compromiso ético y social.

Aunque ambas perspectivas coinciden en que la competencia trasciende el saber técnico, la UNESCO pone énfasis en la movilidad y aplicación práctica, mientras que el MEN resalta la dimensión actitudinal y valorativa. Esta combinación de enfoques es clave para la formación de profesionales críticos y responsables, capaces de enfrentar retos complejos como los vinculados a la sostenibilidad.

La UNESCO (Roegiers & UNESCO, 2016) propone la competencia, desde el punto de vista del estudiante, es decir, considera que es aquello que debe dominar para actuar eficazmente en diferentes situaciones. No debe confundirse con las acciones del docente; por ejemplo, que un profesor despierte interés en un tema no garantiza que el estudiante haya desarrollado la competencia correspondiente. Tampoco una actividad puntual durante el aprendizaje, sino una cualidad adquirida que implica un potencial para pensar y actuar adecuadamente.

5.2 Categorías y Niveles de Competencia.

Basados en Roegiers (2016) desde una perspectiva más amplia, se pueden identificar varias categorías o niveles de competencias en función del grado de precisión con que se califica dicho potencial para actuar:

- Competencias técnicas o saber-hacer: combinan la acción con conocimientos académicos específicos, como reconocer propiedades geométricas o realizar una determinación química.
- Competencias genéricas: incluyen habilidades para actuar en diversos contextos, como creatividad, comunicación y adaptación flexible, más allá del conocimiento técnico.

- Competencias situacionales: implican aplicar saberes integrados a problemas complejos de nivel medio, como resolver retos interdisciplinarios.

Así mismo sugiere que estas categorías son susceptibles de ser evaluadas mediante distintos procedimientos, desde pruebas objetivas hasta la observación de desempeños en contextos reales o simulados, siendo la evaluación un aspecto central para el desarrollo y certificación de las competencias.

5.3 Competencias Clave para la Sostenibilidad.

La UNESCO (2017) sugiere dentro del marco global de las competencias, las llamadas competencias clave para la sostenibilidad las cuales cobran especial relevancia en la formación educativa, ya que integran saberes y habilidades necesarias para enfrentar los retos ambientales y sociales del mundo actual. Estas competencias son transversales, multifuncionales e independientes del contexto específico, y contribuyen a un desarrollo integral del estudiante. Entre ellas se destacan:

- Competencia de pensamiento sistémico: habilidad para reconocer y analizar las interrelaciones y complejidades de sistemas en diferentes escalas.
- Competencia de anticipación: capacidad para evaluar escenarios futuros y valorar las consecuencias de las acciones presentes.
- Competencia normativa: reflexión crítica sobre valores y normas que rigen las decisiones, especialmente ante conflictos de intereses en sostenibilidad.
- Competencia estratégica: desarrollo e implementación colectiva de acciones innovadoras que promuevan la sostenibilidad.
- Competencia de colaboración: aprendizaje y trabajo conjunto con respeto, empatía y liderazgo participativo.
- Competencia de pensamiento crítico: capacidad fundamental para cuestionar normas, prácticas y opiniones, reflexionar sobre valores propios y adoptar posturas conscientes frente a problemáticas de sostenibilidad.

- Competencia de autoconciencia: reflexión sobre el rol individual en la comunidad y sociedad, así como la regulación emocional en procesos de cambio.
- Competencia integrada de resolución de problemas: aplicación de marcos diversos para abordar problemas complejos de sostenibilidad, integrando las competencias anteriores.

5.4 Pensamiento Crítico.

El pensamiento crítico se define, desde la perspectiva de Facione (2007) como un conjunto de destrezas cognitivas que permiten al sujeto desarrollar procesos de análisis, inferencia, interpretación, explicación, evaluación y autorregulación. Para el presente trabajo de grado, se asume que el pensamiento crítico es un proceso dinámico donde el docente debe fomentar una “apropiación crítica del conocimiento científico” (Tamayo et al., 2015), encaminando al estudiante desde un aprendizaje de conceptos hacia la generación de actitudes conscientes frente a la ciencia.

Dentro de los intereses adoptados para este trabajo tenemos el análisis, la evaluación y la autorregulación.

El análisis se constituye como la capacidad de “identificar las relaciones de inferencia reales y supuestas entre enunciados, preguntas, conceptos, descripciones, otras formas de representación” (Facione, 2007). En el contexto, esta habilidad se manifiesta cuando el estudiante identifica suposiciones no enunciadas o rastrea las razones que apoyan una conclusión.

Por otro lado, La evaluación permite la “valoración de la credibilidad de los enunciados” y la “Fortaleza lógica de las relaciones de inferencia” (Facione, 2007). Esta habilidad es fundamental para que el docente en formación Juzgue si la evidencia experimental obtenida en el laboratorio apoya realmente las conclusiones, si las fuentes son confiables o tienen algún interés en particular.

Finalmente, la autorregulación es considerada por Facione (2007) como un proceso importante, pues actúa como un “monitoreo auto consciente de las actividades cognitivas propias”. Es decir, un nivel superior que permite “mirar hacia atrás las demás dimensiones del pensamiento crítico y volver a revisarlas” (Tamayo et al., 2015), facilitando la autocorrección de errores en el razonamiento inicial.

5.4.1 Fomentar y evaluar.

Fomentar estas habilidades requiere de propuestas didácticas fundamentadas en relación entre la ciencia escolar, el sujeto y su contexto (Tamayo et al., 2015). Para

evaluar si este desarrollo está ocurriendo, se debe aplicar criterios intelectuales que permitan juzgar la calidad del razonamiento, Según Reyes (2015), un pensamiento crítico diestro debe aspirar a estándares como:

- Claridad y Exactitud: Que el significado sea comprensible y esté libre de distorsiones.
- Relevancia y Lógica: Que las ideas estén relacionadas al asunto tratado y las partes sean transversales, es decir que tengan sentido una con otras.
- Profundidad y Amplitud: Que el razonamiento contenga complejidades, múltiples interrelaciones y abarque diversos puntos de vista.

La integración de estos criterios permite que el pensamiento se torne más preciso e imparcial, fomentando en el docente en formación a enfocar lo más importante de un problema y no quedarse en lo superficial (Reyes, 2015).

5.5 Condiciones óptimas para obtener leche de calidad.

La producción mundial de lácteos está dominada en un 81% por la leche de vaca (Bolsa Mercantil de Colombia [BMC], 2025). La calidad y cantidad de leche dependen de múltiples factores interrelacionados, como la raza, la alimentación adecuada del ganado, el manejo reproductivo y ambiental, las condiciones sanitarias y las prácticas correctas de ordeño. Estos elementos, combinados de forma óptima, garantizan un producto nutritivo y seguro que responde a la creciente demanda del mercado global.

Entre las condiciones clave para la calidad de la leche destacan:

- La composición balanceada de sus componentes principales: proteínas, lactosa, grasa, minerales y agua.
- La calidad microbiológica, ya que, al ser un medio rico en nutrientes, la leche es susceptible a la rápida proliferación bacteriana desde el ordeño, lo que puede acidificarla e inutilizarla para consumo o industria.
- La calidad sanitaria, considerando las enfermedades transmisibles a través de la leche y las prácticas de ordeño.
- La ausencia de residuos de medicamentos que puedan afectar la inocuidad del producto.

Asimismo, es fundamental que las vacas se alimenten con pastos y leguminosas de alta calidad y disponibilidad, cuenten con buen sombreado, acceso a minerales y agua en cantidades suficientes para optimizar la producción (Pinzón et al., 2006).

5.6 Definición y Composición del Lactosuero.

El lactosuero, también conocido como suero de leche o suero del queso, es un subproducto acuoso de coloración amarillo-verdosa que se genera durante la coagulación de las proteínas de la leche en el proceso de producción de quesos. Por cada kilogramo de queso producido, se generan aproximadamente nueve litros de lactosuero.

- Valor Nutricional

A pesar de haber sido considerado tradicionalmente un desecho, el lactosuero posee un alto valor nutricional, ya que contiene carbohidratos y proteínas, representando el 55% del contenido nutricional de la leche.

- Composición Típica: Cómo se aprecia en la tabla 1. El lactosuero, también conocido como suero de leche, puede variar ligeramente su composición, por el tipo de leche y el proceso, pero generalmente podremos encontrar: Agua 93%, Lactosa 4-5%, Minerales 1%, Proteínas 0,5%, Ácido láctico 0,7%, Grasas 0,3% y Vitaminas.

Tabla 1. Composición genérica del lactosuero vacuno

Suero		
Agua.....870g	Ácidos orgánicos	Proteínas
Carbohidratos	citrato.....1600mg	caseína.....+
lactosa.....46g	formiato.....40mg	β-lactoglobulina..3,2g
otros.....=0,1g	acetato.....30mg	Ó-lactoalbúmina...1,2g
Minerales	lactato.....30mg	BSA.....400mg
Ca.....370mg	oxalato.....20mg	inmunoglobulinas.750mg
Mg.....75mg	otros.....20mg	proteosa-peptona=250mg
K.....1340mg	Gases	otras.....400mg
Na.....460mg	oxígeno.....6mg	Compuestos nitrogenados
Cl.....1060mg	nitrógeno.....15mg	no proteicos
fosfato.....1080mg	Lípidos	urea.....300mg
sulfato.....100mg	glicéridos neutros....+	péptidos.....200mg
bicarbonato....100mg	ácidos grasos.....15mg	aminoácidos.....300mg
Elementos traza	fosfolípidos.....110mg	Esteres fosfóricos300mg
Zn.....400μg	cerebrósidos.....10mg	Enzimas principales
Fe.....100μg	esteroles.....15mg	lactoperoxidasa....+
Cu.....20μg	Vitaminas	fosfatasa ácida....+
	vitaminas B.....200mg	Alcohol.....3mg
	ácido ascórbico....20mg	

Nota: De Contenido en furosina, lactulosa y B-lactoglobulina como indicadores de calidad de leches líquida y en polvo. (p. 2) Delgado, 2002

5.6.1 Tipos de Lactosuero

El lactosuero se clasifica en dos tipos principales según el método de coagulación utilizado para su obtención, algunos autores hablan del suero salado (Aráuz, 2020):

Suero dulce: Presenta un pH entre 6 y 7. Coagulación con caseína. Presenta un mayor contenido de lactosa.

Suero agrio: Presenta un pH inferior a 5. Fermentación con ácidos o adición de cuajo.

5.6.2 Aplicaciones.

El lactosuero bovino, subproducto abundante de la industria láctea, presenta un gran potencial para diversas aplicaciones industriales y biotecnológicas, gracias a su composición rica en nutrientes, principalmente la lactosa. Esta azúcar constituye un recurso valioso que ha sido objeto de numerosos estudios orientados a su aprovechamiento en múltiples sectores.

Específicamente, la lactosa ha sido utilizada como materia prima para producir una amplia variedad de productos y compuestos de interés comercial y ambiental. Entre las aplicaciones más destacadas se encuentran la producción de alcoholes fermentados, que pueden emplearse como biocombustibles o en bebidas alcohólicas. Asimismo, la síntesis de bacteriocinas —proteínas antimicrobianas producidas por ciertas bacterias— permite su uso como conservantes naturales en la industria alimentaria, contribuyendo a mejorar la seguridad y vida útil de los productos.

Además, el lactosuero sirve como base para la elaboración de diversas bebidas fermentadas funcionales, las cuales aportan beneficios a la salud. Su contenido nutritivo favorece el cultivo y desarrollo de biomasa microbiana, utilizada en la producción de enzimas industriales, insecticidas biológicos.

Otros usos innovadores incluyen la generación de biogás a partir de la fermentación anaerobia del lactosuero, ofreciendo una alternativa sostenible para la producción de energía renovable. La lactosa también se emplea en la fabricación de biopolímeros, que pueden sustituir a los plásticos tradicionales, contribuyendo así a la reducción de residuos contaminantes.

En el ámbito químico, el lactosuero y sus derivados permiten la producción de solventes ecológicos y tensoactivos biodegradables, utilizados en la limpieza, industria cosmética y textil. También se han identificado posibilidades para la extracción y enriquecimiento de vitaminas presentes en el lactosuero, así como su transformación en suplementos nutricionales.

Estos múltiples estudios y aplicaciones evidencian que el lactosuero no debe ser considerado un residuo, sino un recurso estratégico para generar valor agregado mediante procesos innovadores y sostenibles. La valorización integral del lactosuero, especialmente de la lactosa, representa una oportunidad significativa para avanzar hacia una economía circular dentro de la industria láctea y promover prácticas responsables con el medio ambiente. (Ramírez, 2012).

5.6.3 Pasteurización en flujo continuo.

Se trata de un tratamiento térmico que desinfecta y conserva la leche al destruir las bacterias y otros microbios dañinos. Gracias a esto, el producto final cumple con todas las normas sanitarias legales, se conocen dos procesos discontinua y de flujo continuo.

Discontinuo: Se le conoce como pasteurización lenta a baja temperatura (VAT) La leche es sometida a una temperatura de 60°C durante 30 minutos. Es un proceso lento y poco utilizado actualmente.

Flujo continuo: La leche comercial utiliza métodos de H.T.S.T. (High temperature short time), procedimiento a alta temperatura y corta duración. Es un método rápido y continuo, que se clasifica en alta y ultra alta con la diferencia de las temperaturas respectivamente 71-75 °C y 85-90 °C.

6.METODOLOGÍA.

La investigación se desarrollará con estudiantes del programa de formación docente en química de la Universidad Pedagógica Nacional, específicamente aquellos matriculados en la asignatura de Sistemas Orgánicos II durante el periodo 2026-I. Total de participantes 26 estudiantes.

La participación de esta población fue voluntaria e informada, la totalidad de los alumnos afirmó el consentimiento que garantizara el propósito de la investigación y la confidencialidad, se tomó evidencia fotográfica de dicha intervención ver Anexo 8.

Esta población es especialmente relevante porque cursan contenidos fundamentales que les permiten comprender la importancia de la química orgánica, incluyendo el estudio de macromoléculas, sus propiedades físicas y químicas, así como las reacciones orgánicas que ocurren en sistemas biológicos, tema pertinente para el aprovechamiento sostenible de recursos como el lactosuero a través de procesos fermentativos.

6.1 Tipo de investigación y Metodología.

La presente investigación adopta un enfoque mixto (Reidl, 2012)., con predominancia cuantitativa.

El componente cuantitativo se desarrolla con estadística descriptiva para analizar los resultados de la prueba de entrada y salida; mientras que el componente

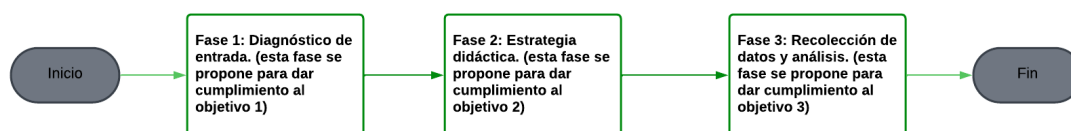
cualitativo se desarrolló mediante análisis de contenido (Tinto, 2013) para interpretación del portafolio.

El nivel de la investigación es descriptivo ya que se orienta a comprender el impacto de la estrategia didáctica en el fortalecimiento del pensamiento crítico de los docentes en formación. Para el presente trabajo fue fundamental las habilidades de análisis y evaluación vistas desde Facione (2007), dado que el trabajo implementado tenía un fundamento practico critico relevante dentro de la investigación.

Finalmente se usó un mapa de deconstrucción como herramienta reflexiva y panorámica de la estrategia didáctica.

Para el desarrollo de este trabajo de grado se plantea las siguientes tres fases:

Figura 1. Diagrama de fases.



Nota: Elaboración propia.

Fase 1: Aplicación de un cuestionario (prueba de entrada, Anexo 1) para identificar actitudes frente al pensamiento crítico, EDS y manejo de conceptos claves necesarios para abordar el nuevo contenido, por ejemplo, grupos funcionales.

Elaboración de instrumentos y validación de los laboratorios que se plantean en los instrumentos por parte del investigador (Anexo 13).

Los instrumentos diseñados fueron validados por dos expertas en educación química (Anexo 11 y 12) y se ajustaron mediante una validación focal durante la fase 2.

Fase 2: Intervención y acción pedagógica, implementar los instrumentos, teniendo en cuenta la validación focal, se incluye estrategias didácticas:

- Intervención teórica por parte de la docente apoyada en presentación PowerPoint.
- Desarrollo de prácticas experimentales de identificación de biomoléculas y fermentación alcohólica con kéfir.
- Desarrollo de portafolio.

Fase 3: Aplicación de un cuestionario (prueba de salida, Anexo1), sustentación de los productos realizados (portafolio) y coevaluación por parte de los estudiantes.

Finalmente se analizan los resultados iniciales y finales para evaluar el impacto de la estrategia.

6.2 Descripción de los instrumentos.

Los instrumentos desarrollados se validaron por expertos y siguió una validación focal para que durante la intervención se prestara la flexibilidad de continua mejora hasta llegar a lo que se presenta en el trabajo de grado. Se desarrollaron los siguientes instrumentos:

Instrumento 1. cuestionario entrada y salida (Anexo 1): El cuestionario se aplicó antes y al finalizar la intervención. Ambas versiones son estructuralmente similares, con un ajuste al de finalizar, añadiendo preguntas con lo abordado en la intervención, con el fin de evitar un efecto memorístico.

El instrumento está organizado en dos partes: pruebas tipo Likert y preguntas de opción múltiple. A su vez, se organizó por dimensiones: análisis y evaluación, integración EDS y Conceptual.

La primera, denominada dimensión análisis y evaluación, que agrupa preguntas de opción múltiple con soporte de imágenes e infografías que exigen al estudiante comparar representaciones y mide la aptitud. Una prueba Likert con el fin de observar las percepciones desde la definición de Facione (1990, 2007).

La segunda, denominada integración EDS, que agrupa preguntas de opción múltiple que engloban aspectos genéricos sobre la EDS. Una prueba Likert con el fin de observar sus concepciones como docentes en formación y futuros docentes frente a sus prácticas y la EDS.

La tercera, denominada conceptual, que agrupa preguntas de opción múltiple con soporte de imágenes que exigen al estudiante analizar representaciones e identificar procesos técnicos y teóricos de biomoléculas y fermentación. Esta parte también incluye una pregunta bifurcadora para distinguir entre la prueba de entrada y salida.

Instrumento 2. Guía de laboratorio (Anexo 2): Incluye tres laboratorio articulados y secuenciales, acompañados de una descripción breve y de imágenes, cuenta con espacios diseñados tomar los datos necesarios y preguntas orientadoras a manera de reflexión y argumentación de las cuales algunas son respondidas en el portafolio para garantizar que el análisis crítico suceda dentro y fuera del laboratorio.

El laboratorio 1, se hace de manera cualitativa y demostrativa para identificar la composición biomolecular del lactosuero, mostrar métodos de detección de biomoléculas como, glucósidos, proteínas y polisacáridos.

Laboratorio 2, Medición alcohólica, se hace para medir antes de la fermentación. Se emplea tres métodos basados en la densidad para relacionar con un tratamiento matemático la concentración de alcohol cercana: alcoholímetro, picnómetro y densímetro de precisión, registrando masas con la muestra, agua y al vacío (caso del picnómetro).

Laboratorio 3, Es la fermentación del lactosuero, preparación de un fermentador de bajo costo, pretratamiento y almacenamiento del lactosuero (por la complejidad de la muestra se degrada rápidamente en condiciones temperatura ambiente). Se utiliza como núcleo de la fermentación los nodos de kéfir (Vargas M, 2017. Padín et al., 2009).

Instrumento 3. Portafolio de laboratorio (Anexo 3), se diseñó como parte de evaluación, es el instrumento de síntesis y reflexión que los grupos construyeron a lo largo de toda la intervención, se solicitaba que fuera digital y cada grupo de manera autónoma podía decidir en qué plataforma o aplicación elaborarla.

Su propósito explícito es orientar a los estudiantes a que solo describan procedimientos, que pueda ser un espacio para que analicen, evalúen y argumenten a partir de su experiencia y los datos experimentales, que haya una necesidad genuina de indagar en fuentes teóricas conectándolo con la química orgánica y las tres dimensiones de la sostenibilidad.

El portafolio cuenta con lecturas orientadoras y una lectura adicional a manera de complementación de “¿qué tan verde es un experimento?” (Morales G. et al., 2011), se organizó por 5 dimensiones:

La primera dimensión orientada a describir genéricamente que se espera y como presentar el trabajo.

La segunda, tercera y cuarta, se organizaron respectivamente por ambiental, económica y social, cada una contaba con preguntas específicas que orientaran la reflexión sobre ese ámbito y que estuvieran correlacionadas con los laboratorios, por ello parte de las preguntas son las mismas o similares a las enunciadas en la guía.

Finalmente se realizó una dimensión de autorregulación según Facione, para que el estudiante propusiera desde lo que haya aprendido con la intervención para aprovechar el lactosuero bovino y para evidenciar de qué manera están percibiendo ellos las dimensiones trabajadas.

Se propuso realizar una rubrica de evaluación (Anexo 5) para tener una coherencia con la forma en que se evaluara el producto de los docentes en formación.

Instrumento 4. Rubrica de sustentación (Anexo 4), Es un instrumento de coevaluación que integra la calificación final del portafolio y la sustentación del trabajo de los estudiantes, tiene como propósito de un modelo de coevaluación, permitiendo que los estudiantes valoren el desempeño de sus pares.

Es un formulario que consta de tres preguntas apoyadas en infografías conceptuales y de opción múltiple, vinculadas a una escala numérica de 2 a 5. Su propósito es fomentar la participación en el proceso de aprendizaje y promover la responsabilidad evaluativa.

6.3 Análisis de Datos.

Los datos se procesaron mediante Análisis de contenido (Tinto, 2013), se utiliza por la misma naturaleza del trabajo de grado, además se considera que este análisis de contenido permite categorizar y analizar los resultados tal como se presentan.

Se realizó una triangulación del contenido tanto para los resultados de prueba tipo Likert y las preguntas de opción múltiple, en la prueba de tipo Likert los datos se analizaron con estadística descriptiva.

La tabla 2, corresponde a las categorías que se definieron para poder hacer el análisis de los resultados tanto en la prueba de entrada como en la prueba de salida, junto con el contenido del portafolio.

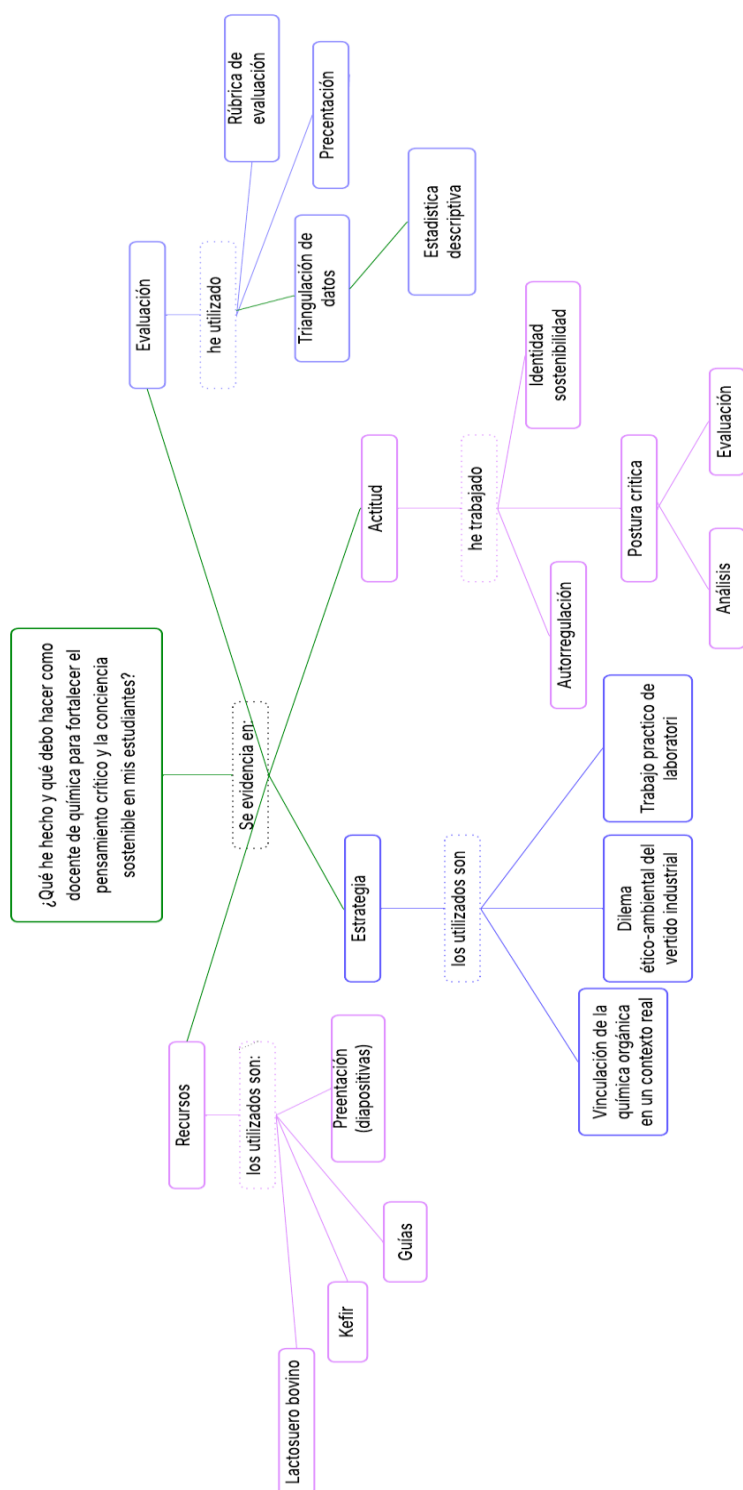
Se tiene en cuenta la rúbrica de evaluación (Anexo 5) y se reescriben los criterios para poder tener una mejor categoría, todo desde el concepto de Facione A. (2007).

Finalmente se hace un mapa de deconstrucción (Figura 2) según lo propuesto por Tello yace et al. (2016) en el modelo IAP a manera de panorama general y reflexión sobre la práctica desarrollada.

Tabla 2. Tabla de categorización del pensamiento crítico.

Categoría	Definición (Facione)	Instrumento	
		Prueba de entrada y salida.	Portafolio
Análisis	Identificar relaciones de interferencias.	Identifica intenciones, conceptos. Identifica supuestos y categoriza información importante. (Preguntas: 1, 3, 4, 6 y 7)	Relación entre la estructura de la lactosa, su potencial de fermentación y contraste de los resultados obtenidos.
Evaluación	Valorar la credibilidad y fortaleza lógica de los argumentos.	Juzga si la evidencia sustenta la conclusión y distingue hechos de interpretación. (1, 5, 8 y 9)	Juicio sobre la viabilidad de la producción de etanol y comparativa de rentabilidad económica.
Autorregulación	Monitoreo y autocorrección.	Identifica sesgos propios y reacomoda su interpretación. (Preguntas: 2, 3 y 12)	Proposición metodológica tras un resultado inesperado.

Nota: elaboración propia teniendo en cuenta las definiciones de Facione A. (2007).



Nota: Mapa de deconstrucción IAP. Adaptado de adaptado de El saber y el hacer de la investigación acción pedagógica. Tello yace et al. 2016.

Figura 2. Mapa conceptual de deconstrucción.

7.RESULTADOS Y ANÁLISIS.

7.1 Prueba de entrada y salida

Con base en las categorías definidas en la Tabla 2, se presentan los resultados de la prueba de entrada y salida para la dimensión del pensamiento crítico (PC) y la dimensiones de la EDS en la Tabla 4. Los datos cuantitativos corresponden a 20 estudiantes que participaron de los 26 estudiantes que conformaban el grupo, los otros estudiantes no participaron debido a que no presentaron prueba de entrada.

7.1.1 Análisis del fortalecimiento del Pensamiento Crítico

Teniendo en cuenta el orden de categorización para la dimensión de PC (Tabla 2) se organizaron la siguiente tabla respectivamente y se procesaron los datos, teniendo en cuenta solo los 20 participantes y excluyendo las preguntas abiertas de opción múltiple que se analiza por separado.

Tabla 2. Estadística descriptiva dimensión análisis y evaluación.

Indicador	Análisis		Evaluación	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Media grupal	3,6	4,2	3,6	4,5
Varianza	0,37	0,43	0,33	0,75
Mínimo individual	1,8	2,6	2,25	1,75
Máximo individual	4,6	5	4,75	5
Estudiante < 4	15	8	14	8

Nota: elaboración propia. A partir de los datos del Anexo 15 y 16.

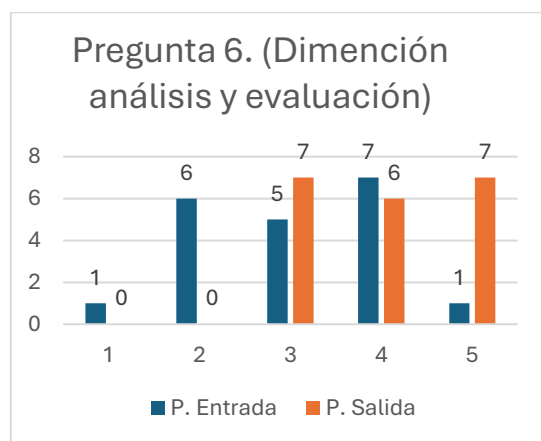
Al contrastar los resultados de la prueba de entrada frente a la de salida (Tabla 3), se evidencia un fortalecimiento significativo en las habilidades de análisis y evaluación.

En las habilidades de análisis se observó un incremento en la medida grupal, pasando de 3,67 a 4,33. Al ver los resultados más detalladamente, que la prueba de percepción (Likert) con la aptitud (opción múltiple) arrojan una concordancia

significativa entre ser y saber hacer. Un ejemplo claro se evidencia en la Grafica 1, donde inicialmente predominaba una postura de indiferencia o desconocimiento, comparando con la pregunta de salida que mejoro. En ultimas también la pregunta abierta demostró un leve cambio para detectar supuestos técnicos, como la necesidad de una hidrolisis previa.

Se confirma que su fortalecimiento esta sutilmente alineado con el PC y análisis químico.

Gráfica 1. Resultados prueba de entrada y salida (Anexo1): pregunta 6 dimensión análisis y evaluación.

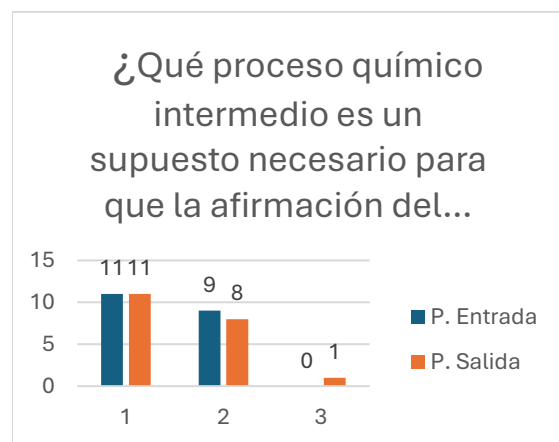


6. Al leer un protocolo de laboratorio o un artículo, trato de identificar qué suposiciones da por sentadas el autor antes de aceptar sus conclusiones.



Nota: elaboración propia.

Gráfica 2. Resultados prueba de entrada y salida (Anexo1): pregunta 11 dimensión análisis y evaluación.



¿Qué proceso químico intermedio es un supuesto necesario para que la afirmación del texto sea válida en el contexto de la imagen?

- ☐ Una hidrólisis previa de la lactosa
- ☐ La fermentación láctica
- ☐ La imagen es incorrecta y no se puede producir etanol

R: Una hidrólisis previa de la lactosa.

Nota: elaboración propia.

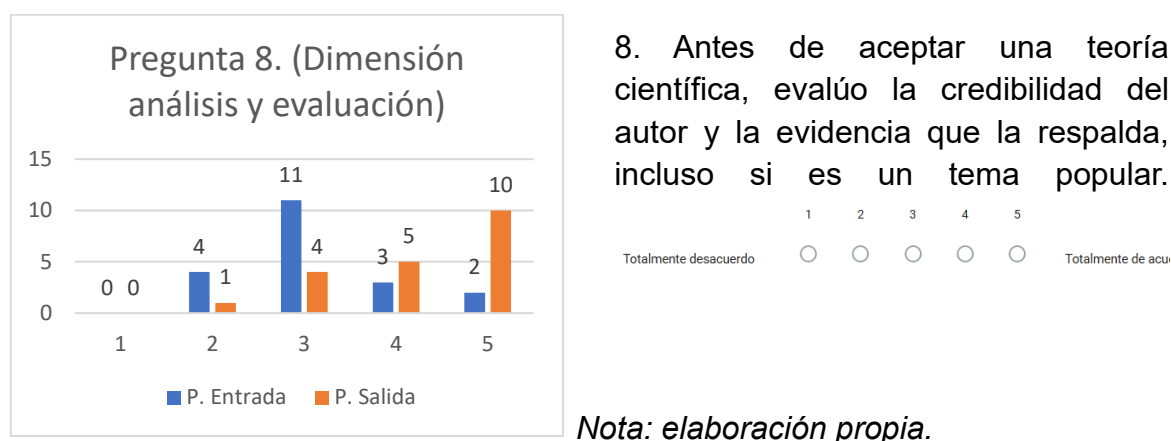
Por otro lado, se observa que en la categoría de evaluación se presentó un crecimiento más robusto, no solo porque se pasó de 3,67 a 4,5, si no que se confirma al observar una mejor percepción de los docentes en formación en

comparación con la prueba de entrada, es decir se pasó de 17 estudiantes que no superaban un valor de 4 a pasar a 6 estudiantes.

Comprobando si hay concordancia, se analiza las preguntas 8 con la pregunta 9 tal como se muestra en la Gráfica 3. Se observa que en la prueba de entrada predomina una postura indiferente en su mayoría con 11 estudiantes, pero que en la prueba de salida se ve reducida a 4 estudiaste y vemos una posición más marcada, a adicional vemos el mismo cambio en la pregunta de opción múltiple, que tenía como propósito que el estudiante interpreta y jerarquiza.

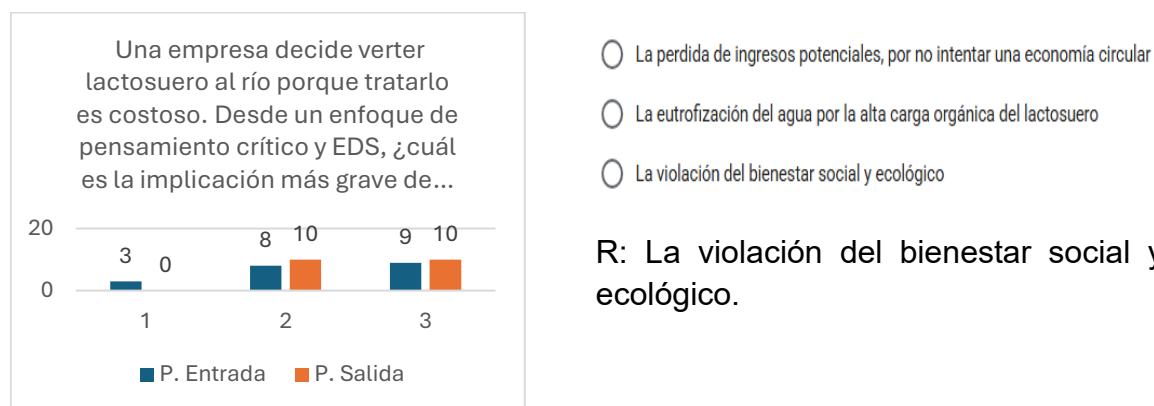
Interpreta, porque está pensando de manera crítica que es lo que se está preguntando y jerarquiza porque cualquiera de las opciones puede tener una interpretación valida, pero solo una se acerca a una EDS debido a que abarca diferentes dimensiones.

Gráfica 3. Resultados prueba de entrada y salida (Anexo 1): pregunta 8 dimensión análisis y evaluación.



Nota: elaboración propia.

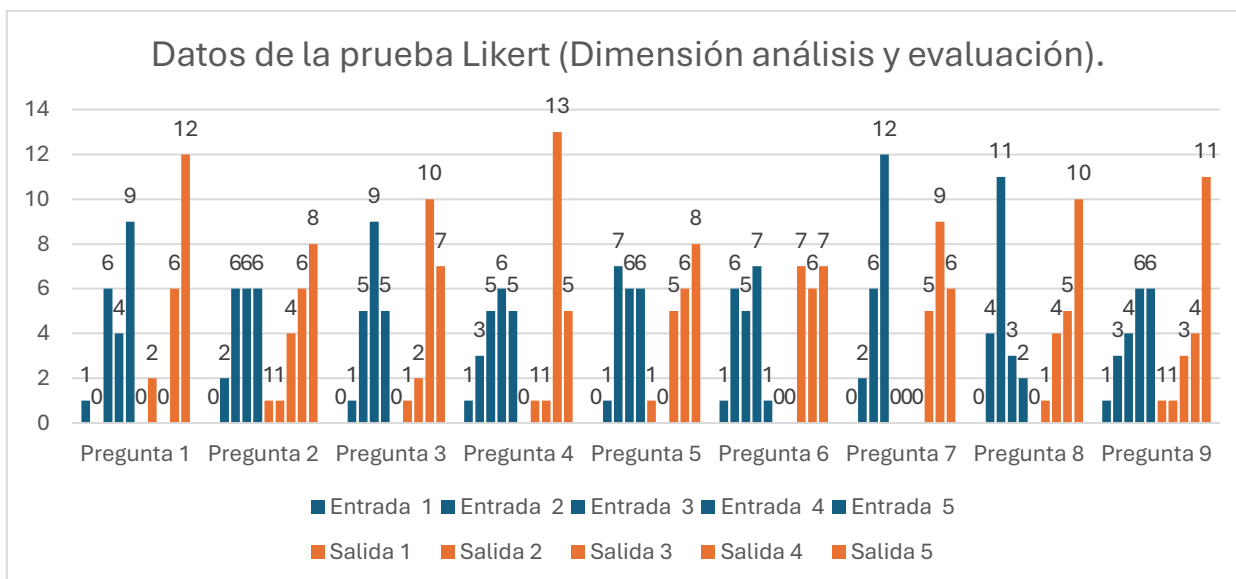
Gráfica 4. Resultados prueba de entrada y salida (Anexo 1): pregunta 9 dimensión integración EDS.



R: La violación del bienestar social y ecológico.

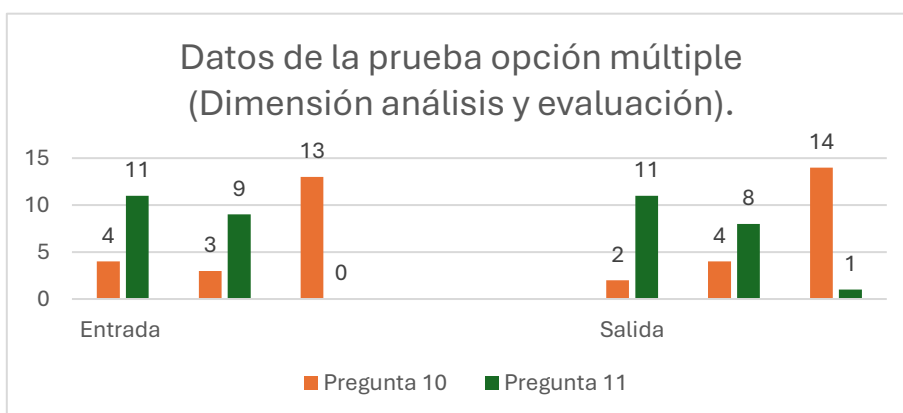
Nota: elaboración propia

Gráfica 5. Resultados totales de la prueba de entrada y salida, dimensión análisis y evaluación.



Nota: elaboración propia.

Gráfica 6. Preguntas de opción múltiple



Nota: elaboración propia.

Si bien el comportamiento general de las respuestas (Gráfica 5) muestra una tendencia de cambio evidente, en ítems específicos como el 6 y el 8 el avance parece ser menos significativo en comparación a la prueba de entrada con la de salida. No obstante, al realizar una comparación con las preguntas de aptitud (opción múltiple), se obtiene un panorama más amplio.

Este análisis sugiere que, aunque la percepción subjetiva del docente en formación no haya variado drásticamente, su capacidad operativa para procesos de análisis y evaluación si se fortalecieron en la mayoría de los estudiantes.

7.1.2 Integración de la EDS.

Para el fortalecimiento de la apropiación sobre la Educación para el desarrollo sostenible (EDS) se evaluó a través de tres dimensiones: Económica, Social y Ambiental, para ello se propuso una categorización en la cual agrupar un conjunto de preguntas y realizar el análisis (Tabla 4).

Tabla 3. Tabla de categorización de la dimensión EDS.

Categoría	Definición	Preguntas
Económica	Generar valor mediante la innovación.	6 y 7
Social	Promover el bienestar y la equidad comunitaria	3, 4 y 5
Ambiental	Prevenir y mitigar el impacto químico	1, 2 y 7

Nota: elaboración propia.

Tabla 4. Estadística descriptiva Integración EDS.

Indicador	Económico		Social		Ambiental	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Media grupal	4,2	4,5	4,67	4,67	3,83	4,17
Varianza	0,51	0,67	0,56	1,14	0,63	0,81
Mínimo individual	3	2	3	1	2	2,33
Máximo individual	5	5	5	5	4,67	5
Estudiante < 4	5	3	2	2	10	7

α de Cronbach	0,56 Pobre	0,71 Aceptable	0,60 Pobre	0,96 Excelente	0,37 Pobre	0,66 Cuestionable
P(T<=t)	0,9090		0,4755		0,2087	

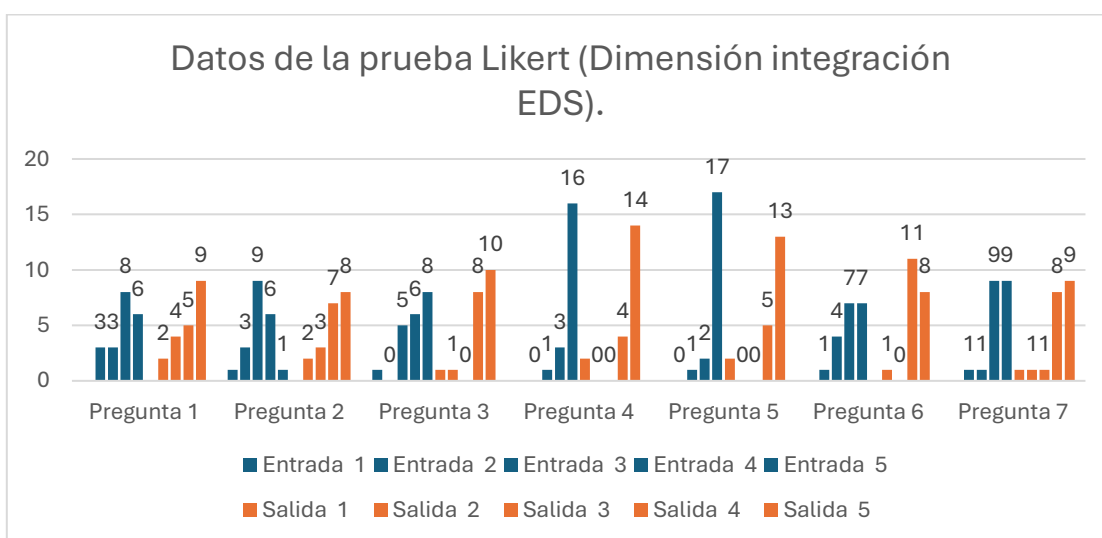
elaboración propia. A partir de los datos del Anexo 17, 18 y 19.

El fortalecimiento de la apropiación sobre la EDS se evaluó a través de tres dimensiones (Tabla 4). Los resultados se trataron por estadística descriptiva y se demostró una transición significativa en el campo ambiental en los docentes en formación. Con una medida de entrada de 3,67 se transición a 4,17, adicional su notoriedad por disminuir la cantidad de estudiantes que cambiaron su percepción, reduciéndose a la mitad.

Esto es una visión muy satisfactoria y relevante, porque en el modelo de sostenibilidad, todas las dimensiones se correlacionan, es decir son transversales, pero la esfera ambiental es condicionante para que se prevengan crisis ambientales y desestabilicen las demás esferas, todo al costo de la actividad humana y el desarrollo industrial.

Por lo tanto, lograr que futuros docentes prioricen la prevención y mitigación del daño ambiental (a través de la química verde y la economía circular) puede garantizar que futuras prácticas y actividad profesional se reflexione, tal vez se proponga y se aporte desde sus entornos a mejorar este aspecto.

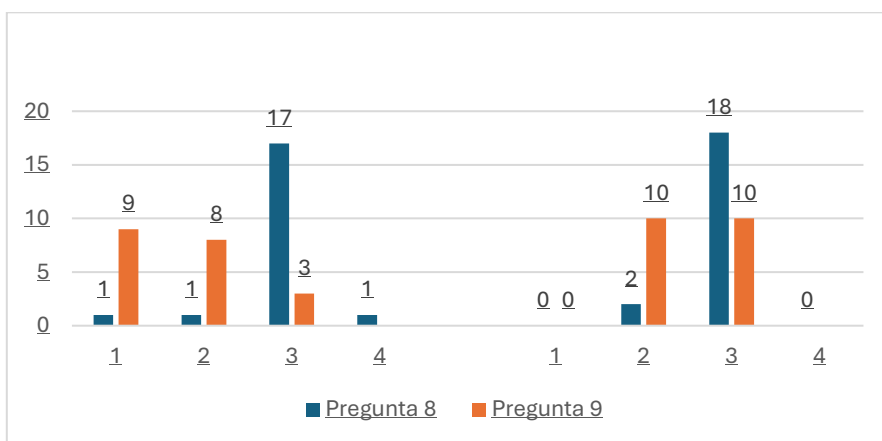
Gráfica 7. Resultados totales de la prueba de entrada y salida, dimensión Integración EDS.



Nota: elaboración propia.

Las demás dimensiones fueron levemente fortalecidas según los datos obtenidos, lo que sugiere que ya los profesores en formación consideraban que el aprovechamiento del lactosuero es una oportunidad de emprendimiento y a horro en la gestión de residuos. Por otro lado, ese leve aumento se debió a que la intervención si logro generar una experiencia que les permitió reflexionar críticamente. Un ejemplo, se evidencia con la pregunta 9 (que también sirvió de análisis en la dimensión de análisis y evaluación), nuevamente, las respuestas eran validadas, pero, la más cercada estaba en pensar no en una sola esfera afectada, sino en esa transversalidad que es la invitación de la EDS.

Gráfica 8. Preguntas de opción múltiple.



Nota: elaboración propia.

Al contrastar las preguntas 4 y 5 que son de la categoría social (Tabla 4) se observa en la Gráfica 7, como las respuestas transitaron de una dispersión inicial (barra azul: prueba de entrada) hacia estar “de acuerdo” y “totalmente de acuerdo” (barras naranjas: prueba de salida).

En la dimensión Ambiental se constató una tendencia de mejora positiva en la media grupal, la cual paso de 3,83 a 4,17 logrando reducir el número de estudiantes en situación de “desacuerdo” (1, 2, 3) de 10 a 7 participantes, y elevando el alfa de Cronbach a 0,37 a un rango más convergente de 0,66. Comparando con las preguntas de opción múltiple (Gráfica 8) al analizar la pregunta 9 (pregunta conectora entre análisis, evaluación y la EDS) se observa una migración crítica en la toma de decisiones.

En la prueba de entrada las respuestas se hallaban fragmentadas, pero en la prueba de salida se unifico entre la conciencia técnica-ecológica (Pregunta 9, opción 2, R:10) y la responsabilidad ético-social (Pregunta 9, opción 3, R:10), lo que sugiere

que los docentes validaron el impacto del lactosuero desde las dimensiones que se abordaron a partir de la EDS.

Estos hallazgos contrastan con los postulados de Félix y Clayton (2025), quienes señalan que la consolidación de la identidad ambiental en el futuro docente no ocurre como algo impuesto o lineal, sino que es un proceso de reorganización y clarificación prioridades éticas.

7.1.3 Conceptual

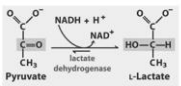
El análisis de la dimensión conceptual se estructuró a partir de dos instrumentos complementarios: un cuestionario de entrada y salida (Tabla 6) y una matriz de preguntas de opción múltiple que era exclusiva para la prueba de salida (Tabla 7) con el fin de mitigar el efecto memorístico.

Se destaca el desempeño que se obtuvo en la pregunta 3 (Tabla 6), que haya habido un descenso en la prueba de salida podría atribuirse a que los estudiantes antes de abordar la intervención habían realizado un trabajo de reconocimiento de grupos funcionales, lo que pudo representar que los docentes en formación recurrieron a una memoria memorística para poder responder, sin embargo, los laboratorios, portafolio y la intervención se fundamentaron en la fermentación alcohólica del lactosuero, representaciones de rutas metabólicas, donde el piruvato experimenta una descarboxilación enzimática hacia acetaldehído y una posterior reducción a alcoholes primarios, tal como se plantea en la pregunta 6 de la tabla 7, donde el 75% de los estudiantes demostró dominar con precisión.

Como hipótesis explicativa de este presunto retroceso, se debió a que el alto rendimiento obtenido en la prueba de entrada (85%) generó un efecto de falsa seguridad diagnóstica debido a la cantidad de reactivos generados, provocando que durante el diseño de la intervención no se contemplara realizar un esfuerzo expícito, dirigiendo los esfuerzos didácticos con mayor interés hacia los aspectos claves para el desarrollo del fermentador y la culminación de la fermentación alcohólica.

Tabla 5. Tabla de respuestas al contenido conceptual entrada y salida.

	Pregunta	Respuesta correcta	Entrada	salida
1	De acuerdo con la imagen que grupos funcionales reconoces en la biomolécula de la lactosa?  Fuente: https://www.wiki.org/	Grupo éter (R-O-R”) y grupo hidroxilo (-OH)	80%	80%

2	¿Cuál es la definición química más precisa de la fermentación en el contexto del metabolismo celular?	Una vía anaeróbica catabólica, en donde compuestos orgánicos actúan como donadores y aceptores de electrones	65%	73,70%
3	En la fermentación láctica, el piruvato se convierte en lactato. ¿Qué cambio funcional ocurre en la molécula desde la perspectiva de los grupos funcionales orgánicos?  Pyruvate $\xrightarrow[\text{lactate dehydrogenase}]{\text{NADH} + \text{H}^+}$ L-Lactate	El grupo cetona se reduce a un alcohol secundario	85%	65%

Nota elaboración propia. Preguntas realizadas para la observación del manejo de algunos conceptos clave para abordar la intervención

Este hallazgo sintoniza con la advertencia de Quintanilla et al. (2014) sobre las dificultades intrínsecas para construir visión fragmentada en la formación de profesores.

Sin embargo, en términos generales, los resultados demuestran un alto nivel de apropiación conceptual al cierre de la estrategia pedagógica, donde el 75% como mínimo de los docentes en formación respondieron de manera acertada a la totalidad de las preguntas de opción múltiple y que tenían contenido disciplinar en la química orgánica (Tabla 7).

Se destacan desempeños sobresalientes y casi perfectos en los ítems de aplicación contextualizada, tales como el pretratamiento por pasteurización (Pregunta 8), el impacto ambiental (Pregunta 9) y las consecuencias del aprovechamiento del lactosuero enmarcado en el desarrollo sostenible (Pregunta 10).

Tabla 6. Tabla de respuesta correcta a las preguntas abiertas.

	Pregunta	R correcta	salida
4	¿Cuál de las siguientes biomoléculas es el compuesto precursor esencial para la fermentación alcohólica en el lactosuero?	Lactosa (glúcido)	95%
5	¿Cuál es el sustrato final de la glucólisis que sirve como punto de partida para las rutas fermentativas?	Piruvato	85%

6	La fermentación alcohólica implica dos pasos enzimáticos a partir del piruvato. ¿Cuál es el orden correcto de estas transformaciones químicas?	Descarboxilación para formar acetaldehído y posterior reducción a etanol	75%
7	¿Qué función cumple el reactivo de Benedict en la detección cualitativa de biomoléculas en un alimento? Detecta proteínas	Detecta glúcidos reductores (azúcares simples)	75%
8	¿Por qué es importante realizar un pretratamiento (pasteurización) del lactosuero antes de la fermentación?	Para eliminar microorganismos contaminantes y preservar biomoléculas claves.	100%
9	¿Por qué el manejo adecuado del lactosuero tiene un impacto ambiental importante?	Porque inapropiado manejo puede causar contaminación por elevados sólidos y carga orgánica.	95%
10	¿Cuál es el beneficio principal de reutilizar o fermentar el lactosuero en el contexto del desarrollo sostenible?	Generar productos de valor (alcohol, ácidos) y reducir contaminación.	95%

Nota elaboración propia. Preguntas de contenido conceptual, solo se realizó en la prueba de salida para evitar el efecto memorístico.

Aunque el PC y la integración de la EDS se vieron beneficiadas el aprendizaje de la química nos puede sugerir implementar más estrategias contextualizadas que conecten de manera permanente la teoría con la práctica del laboratorio

7.2 Portafolio

Cabe destacar que los 26 estudiantes participaron de los laboratorios y se les permitió participar de la presentación del portafolio, los grupos trabajaron con diferentes leches comerciales y por lo tanto con diversa concentración de lactosa, adicional los estudiantes podían trabajar dos tipos de lactosuero (Anexo 13), sin embargo, los grupos trabajaron solo lactosuero ácido.

En este portafolio se encontró que los docentes en formación cobraron interés genuino por la intervención, pudieron generar una autorreflexión del trabajo que

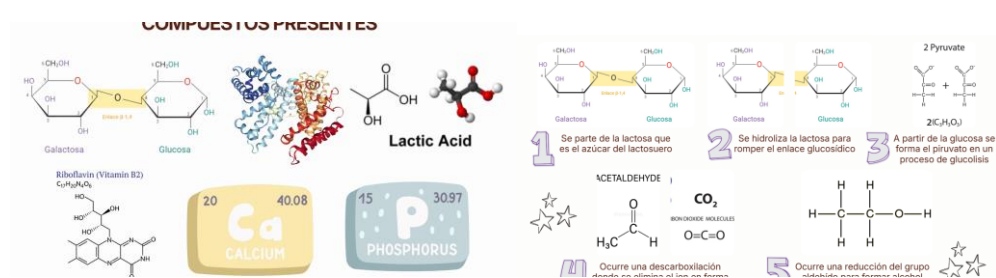
revisaban, propusieron e identificaron variables necesarias para mejorar el procedimiento.

Para el análisis se secciono en dimensiones correspondiente a lo indicado en la tabla 2. Se valoro 8 trabajos en general del trabajo de los portafolios entregados por parte de los estudiantes y se resaltaron fragmentos que se consideraron relevantes para las observaciones y hacer un análisis de contenido (Tabla 2).

7.2.1 Análisis

El 75 % de los equipos (R: 6) demostraron tanto en su trabajo del portafolio y en la sustentación, un reconocimiento de la biomolécula precursora para la fermentación (Figura 3), además desglosaron ideas sobre como en sus resultados (Figura 4) pudo a ver variado la identificación de biomoléculas asociada al proceso por el que paso la muestra. Los otros grupos, no mostraron evidencia grafica o una descripción que se pudiera evaluar.

Figura 3. Determinación de los compuestos y biomoléculas principales del lactosuero bovino.



Nota: Captura de pantalla del trabajo elaborado por los estudiantes, correspondiente a dos grupos diferentes.

Como señala Facione, el análisis implica examinar ideas, el estudiante al a ver podido asociar tanto sus resultados en el laboratorio con el proceso que realizo fuera del involucra que hizo un proceso de razonamiento desde la química. A demás demostraba una apropiación desde algunos de los procesos químicos que sucedían desde la preparación del lactosuero hasta llegar a la obtención del alcohol.

Por otro lado, están generando una evaluación desde los resultados y contrastándola con la teoría (Figura 6), con lo cual se intuye que tratan de entender las razones de lo que obtuvieron en el laboratorio con lo que teóricamente se tuvo que obtener. Se generaron argumentos respaldados por un modelo estructural, sus vivencias de laboratorio.

Figura 4. Resultados de pruebas químicas cualitativas.



Nota: Captura de pantalla del trabajo elaborado por los estudiantes.

En términos generales estuvieron realizando un trabajo de inferencias, apoyaron sus argumentos teniendo en cuenta la estructura química, la ruta metabólica y su trabajo en el laboratorio.

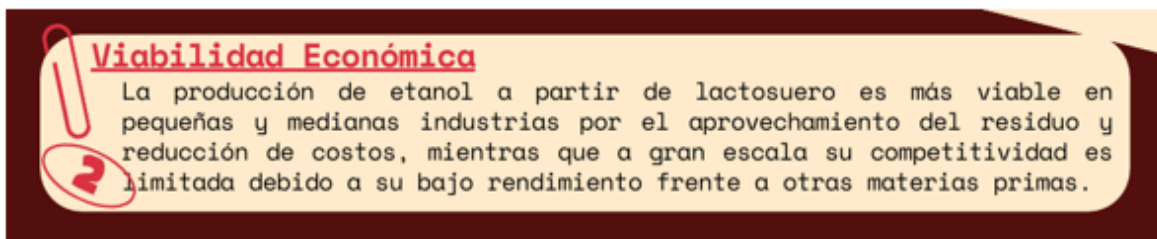
7.2.2 Evaluación

La habilidad de evaluación implica valorar la credibilidad de los enunciados y la fortaleza lógica de las relaciones de inferencia (Facione, 2007). En esta dimensión del portafolio, los 8 grupos demostraron alguna capacidad para juzgar la viabilidad del proceso de fermentación del lactosuero, aunque con diferentes niveles de profundidad argumentativa.

En la Figura 5, se observa un ejercicio una inferencia de parte de los docentes en formación sobre la escalabilidad, no aceptan el proceso como una solución replicable en escenarios más complejos, juzgan que es más viable mantenerlo a pequeña escala porque así se podría aprovechar el lactosuero. a este grupo le faltó argumentación, pero como ya observaremos en otros grupos si se logra tomar una postura desde los argumentos.

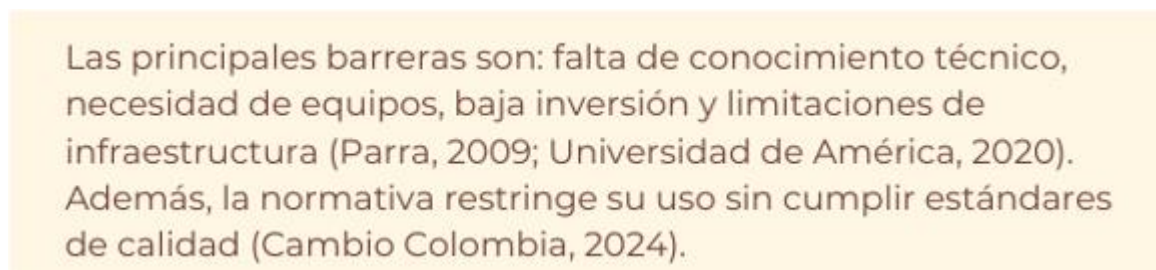
En la Figura 6, otro grupo desarrolla una evaluación más rigurosa de las barreras sociales y técnicas: identifican la falta de conocimiento técnico y la baja inversión como principales obstáculos, respaldando su postura con fuentes bibliográficas. Este ejercicio ilustra la habilidad de evaluación en su expresión más completa: los estudiantes no solo describen el fenómeno, sino que juzgan la credibilidad y vigencia de la información disponible para sustentar sus conclusiones, tal como lo describe Facione (2007) al definir la evaluación como la valoración de "la credibilidad de los enunciados o de otras representaciones".

Figura 5. Viabilidad económica.



Nota: Captura de pantalla del trabajo elaborado por los estudiantes.

Figura 6. Comunidades que se podrían beneficiar.



Nota: Captura de pantalla del trabajo elaborado por los estudiantes.

La contrastación de la teoría con la normativa vigente —aunque sin citar la norma específica en todos los casos— demuestra que los estudiantes reconocen la dimensión legal como una variable de evaluación relevante. Desde una mirada de la EDS, esto evidencia que la sostenibilidad no es solo química, sino que requiere temas transversales como calidad, cumplimiento normativo y política ambiental. Esta competencia normativa —definida por la UNESCO (2017) como la "reflexión crítica sobre las normas y valores que gobiernan las decisiones en materia de sostenibilidad"— es precisamente una de las competencias clave que la estrategia buscó fortalecer.

En conjunto, 5 de los 8 grupos (62,5%) lograron evaluar la viabilidad económica del proceso con argumentación fundamentada en evidencia experimental y fuentes bibliográficas, vinculando explícitamente sus datos con las barreras de acceso tecnológico que enfrentan los pequeños productores lácteos en Colombia (Vargas Malagón, 2025). Los 3 grupos restantes (37,5%) evaluaron la viabilidad sin llegar al nivel de fundamentar sus juicios en fuentes o en cálculos de rendimiento, lo que

constituye un área de desarrollo para versiones futuras de la estrategia. Estos ejercicios de evaluación de viabilidad y escalabilidad corresponden al perfil de la competencia estratégica de la EDS (UNESCO, 2017) y son consistentes con lo que Rentéria Vera et al. (2022) señalan como necesidad urgente en la formación docente inicial.

7.2.3 Auto regulación.

La autorregulación, considerada por Facione A. el nivel superior del PC, se manifiesta mediante el autoexamen y la autocorrección. Esta dimensión se vuelve un norte para evaluar de manera conjunta las dimensiones anteriormente analizadas y poder ver de manera más amplia que impacto género en los docentes en formación, poder hacer una trazabilidad.

En la figura 7, los docentes en formación demuestran una capacidad para no aceptar un resultado inesperado como un error al azar, sino que monitorean lo que razonan para poder hallar una causa lógica.

Figura 7. Resultados de obtención de alcohol.

SE INFIERE QUE ESTE RENDIMIENTO ES DEBIDO A QUE EN LA FERMENTACIÓN LÁCTICA SE GENERA MAYORITARIAMENTE ÁCIDOS ORGÁNICOS Y MENOR PROPORCIÓN ETANOL.

Nota: Captura de pantalla del trabajo elaborado por los estudiantes.

Los grupos pudieron evaluar las limitaciones de su sistema de fermentación casero. Al proponer como optimizar la obtención de alcohol desde el manejo de otras variables como el proceso metabólico (anaerobiosis) y el control térmico para evitar la muerte de microorganismo (Figura 8), demuestra un compromiso con el rigor científico y la mejora continua del aprendizaje.

Figura 8. Observaciones del trabajo

futuras experiencias, el grupo mejoraría la precisión de los resultados mediante una optimización del sistema de fermentación casero para asegurar condiciones anaerobias más estrictas, así como la implementación de un control más riguroso de la temperatura durante la pasteurización y la fermentación, minimizando así la posible muerte del microorganismo por la acumulación de subproductos

Nota: Captura de pantalla del trabajo elaborado por los estudiantes.

Ya no solo siguen una “receta”, están validando y analizando sus propios razonamientos desde la actividad que se propone, sus nuevos conocimientos y los resultados obtenidos.

Considerando que los estudiantes no solo describieron el fenómeno, sino que evaluaron sus barreras técnicas, sociales y económicas. Des una visión de Paula (2019) se puede decir que hay un logro en la articulación con la sostenibilidad en una experiencia de aula.

8.CONCLUSIONES.

La prueba de entrada demostró que los docentes en formación poseían conocimientos relevantes sobre grupos funcionales oxigenados (aldehídos, alcoholes y cetonas). A su vez, también se observó que tenían conocimientos básicos sobre la fermentación láctica y que dentro de las dimensiones para la EDS la dimensión ambiental presento los valores más bajos.

El uso del lactosuero bovino en los laboratorios como recurso didáctico facilito la movilización de un aprendizaje basado en un contexto real y a su vez, les permitió conectar las estructuras bioquímicas con procesos metabólicos aerobios y anaeróbicos.

Se demostró que el uso del portafolio como modelo de informe aplicado en los estudiantes, permitió que adquirieran un aprendizaje transversal con relación a las dimensiones EDS (ambiental, social y económica).

En la evaluación de la estrategia se observó que los estudiantes adquirieron un conocimiento en las pruebas cualitativas para la identificación de biomoléculas, una ampliación en el tópico fermentación láctica y en la manipulación de instrumentos como el densímetro de precisión.

10.RECOMENDACIONES.

Se sugiere incorporar pruebas químicas complementarias, como el uso de rojo de fenol para mostrar de manera cualitativa a los estudiantes el proceso metabólico. Esto permitiría un enfoque más evidente para los estudiantes y afirmar que los organismos si consumen glucosa y galactosa, fortaleciendo así la relación experimental y teórica, para ayudar en su argumentación.

Para los procedimientos de densidad vale la pena aclarar que los instrumentos, especialmente el densímetro de precisión está calibrados a una determinada temperatura, por lo general a 20°C, es bueno indicarles a los estudiantes esta condición para que hagan las respectivas correcciones y se lleven una buena práctica instrumental.

En el ámbito pedagógico, es fundamental aplicar una evaluación formativa y continua que permita a los docentes en formación proponer ajustes metodológicos, o escuchar que proyectos pueden surgirles a partir de esta intervención. En principio este ejercicio permitiría también fomentar que no se mecanicen protocolos y fomentar en ellos la toma de decisiones profesionales.

Finalmente, se propone como futuras investigaciones extender este enfoque de EDS al aprovechamiento de alimentos lácteos procesados, como por ejemplo el queso o el yogurt que son desechados por proveedores de alimento bien sea por fechas de caducidad o no cumplir con la normativa de alimentos. Este tipo de estudio serian benéficos en las tres dimensiones, social, ambiental y económica.

11.REFERENCIAS.

- Aráuz, M. S. (2020). *Fermentación de lactosuero para la obtención de etanol y su uso en cervezas y bebidas saborizadas* [Revisión de literatura]. Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/dac4a18a-1b49-41ed-b8d3-bdf98ec7e58f/content>
- Ariza, F. L. (2022). *Aprovechamiento de biomasa como aditivo para la generación de películas de base polimérica poliácido láctico (PLA) y polietileno (PE) para la conservación de frutas* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83124>
- Bolsa Mercantil de Colombia. (2025, 30 de mayo). *Estudio de la Bolsa Mercantil revela desafíos clave del sector lácteo y plantea oportunidades para fortalecer su cadena de valor*. <https://www.bolsamercantil.com.co/estudio-bolsa-mercantil-revela-desafios-clave-oportunidades-sector-de-la-leche>
- Castro, Y. P. (2022). *Revisión bibliográfica de los avances tecnológicos e ingenieriles sobre el aprovechamiento del lactosuero* [Monografía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/49774>
- Delgado Hervas, M. T. (2002). *Contenido en furosina, lactulosa y B-lactoglobulina como indicadores de calidad de leches líquida y en polvo* [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/63592>
- Ezquerro Quintana, G., Gil Mateos, J. E., & Márquez Sánchez, F. (2016). Educación para el desarrollo sostenible, su dimensión ambiental: Una visión desde y para las universidades en América Latina. *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 4(3), 72–81.
- Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*. The California Academic Press.
- Facione, P. A. (2007). *Pensamiento crítico: ¿Qué es y por qué es importante?* Insight Assessment.
- Félix, S. M., & Clayton, S. (2025). Describir la identidad ambiental de los docentes como parte de la educación para el desarrollo sostenible. *Investigación en Educación Ambiental*, 31(7), 1389–1406. <https://doi.org/10.1080/13504622.2025.2482740>
- Fernández Rodríguez, C., Martínez Torres, E. J., Morán Palao, A., & Gómez Barrios, X. (2016). Procesos biológicos para el tratamiento de lactosuero con producción de

biogás e hidrógeno: Revisión bibliográfica. *Revista ION*, 29(1), 47–62.
<https://doi.org/10.18273/revion.v29n1-2016004>

Hernández, H. A., & Pascual Barrera, A. E. (2018). Validación de un instrumento de investigación para el diseño de una metodología de autoevaluación del sistema de gestión ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 157–164.
<https://doi.org/10.22490/21456453.2186>

Hernández-López, A., Félix, D. A. S., Sierra, Z. Z., Bravo, I. G., Dinkova, T. D., & Avila-Alejandre, A. X. (2020). Quantification of reducing sugars based on the qualitative technique of Benedict. *ACS Omega*, 5(50), 32403–32410.
<https://doi.org/10.1021/acsomega.0c04467>

Jiménez, V. (s. f.). *Práctica 9: Determinación de dureza total y dureza de calcio*. Slideshare. <https://es.slideshare.net/slideshow/prctica-9-determinacin-de-dureza-total-y-dureza-de-calcio/41904305>

Lizárraga-Chaidez, M., Mendoza-Sánchez, M., Abadía-García, L., & García-Pérez, J. (2023). El inocente impacto ambiental del suero de la leche. *Epistemos*, 17(35), 88–97. <https://doi.org/10.36790/epistemos.v17i35.316>

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (s. f.). *Competencia*. <https://mineducacion.gov.co/1621/article-79364.html>

Morales Galicia, M. L., Martínez, J. O., Reyes Sánchez, L. B., Martín Hernández, O., Arroyo Razo, G. A., Obaya Valdivia, A., & Miranda Ruvalcaba, R. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? *Educación Química*, 22(3), 240–248.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2011000300009

Morán, M. (2024, 18 de diciembre). *Educación para el desarrollo sostenible*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>

Murga-Menoyo, M. A. (2015). Competencias para el desarrollo sostenible: Las capacidades, actitudes y valores meta de la educación en el marco de la Agenda global post-2015. *Foro de Educación*, 13(19), 55–83.
<http://dx.doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.004>

Padín González, C., & Díaz Fernández, M. (2009). Fermentación alcohólica del lactosuero por *Kluyveromyces marxianus* y solventes orgánicos como extractantes. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 29(2), 110–116.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562009000200008

- Paula, I. A. N. (2019). Educación para el desarrollo sostenible: Hacia una visión sociopedagógica. *Controversias y Concurrencias Latinoamericanas*, 11(19), 291–314. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=588661549016>
- Pinzón, S. M., Correal, W. A., Cerinza, O. J., Rodríguez, N. P., Adonai, R. B., & Luis, P. A. J. (2006). *Buenas prácticas de ordeño manual para mejorar la calidad de la leche*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/2151>
- Quintanilla, M., Joglar, C., Labarrere, A., Merino, C., Cuellar, L., & Koponen, I. (2014). ¿Qué piensan los profesores de química en ejercicio acerca de la resolución de problemas científicos escolares y sobre las competencias de pensamiento científico? *Estudios Pedagógicos*, XL(2), 283–302. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052014000300017
- Ramírez Navas, J. S. (2012). Aprovechamiento industrial de lactosuero mediante procesos fermentativos. *Publicaciones e Investigación*, 6, 69–83. <https://doi.org/10.22490/25394088.1100>
- Regino, K. C., Márquez, M. A., Flórez, G. M., Rhenals, D. L., & Villadiego, A. D. (2014). Evaluación de la fermentación del lactosuero ácido (entero y desproteínizado) utilizando *Lactobacillus casei*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 16(1), 137–145. <https://www.redalyc.org/pdf/776/77631180016.pdf>
- Reidl Martínez, L. M. (2012). El diseño de investigación en educación: Conceptos actuales. *Investigación en Educación Médica*, 1(1), 35–39. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572012000100008
- Rentería-Vera, J. A., Hincapié-Montoya, E. M., Rodríguez-Caro, Y. J., Vélez-Castañeda, C. K., Osorio-Vélez, B. E., & Durango-Marín, J. A. (2022). Competencia global para el desarrollo sostenible: Una oportunidad para la educación superior. *Entramado*, 18(1), e7641. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.7641>
- Rentería-Vera, J. A., Vélez-Castañeda, C. K., Rodríguez-Caro, Y. J., & Peresin, M. S. (2024). Diseño curricular para el desarrollo sostenible y la ciudadanía global: Intervención pedagógica en educación superior. *Entramado*, 20(1), 1. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.10106>
- Restrepo Gómez, B. (2004). La investigación-acción educativa y la construcción de saber pedagógico. *Educación y Educadores*, (7), 45–55.
- Reyes, C. A. (2015). *Los razonadores diestros y los razonadores no diestros*. Academia.edu.

https://www.academia.edu/16215268/LOS_RAZONADORES_DIESTROS_LOS_RAZONADORES_NO_DIESTROS

Roegiers, X., & Oficina Internacional de Educación de la UNESCO. (2016). *Marco conceptual para la evaluación de competencias*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245195_spa

Sapkota, A. (2022, 5 de septiembre). *Barfoed's test: Definition, principle, procedure, result, uses*. Microbe Notes. <https://microbenotes.com/barfoeds-test/>

Tamayo, O. E., Zona, R., & Loaiza, Y. E. (2015). El pensamiento crítico en la educación: Algunas categorías centrales en su estudio. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 11(2), 111–133.

Tello Yance, F., Verástegui Borja, E. D., & Rosales Tabraj, Y. del C. (2016). *El saber y el hacer de la investigación acción pedagógica*. Filoter Tello Yance.

Tinto Arandes, J. A. (2013). El análisis de contenido como herramienta de utilidad para la realización de una investigación descriptiva. *Provincia*, (29), 135–173.

UNESCO. (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Objetivos de aprendizaje*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381225>

UNESCO. (2022). *El profesorado opina: Motivación, habilidades y oportunidades para enseñar la educación para el desarrollo sostenible y la ciudadanía mundial*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381225>

UNESCO IIEP Oficina Regional para América Latina y el Caribe. (2000). *Competencias para la profesionalización de la gestión educativa: Diez módulos destinados a los responsables de los procesos de transformación educativa*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000159155>

Vargas Malagón, A. C. (2025, 8 de abril). Cada gota cuenta, incluso las del lactosuero: Un subproducto lácteo con alto valor nutricional. *Revista Universitaria Universidad de Antioquia*. <https://n9.cl/quows>

Vargas Marín, X. C. (2017). *Evaluación de la producción de etanol a partir de lactosuero a nivel de biorreactor (BioFlo 110) utilizando Kluyveromyces marxianus y Kluyveromyces lactis como agentes fermentativos* [Tesis]. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/32910>

12.ANEXOS

12.1 Anexo 1: Prueba de entrada y salida



EDS para el desarrollo del pensamiento crítico.

Apreciados estudiantes:

La información consignada en este cuestionario será utilizada únicamente con fines estrictamente académicos y bajo estricta **confidencialidad**, respetando el uso y manejo de datos personales conforme a lo establecido en la Ley 1581 de 2012.

Este cuestionario forma parte de la evaluación de desempeño y desarrollo realizada antes y después de la intervención del **trabajo de grado** titulado: Competencias de la educación para el desarrollo sostenible: Estrategia didáctica basada en la fermentación de lactosuero bovino para fortalecer el pensamiento crítico en estudiantes del Programa en Licenciatura en Química, dirigida por la docente Dora Luz Gómez A.

El cuestionario está diseñado para ser completado en aproximadamente **20 minutos** y consta de dos partes: la primera es una prueba tipo **Likert** y la segunda, una prueba de **opción múltiple**.

Elaborado por:

Juan Pablo Portela G.

Dimensión de Análisis y Evaluación (Facione)

Esta sección mide la capacidad de desglosar problemas complejos y valorar la evidencia.

Lea atentamente los siguientes enunciados y marque la casilla que mas se acerque a su criterio.

1. Al leer un protocolo de laboratorio o un artículo, trato de identificar cuál es el propósito u objetivo principal y secundario. Verifico que estén presentes en el contenido. *

Totalmente desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2. Si un experimento de laboratorio (como el cambio de color inesperado en una prueba) contradice lo que dice el libro, reviso primero si mi interpretación de la teoría es limitada antes de culpar al reactivo. *

Totalmente desacuerdo 1 2 3 4 5 Totalmente de acuerdo

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

3. Al iniciar una investigación, puedo distinguir claramente entre el problema que quiero resolver y mis opiniones personales sobre el tema. *

	1	2	3	4	5	
Totalmente desacuerdo	☐	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

4. Antes de razonar ante un esquema, imagen, grafica, etc, identifico y categorizo la información, determinando si es relevante o irrelevante en función de (mi propósito o del autor) *

	1	2	3	4	5	
Totalmente desacuerdo	☐	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

5. Considero las implicaciones tanto negativas como positivas de la información que me puede suministrar un documento o artículo. *

	1	2	3	4	5	
Totalmente desacuerdo	☐	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

6. Al leer un protocolo de laboratorio o un artículo, trato de identificar qué suposiciones da por sentadas el autor antes de aceptar sus conclusiones. *

	1	2	3	4	5	
Totalmente desacuerdo	☐	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

7. Soy capaz de distinguir entre lo que los datos muestran directamente y las inferencias o interpretaciones que yo hago a partir de ellos. *

	1	2	3	4	5	
Totalmente desacuerdo	☐	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

8. Antes de aceptar una teoría científica, evalúo la credibilidad del autor y la evidencia que la respalda, incluso si es un tema popular. *

	1	2	3	4	5	
Totalmente desacuerdo	☐	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

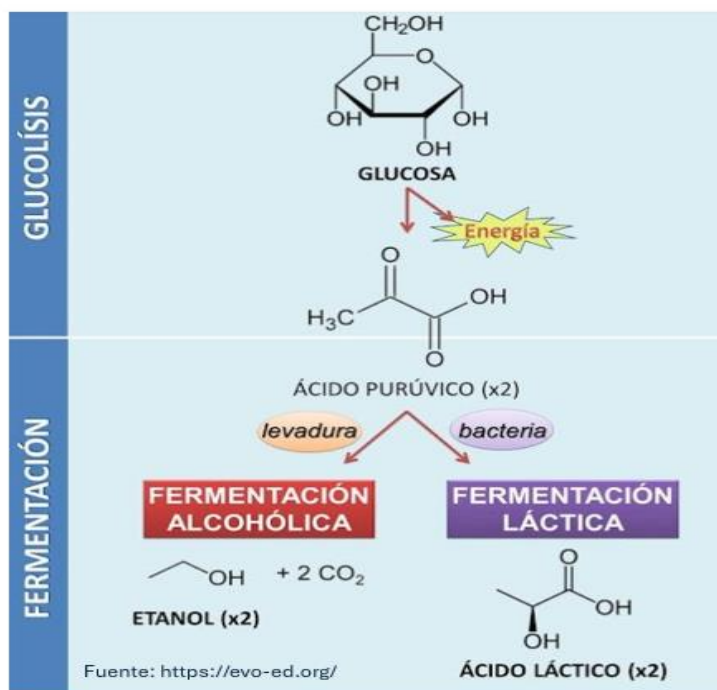
9. Comparo activamente diferentes fuentes de información cuando encuentro datos contradictorios sobre un fenómeno químico o biológico.. *

	1	2	3	4	5	
Totalmente desacuerdo	☐	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

Lea atentamente el siguiente enunciado y responda las preguntas.

"El lactosuero presenta resultados óptimos en la producción de etanol, este proceso fermentativo obtiene un rendimiento de etanol en un rango entre 75 a 85% del valor teórico, es decir que por cada 0.538 kg de etanol se necesita de 1 kg de lactosa metabolizada, esto nos indica la importancia de la producción de etanol a base de lactosuero (Parra, 2009)"

Compare con la imagen el argumento anteriormente mencionado ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la más acertada? *



- ☐ La imagen muestra que la fermentación del ácido láctico es el proceso óptimo para la producción de etanol a partir de lactosuero.
- ☐ El texto y la imagen coinciden en que la lactosa (azúcar de la leche) se convierte directamente en etanol y CO₂ mediante la acción de levaduras.
- ☐ La imagen describe la fermentación de la glucosa, mientras que el texto se enfoca en la fermentación de la lactosa, un proceso que requiere pasos adicionales (hidrólisis) para producir etanol.

¿Qué proceso químico intermedio es un supuesto necesario para que la afirmación del texto sea válida en el contexto de la imagen? *

- ☐ Una hidrólisis previa de la lactosa
- ☐ La fermentación láctica
- ☐ La imagen es incorrecta y no se puede producir etanol

Dimensión de Integración EDS (Social, Ambiental y Económico)

Esta sección mide desde donde se aborda los temas.

Lea atentamente los siguientes enunciados y marque la casilla que mas se acerque a su criterio.

1. En una practica de laboratorio priorizo el uso de reactivos y procesos que minimicen los desechos químicos, incluso si esto requiere una planeación más compleja

	1	2	3	4	5	
Totalmente desacuerdo	☐	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

2. Al analizar resultados químicos, evalúo siempre si la facilidad con la que una sustancia se degrada es una ventaja ambiental o un riesgo de contaminación

	1	2	3	4	5	
Totalmente desacuerdo	☐	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

3. Considero que el acceso a tecnologías y el conocimiento reducen las brechas sociales en las comunidades.

	1	2	3	4	5	
Totalmente desacuerdo	☐	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

4. Es fundamental enseñar la química no solo desde la teoría de laboratorio, sino utilizarla como herramienta para resolver problemas cotidianos.

	1	2	3	4	5	
Totalmente desacuerdo	☐	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

5. Es importante educar ciudadanos que utilicen la química para cuestionar decisiones industriales que afecten la salud pública de su comunidad.

	1	2	3	4	5	
Totalmente desacuerdo	☐	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

6. Evalúo la calidad de mis futuras prácticas de laboratorio no solo por el aprendizaje conceptual, sino por mi capacidad para diseñar experimentos que optimicen el uso de reactivos y reduzcan costos de gestión de residuos.

	1	2	3	4	5	
Totalmente desacuerdo	☐	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

7. Fomento la visión de que los estudiantes de química pueden liderar proyectos de emprendimiento social y económico mediante la innovación en procesos químicos que utilicen recursos locales de manera sostenible.

1 2 3 4 5

Totalmente desacuerdo ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Totalmente de acuerdo

¿Cuáles son los tres pilares para la Educación para el desarrollo sostenible según la UNESCO?

- ☐ Ambiental, equidad y soportabilidad
- ☐ Ambiental, equidad y viabilidad
- ☐ Ambiental, social y económico
- ☐ Ambiental, viabilidad y económico

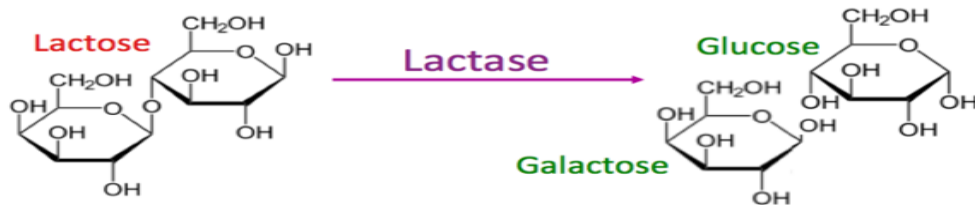
Una empresa decide verter lactosuero al río porque tratarlo es costoso. Desde un enfoque de pensamiento crítico y EDS, ¿cuál es la implicación más grave de esta decisión?

- ☐ La pérdida de ingresos potenciales, por no intentar una economía circular
- ☐ La eutrofización del agua por la alta carga orgánica del lactosuero
- ☐ La violación del bienestar social y ecológico

Dimensión conceptual.

Esta sección mide los conceptos previos. Lea atentamente los siguientes enunciados y marque la casilla que mas se acerque a su criterio.

De acuerdo con la imagen que grupos funcionales reconoces en la biomolécula de la lactosa?



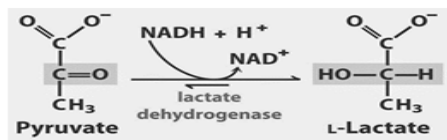
Fuente: <https://evo-ed.org/>

- ☐ Grupo carbonilo (-C=O)
- ☐ Grupo carboxilo (-COOH)
- ☐ Grupo éter (R-O-R'') y grupo hidroxilo (-OH)
- ☐ Grupo amino (-NH_2)

¿Cuál es la definición química más precisa de la fermentación en el contexto del metabolismo celular?

- ☐ La síntesis de moléculas complejas a partir de precursores simples en ausencia de la luz
- ☐ Una vía anaeróbica catabólica, en donde compuestos orgánicos actúan como donadores y aceptores de electrones
- ☐ La hidrólisis de polisacáridos en monosacáridos mediante enzimas extracelulares

En la fermentación láctica, el piruvato se convierte en lactato. ¿Qué cambio funcional ocurre en la molécula desde la perspectiva de los grupos funcionales orgánicos?



- ☐ Un ácido carboxílico se reduce a un aldehído
- ☐ Se pierde un grupo carboxilo
- ☐ El alcohol primario se oxida a una cetona
- ☐ El grupo cetona se reduce a un alcohol secundario

¿Estas realizando la prueba de salida ? *

- ☐ Sí
- ☐ No

Dimensión conceptual.

Esta sección mide los conceptos previos. Lea atentamente los siguientes enunciados y marque la casilla que mas se acerque a su criterio.

¿Cuál de las siguientes biomoléculas es el compuesto precursor esencial para la fermentación alcohólica en el lactosuero?

- ☐ Proteínas
- ☐ Lípidos
- ☐ Lactosa (glúcido)
- ☐ Ácidos nucleicos

¿Cuál es el sustrato final de la glucólisis que sirve como punto de partida para las rutas fermentativas?

- ☐ Piruvato
- ☐ Citrato
- ☐ Glucosa-6-fosfato
- ☐ Acetil-coA

La fermentación alcohólica implica dos pasos enzimáticos a partir del piruvato. ¿Cuál es el orden correcto de estas transformaciones químicas?

- ☐ Condensación de dos piruvatos y eliminación de agua
- ☐ Reducción a lactato y posterior isomerización a etanol
- ☐ Oxidación de acetil-CoA y finalmente una reducción
- ☐ Descarboxilación para formar acetaldehído y posterior reducción a etanol

¿Qué función cumple el reactivo de Benedict en la detección cualitativa de biomoléculas en un alimento?

- ☐ Detecta proteínas
- ☐ Detecta glúcidos reductores (azúcares simples)
- ☐ Detecta lípidos
- ☐ Detecta polisacáridos (almidón)

¿Por qué es importante realizar un pretratamiento (pasteurización) del lactosuero antes de la fermentación?

- ☐ Para aumentar la cantidad de proteínas.
- ☐ Para eliminar microorganismos contaminantes y preservar biomoléculas claves.
- ☐ Para precipitar todos los glúcidos.
- ☐ No es necesario, solo se usa para calentar.

¿Por qué el manejo adecuado del lactosuero tiene un impacto ambiental importante?

- ☐ Porque el lactosuero es fácilmente biodegradable y no representa problema.
- ☐ Porque inapropiado manejo puede causar contaminación por elevados sólidos y carga orgánica.
- ☐ Porque el lactosuero contiene muchas proteínas que contaminan el aire.
- ☐ No tiene impacto ambiental.

¿Cuál es el beneficio principal de reutilizar o fermentar el lactosuero en el contexto del desarrollo sostenible?

- ☐ Generar productos de valor (alcohol, ácidos) y reducir contaminación.
- ☐ Eliminar completamente todos los residuos.
- ☐ Reducir el consumo de agua.
- ☐ Evitar el uso de microorganismos en laboratorios.

Gracias por tu participación y tu colaboración.

12.2 Anexo 2: Guía de laboratorio.

Las preguntas orientadoras que aparecen en cada parte **No se responden** en esta guía, pero son la base conceptual que el grupo debe desarrollar en el portafolio de laboratorio.

Fermentación alcohólica del suero de leche vacuno.

LABORATORIO DETECCIÓN DE BIOMOLÉCULAS EN LACTOSUERO.

Las **biomoléculas** se conocen como compuestos químicos que constituyen a los seres vivos y son fundamentales para su estructura y funcionamiento.

Podemos encontrar dos grandes grupos: **Orgánicas**, que son principalmente, Glúcidos, Lípidos, Proteínas y Ácidos nucleicos; las **inorgánicas**, principalmente agua, gases y sales minerales (Álvarez, 2025).

La leche está constituida por múltiples de estas biomoléculas ya que es de origen animal. En esta sección identificaremos algunos de los compuestos básicos a través de reactivos empleados en la química orgánica para determinar cualitativamente.



OBJETIVOS

Objetivo general:

Comprender el proceso fermentativo del lactosuero bovino, desde la identificación cualitativa de sus biomoléculas hasta la medición del rendimiento alcohólico obtenido.

Objetivo específico:

- Aplicar métodos de detección cualitativas de química orgánica para identificar glúcidos, polisacáridos y proteínas.
- Preparar y caracterizar una muestra de lactosuero previamente a la fermentación alcohólica,
- Determinar el porcentaje de rendimiento de la obtención del alcohol, registrando parámetros físico-químicos iniciales (densidad).



Reactivos

- 20 mL de leche (entera o deslactosada)
- 3-4mL Zumo de limón
- 10 mL Zumo de Manzana
- 5mg Maizena
- Clara de huevo
- Reactivo de Benedict
- Lugol
- Reactivo de Biuret
- Agua destilada
- 5mg Albumina
- 5mg Lactosa monohidrato



Materiales

- Gradilla.
- 15 tubos de ensayo.
- 1 beaker de 500 mL
- 5 beaker de 50mL
- Agitador de vidrio
- 6 pipeta Pasteur
- 1 pipeta graduada 2 mL
- 1 pipeta graduada de 5mL
- Papel filtro grado cualitativo
- Frasco lavador y escobilla.
- Los EPP
- Plancha de calentamiento



Procedimiento

1. Preparación de pruebas patrón

A. Patrón para prueba de Benedict (Lactosa)

Solución Patrón 1 (0,14 M): Pesar 0,5 g de lactosa monohidratada y disolver en agua destilada. Transferir cuantitativamente a un balón aforado de 10 mL y llevar al volumen con agua destilada. Agitar hasta disolución completa.

A partir de la solución patrón 1 preparar en dos beakers las siguientes diluciones:

- Solución Patrón 2 (0,023 M): Tomar 1 mL de la solución stock (0,14 M) y agregar 6 mL de agua destilada en un beaker 50mL. Mezclar bien.
- Solución Patrón 3 (0,014 M): Tomar 1 mL de la solución stock (0,14 M) y agregar 10 mL de agua destilada en un beaker 50mL. Mezclar bien.

Patrón para prueba de Biuret (Albúmina)

Solución patrón de albúmina: Pesar 0,250 g de albúmina en un beaker de 50mL y disolver en agua destilada. Transferir a un balón aforado de 5 mL y llevar al volumen con agua destilada. Agitar hasta disolución completa. Esta solución será usada como referencia positiva en la prueba de Biuret.

B. Colocar 4 tubos de ensayo en una gradilla para tubos y marcar cada tubo como S1, S2, S3 y SA

Tubos	Adicionar.
S1	1mL 0,14M lactosa + 1mL benedict
S2	1mL 0,023M lactosa + 1mL benedict
S3	1mL 0,014M lactosa + 1mL benedict
SA	1mL albúmina + 1mL de lugol

Llevar los tubos S1, S2, S3 a baño de maría durante 5 min.

2. Colocar los 12 tubos de ensayo en la gradilla numerados.

Tubos		Adicionar.
1	7	1 mL agua (Tubo de referencia)
2	8	1mL clara de huevo (diluida en agua 1:3)
3	9	1 leche (entera o deslactosada)
4	10	1mL suero de leche (preparado: En beaker de 50mL agregar 20 mL de leche y adicionar de 4-5 mL de limón, agitar y filtrar (4min))
5	11	1 mL Zumo de manzana
6	12	1ml maizena (diluida en agua 1:3)

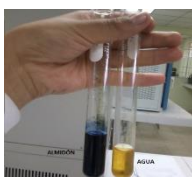
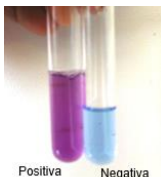
3. En los tubos del 1 al 6, adicione 1mL del reactivo de benedict (calentar baño maría 5min).

En los tubos 7 al 9, adicione 3 gotas de Lugol (agitar). Con lo observado completar la tabla

4. Vaciar y limpiar los tubos, repetir el paso 1 y adicionar 7 gotas de biuret en los tubos del 1 al 6. Completar tabla.



**Tabla 1.
Registro de
resultados.**

			
Alimento	Benedict (Glúcido)	Lugol (polisacáridos)	Biuret (Proteínas)
Clara de Huevo			
Leche (Entera o deslactosada)			
Suero de leche			
Zumo de manzana			
Maizena			

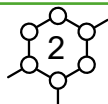
Preguntas orientadoras.



¿Qué grupo funcional específico detecta el reactivo de Benedict y en cuál biomolécula del lactosuero se encuentra? ¿Qué podría indicar la presencia de proteínas sobre el valor nutricional del lactosuero? ¿Podría haber una diferencia en la prueba de Benedict entre diferentes leches (entera o deslactosada)? ¿qué diferencia estructural hay entre ambas, explique? ¿Qué relación tiene la composición de las biomoléculas con el impacto ambiental?



LABORATORIO



MEDICIÓN ALCÓHOLICA

Para evaluar la eficiencia de la fermentación del lactosuero, es fundamental determinar con exactitud la concentración de etanol obtenida. Dentro de los métodos más prácticos tenemos aquellos que están basados en la densidad, como, por ejemplo.

La concentración alcohólica determinada a través un hidrómetro de alcohol especial, también conocido como alcoholímetro, que normalmente se encuentra calibrado a 20°C, con lecturas hechas en %v/v.

Un densímetro de precisión que nos ofrece una lectura rápida frente al cambio de densidad



Materiales

- Bureta de 100 mL
- Densímetro de precisión
- Alcoholímetro
- Picnómetro
- Frasco lavador y escobilla.
- Los EPP



Reactivos

- Suero pretratado (pág 6)

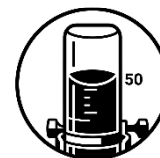


Procedimiento

Se debe de tener 200 mL del suero fermentado y 100 mL de suero fermentado para hacer las mediciones a cada uno

1. Medición con el Densímetro de precisión.

- Llena una probeta con el lactosuero.
- Introduce el densímetro hasta que permanezca flotando, habite que toque las paredes de la probeta.
- Anote la cifra que se encuentra debajo del menisco



2. Medición con el Alcoholímetro.

- Llenar la probeta con la muestra de lactosuero fermentado.
- Introducir el alcoholímetro suavemente hasta que flote libremente sin tocar las paredes.
- Leer la escala en el punto donde la superficie del líquido intercepta el instrumento. Registrar el porcentaje de alcohol (%v/v).

3. Medición con el Picnómetro.

- Limpiar y secar completamente el picnómetro. Pesarlo vacío y registrar su masa (m_0).
- Llenarlo con agua destilada a temperatura ambiente, colocar la tapa y retirar el exceso. Pesar y registrar (m_1).
- Vaciar, limpiar y secar. Llenarlo con la muestra de lactosuero (antes y después de la fermentación). Pesar y registrar (m_2).
- Calcular la densidad de la muestra con la fórmula: $\rho = (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0) \times \rho_{\text{agua}}$



Tabla 2. Prueba densímetro y alcoholímetro

Parámetro	Valor Inicial (Suero pretratado)	Valor final (Suero fermentado)
Densímetro (g/mL)		
Alcoholímetro (%v/v)		
Picnómetro (g/mL)		



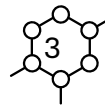
Preguntas orientadoras.

¿Qué cambios en los grupos funcionales ocurren a lo largo de la ruta metabólica de la fermentación alcohólica? ¿Por qué la densidad del lactosuero disminuye con la fermentación? ¿Cuál sería el rendimiento teórico asumiendo que el rendimiento sea del 80%? ¿Cuál considera de los tres métodos es más confiable para seguir el proceso? ¿Cuáles son las limitaciones de cada método? ¿Es viable producir etanol a partir de lactosuero a escala industrial o en pequeñas industrias?



Materiales (Fermentador).

- 1 botella de plástico de 300 mL con su respectiva tapa.
- 1 tapa de plástico
- 15 cm de manguera de $\frac{1}{2}$
- Puntilla de acero
- Vela
- Agua
- Silicona en barra



LABORATORIO

FERMENTACION DE LACTOSUERO CON KEFIR.

Fermentación convencional busca aprovechar el curso natural, al tener un microorganismo y su fuente de alimento y generar subproductos aprovechables como el alcohol o los ácidos, con el único inconveniente que estos mismos subproductos son los que detienen los procesos metabólicos e inclusive causan la muerte del microorganismo.



Fuente: Elaboración propia.



Procedimiento.

1. Calentar la puntilla y abrir un orificio en la tapa de la botella de 300mL, lo justo para que ingrese la manguera de $\frac{1}{2}$.
2. Insertar una parte de la manguera en el orificio de la tapa hasta el cuello de la botella y sellar con silicona (hacer levemente presión).
3. Aderir una tapa de botella con silicona o cinta a un costado de la botella. Coloque el otro extremo de la manguera hasta $\frac{1}{4}$ parte de la tapa de la botella.

Nota: En su proceso de fermentación llenar la tapa de la botella.



Reactivos

- 200mL litro lactosuero pretratado (entera o deslactosada)
- 9 mL cepa de kéfir

Suero pretratado

1. Filtrar 400 ml de lactosuero crudo en el beaker de 500mL.

2. Calentar en plancha, manteniendo una agitación constante hasta una temperatura de 60°C y mantener durante 30 min (Pasteurización VAT).

3. Retirar cumplido el tiempo y hacer choque de frío a menor a 6 °C.

Adaptado de Aráuz, 2020.



Materiales

- 1 fermentador
- 1 beaker de 250mL
- 1 beaker de 100 mL
- 1 agitador de vidrio
- 1 plancha de calentamiento
- 1 termómetro
- 1 papel filtro grado cualitativo
- 1 embudo
- Frasco lavador y escobilla.
- Refrigerador o baño de hielo
- Los EPP

Inoculación

1. Agregue 200mL de suero preparado (entera o deslactosada)

2. Adicionar 9mL de cepa de kéfir y mezcle.

3. Adicionar la mezcla en el fermentador (botella de 300mL).

4. Fermentar durante 72 H

Portafolio de evaluación de laboratorios.

El portafolio es un instrumento de evaluación que permite evaluar y recopilar evidencias de aprendizaje.

Realizara por grupos un portafolio creativo (ya sea página web, presentación PowerPoint, etc)

12.3 Anexo 3: Guía para elaboración del portafolio.

Esquema para Portafolio del Laboratorio.

Propósito

Es un espacio donde el grupo reflexiona sobre lo que hizo en el laboratorio y desde su casa. Se espera que no solo describan procedimiento, sino que analicen, evalúen y argumenten a partir de los datos experimentales y fuentes teóricas, conectándolas con la química orgánica y las tres dimensiones de la sostenibilidad: ambiental, económica y social.

Antes de presentar el portafolio, revisen la rubrica de evaluación, dialoguen las respuestas entre ustedes y verifiquen Normas APA 7.

Formato

El portafolio puede elaborarse en la plataforma que el grupo decida (Canva, PowerPoint, Genially, Sway, etc).

Apóyense en organizadores gráficos, infografías, tablas comparativas e imágenes del proceso. Debe ser un portafolio visualmente atractivo, pero tengan en cuenta que se evaluará la argumentación, revisar rubrica de evaluación.

Instrucciones

1. Lean los siguientes artículos, para responder a cada una de las siguientes dimensiones:
 - [El inocente impacto ambiental del suero de la leche](#)
 - [Serie de estudios sectoriales, leche y derivados](#)
 - [Diseño de un proceso industrial para la obtención de bioetanol a partir de lactosuero destinado a la elaboración de perfumes.](#)
 - [Lactosuero en Colombia: Regulaciones, impacto al Consumidor y análisis de Laboratorio](#)
2. Vean el siguiente video sobre uso del portafolio y sus partes más importantes. [\(14\) DISEÑA tu PORTAFOLIO sin MORIR en el INTENTO](#) 🧠 🗣️ #behance #diseñografico #portafolio - YouTube (tomado de @JPGRAPHIA)
3. En sus grupos de trabajo, cada integrante se encargará de un módulo.

Trabajo grupal y trabajo individual - mesa redonda

El producto final es grupal, sin embargo, el aprendizaje es individual y para ello se realizará una mesa redonda, cada grupo dispondrá de 15 min para mostrar y explicar su portafolio, entre el mismo grupo deciden como organizarse. 10 minutos de exposición y 5 minutos intervención del docente, que serán preguntas aleatorias de las realizadas en la guía o el portafolio.

Estructura del portafolio

1. **Portada:** Debe incluir título del trabajo (el que propongan), nombre del trabajo de grado que acompañan, asignatura, universidad, integrantes del grupo con una fotografía de la participación en el laboratorio y una breve presentación individual (relación con la química orgánica, experiencias previas, aptitudes y habilidades).
2. **Presentación del problema:** Explicar ¿Por qué el lactosuero bovino puede ser un problema ambiental o si consideran que no lo es, por qué? Hay que proponer también que oportunidad usarían ustedes para usarla.

Debe evidenciarse ¿qué es el lactosuero? ¿de dónde proviene? ¿Por qué cobra interés estudiarla desde la química orgánica y para la sostenibilidad? máximo una diapositiva o una página.

3. **Conclusión general:** Dar un cierre que sintetice el aprendizaje colectivo del grupo, tratando de responder ¿qué comprensión nueva construyeron sobre la relación entre biomoléculas, fermentación y sostenibilidad? ¿qué harían diferente si repitieran el experimento?

I. Dimensión Ambiental.

Objetivo: Reflexionar sobre el impacto del lactosuero en el medio ambiente y el aprovechamiento sostenible de sus biomoléculas.

Preguntas orientadoras:

*¿Qué grupo funcional específico detecta el reactivo de Benedict y en cuál biomolécula del lactosuero se encuentra?

*¿Qué relación tiene la composición de las biomoléculas con el impacto ambiental?

*¿Qué cambios en los grupos funcionales ocurre durante la fermentación alcohólica?

Contenido a desarrollar:

1. Presentar los resultados de las pruebas cualitativas (tabla 1) y explicar que grupos funcionales o enlaces detecta cada prueba, en que biomolécula se encuentra y ejemplos de otras biomoléculas.
2. Explicar cómo la composición bioquímica del lactosuero genera una alta demanda de oxígeno en su descomposición y su impacto en sistemas acuáticos cuando se vierte sin tratar.
3. ¿qué subproductos se generan? y ¿Cuáles podrían aprovecharse y cómo? (¿descripciones cortas o una imagen representativa?)
4. Incluir registro fotográfico de los resultados, con su debida referencia del contenido y citar en Normas APA 7.

II. Dimensión Económica.

Objetivo: Analizar la viabilidad económica y el potencial aporte económico del aprovechamiento del lactosuero mediante fermentación.

Preguntas orientadoras:

- * ¿Cuál de los tres métodos de medición (densímetro, alcoholímetro, picnómetro) es más confiable para hacer un seguimiento de la fermentación y cuáles son sus limitaciones?
- * Calculen el rendimiento teórico (tengan en cuenta la tabla nutricional del empaque) y experimental de etanol. Si hay diferencia ¿A qué podría deberse la diferencia?
- * ¿Es viable producir etanol a partir de lactosuero a escala industrial o en pequeñas industrias?

Contenido grupal obligatoria:

1. Presentar los resultados de las pruebas (Tabla 2), concluya el cálculo de la diferencia.
2. Calcular el rendimiento teórico de etanol a partir de la lactosa inicial y compárenlo con el rendimiento experimental. Mostrar el procedimiento del cálculo e identificar una posible causa de la diferencia si se presenta, argumentando desde la química (reacción química, un proceso de obtención, etc.).
3. Presentar una imagen de su reactor químico (fermentador) señalando las partes que lo compone y un cuadro del valor estimado de cada parte.
4. Evaluar cuál de los tres métodos de medición es más confiable y justifique desde el principio del método. Agregue fotos de los instrumentos.

III. Dimensión Social.

Objetivo: Evaluar la repercusión social de aprovechar el lactosuero mediante fermentación en la comunidad o ámbito educacional.

Preguntas orientadoras:

- ¿Qué comunidades o sector sería de interés el aprovechamiento del lactosuero?
- ¿Qué barreras de acceso o conocimiento considera existen para implementar este tipo de proceso en comunidades rurales o pequeños productores lácteos?

Contenido grupal obligatorio:

1. Identificar qué comunidades, sectores productivos o territorios en Colombia podrían beneficiarse del aprovechamiento del lactosuero mediante fermentación alcohólica. Referencias bibliográficas o ejemplos puntuales (mínimo 1 comunidad).
2. Elaborar un cuadro comparativo entre la fermentación alcohólica del lactosuero y la obtención química del alcohol. El cuadro debe incluir: sustrato, microorganismo, subproductos, grupos funcionales involucrados y condiciones del proceso.

IV. AUTORREGULACIÓN.

Elijan una biomolécula que se pueda obtener del lactosuero (revisar las lecturas recomendadas) y completen la siguiente tabla.

Temática	Observaciones
Producto que se puede obtener.	Definición y contexto
Composición química y biomolecular	Identificación de biomoléculas relevantes
Prueba para su identificación	Nombre de la prueba, en que consiste.
Impacto económico	Costos, beneficio y escalabilidad
Impacto ambiental	Evaluación de riesgos y beneficios
Conclusiones y recomendaciones	Reflexión y posibles acciones futuras para llevar a cabo como proyecto.

12.4 Anexo 4.

Rubrica de sustentación

Apreciados estudiantes:

Este formulario corresponde a una rúbrica de sustentación que se utilizará para evaluar a cada grupo. Debe completarse una evaluación por grupo, asignada entre los distintos grupos participantes.

Dimensión del pensamiento crítico. *

Integra el análisis del rendimiento y la sostenibilidad con consideraciones como:

Describir: Características físicas o químicas desde la perspectiva del observador.

Comparar: Considera semejanzas/ diferencias entre dos variables.

Relacionar: Considera pares de características de una misma variable y establece anexos entre ellas.

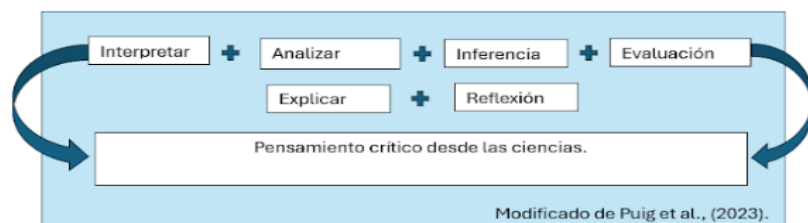
Adaptado de: <https://es.slideshare.net/>

- ☐ Describe, compara y relaciona temas del metabolismo enzimático, ecuaciones químicas, limitaciones procedimentales y escalabilidad.
- ☐ Describe y compara temas del metabolismo enzimático, ecuaciones químicas, limitaciones procedimentales y escalabilidad.
- ☐ Compara temas del metabolismo enzimático, ecuaciones químicas, limitaciones procedimentales y escalabilidad.
- ☐ Describe temas del metabolismo enzimático, ecuaciones químicas, limitaciones procedimentales y escalabilidad.

Dimensión química/bioquímica: *

- ☐ Los argumentos son bien fundamentados en principios de química orgánica (tipos de enlaces), ecuaciones químicas (balance atómico y reporte) y la biomoléculas (estructuras).
- ☐ Los argumentos son correctos, pero generales fundamentados en principios de química orgánica (tipos de enlaces), ecuaciones químicas (balance atómico y reporte) y la biomoléculas (estructuras).
- ☐ Los argumentos son confusos o contienen poco/ningún error conceptual.
- ☐ Los argumentos son confusos o contienen muchos errores conceptuales.

Dimensión de Reflexión y argumentación. *



- ☐ Su comunicación es intencionada y sintetizada. Evalúa críticamente el proceso experimental desde sus evidencias y la evidencia de otros autores, para proponer nuevas soluciones.
- ☐ Su comunicación es clara y coherente usando un lenguaje técnico. Evalúa críticamente el proceso experimental desde sus evidencias y la evidencia de otros autores.
- ☐ Su comunicación es comprensible, pero no evalúa críticamente el proceso experimental desde sus evidencias y la evidencia de otros autores.
- ☐ Su comunicación es desorganizada y no evalúa críticamente el proceso experimental desde sus evidencias y la evidencia de otros autores.

12.5 Anexo 5. Rubrica de evaluación

Lea atentamente la rúbrica antes de iniciar el laboratorio y tenga en cuenta para la elaboración de la guía. Recuerde que es importante la estética del portafolio, pero el peso de la nota está en el contenido.						
RÚBRICA DE EVALUACIÓN - PORTAFOLIO DE LABORATORIO						
	Criterio De evaluación	Nivel bajo (1-2pts)	Nivel Medio (3pts)	Nivel Alto (4 pts.)	Nivel Superior (5pts)	Nota
Estructura General del portafolio	Portada e identidad del equipo (titulo, tema, datos de los integrantes) y uso de imágenes de la participación del grupo.	Sin portada o solo con nombre de los integrantes, no presenta evidencia fotográfica de la participación del grupo.	Portada básica con título y los datos son incompletos, no presenta evidencia fotográfica de la participación del grupo.	Portada con todos los campos requeridos, pero no presenta evidencia fotográfica de la participación del grupo.	Portada creativa y completa; datos de cada integrante son detallados y hacen uso de evidencia fotográfica de la participación del grupo.	
	Presentación del problema y conclusiones (exposición del problema y síntesis del aprendizaje).	Ninguno de los dos elementos aparece en el portafolio.	Solo uno de los dos elementos presente, o ambos son muy breves sin conexión con el trabajo.	Problema y conclusiones presentes; la argumentación es correcta pero superficial.	Explica el problema con reflexión pertinente; las conclusiones sintetizan el aprendizaje colectivo con evidencia del proceso experimental.	
	Diseño visual y uso de organizadores gráficos.	Sin elementos visuales significativos; el portafolio es texto plano.	Elementos visuales mínimos o sin relación directa con el contenido de cada módulo.	Plataforma y visuales adecuados; algunos elementos son genéricos, pero se relacionan con el contenido.	Uso creativo y coherente de la plataforma; visuales originales, pertinentes y que facilitan la comprensión de cada módulo.	
Análisis de procesos e identificación de biomoléculas.	Identificación de biomoléculas y pruebas realizadas	No describe los resultados de las pruebas.	Describe los resultados de las pruebas sin relacionarlos con la estructura química de las biomoléculas.	Relaciona los resultados con lactosa, pero no explica su función en el proceso.	Identifica correctamente cada prueba, su principio y resultado	
	Análisis de parámetros medidos (densidad	Solo registra los datos de densidad o	Interpreta los datos básicos, pero no calcula rendimiento	Calcula el rendimiento teórico y experimental; identifica	Analiza con rigor los parámetros medidos y propone causas	

	inicial/final, %v/v de alcohol, picnómetro: interpretación de datos y cálculos de rendimiento)	alcohol sin interpretarlos ni calcular rendimiento.	teórico vs. experimental o lo hace con errores.	diferencias, pero no propone causas de la desviación.	fundamentadas de desviaciones.	
	Registro fotográfico con análisis técnico (fermentador: composición y costo; reactivos, instrumentos)	No presentan registros fotográficos.	Fotografías presentes sin descripción y sin citas según normas APA 7.	Fotografías pertinentes con descripción, pero sin cita según normas APA 7.	Fotografías pertinentes con descripción y cumple con cita según normas APA 7.	
Pensamiento Crítico y evaluación experimental.	Análisis de errores y sesgos experimentales	No identifica fuentes de error ni variaciones en los datos.	Identifica errores experimentales, pero no propone las posibles causas.	Evalúa críticamente los métodos, pero no identifica causas de error.	Evalúa críticamente los métodos y propone cuáles son las causas de error y posibles soluciones de ajuste.	
	Cuadro comparativo de procesos	No hay cuadro comparativo.	Cuadro básico que lista diferencias, pero no está completo, ni presenta variables relevantes,	Cuadro completo, pero no lista variables relevantes.	Cuadro completo que lista variables relevantes.	
	Calidad de la argumentación (coherencia entre datos propios y bibliografía)	Presenta ideas aisladas y no referencia fuentes confiables.	Argumenta con base en bibliografía, pero le cuesta conectar la teoría con los propios hallazgos experimentales.	Argumentos coherentes que vinculan datos experimentales con teoría, sustentado en fuentes bibliográficas confiables.	Construye argumentos sólidos vinculando datos propios y teóricos sustentado en fuentes bibliográficas confiables.	
Composición de la EDS	Dimensión económica	No analiza el valor económico del lactosuero ni la viabilidad del proceso.	Menciona el valor económico, pero sin datos ni comparación entre opciones de producción.	Analiza la viabilidad económica con datos parciales; emite juicio sobre factibilidad con argumentos básicos.	Emite juicio fundamentado sobre la viabilidad en pequeñas industrias o emprendimientos; recomendaciones concretas articuladas con sostenibilidad.	
	Dimensión ambiental	No menciona el impacto	Reconoce el impacto	Propone acciones para	Reconoce y propone un	

		ambiental del proceso ni propone el aprovechamiento de residuos generados.	ambiental del lactosuero, pero no propone alternativas de economía circular para los residuos del proceso.	reducir subproductos. Desde las reacciones químicas o desde el aprovechamiento de alguna biomolécula.	modelo de economía.	Pág. 3
	Dimensión social	No reflexiona sobre el impacto social ni la transferencia pedagógica del experimento.	Menciona el impacto social de forma genérica sin proponer acciones concretas.	Reflexiona sobre el impacto social con argumentos válidos.	Reflexiona sobre el impacto social con argumentos válidos y hace proposiciones validadas desde la dimensión económica y ambiental.	
Total, general /60						

Escala valorativa.			
Nivel bajo (1-2pts)	Nivel medio (3pts)	Nivel alto (4pts)	Nivel superior (5pts)
No cumple los mínimos de análisis crítico sobre las biomoléculas ni contempla las dimensiones de la EDS.	Hace inferencias básicas desde los resultados, pero no se evidencia una articulación de las ED.	Realiza análisis correctos, pero con algún elemento de la EDS o dimensiones sin desarrollar	Demuestra análisis crítico y transversalidad con las dimensiones de la EDS.

Habilidad del PC (Peter A. Facione)	Aplicabilidad en el portafolio	Dimensión de la EDS en el portafolio
Análisis	Descompone el fenómeno (fermentación del lactosuero) en sus partes: biomoléculas, reacciones, parámetros medibles y grupos funcionales.	Económica, Ambiental y social
Evaluación	Juzga la calidad de los datos experimentales, identifica limitaciones de los métodos de medición, reconoce factores que afectan la viabilidad para un proyecto.	Económica, Ambiental, social y Autorregulación.
Autorregulación	Reflexiona sobre el propio proceso de aprendizaje, reconoce limitaciones y proyecta acciones de mejora en el marco de un proyecto sostenible.	Económica, Ambiental, social y Autorregulación.

Facione P. (2007). Pensamiento Crítico: ¿Qué es y por qué es importante?

<https://es.scribd.com/doc/211072934/PensamientoCritico-Peter-a-facion>

12. 6 Anexo 6. Foto Lactosuero fermentado y sin fermentar.



12. 7 Anexo 7. Medición del lactosuero sin fermentar.



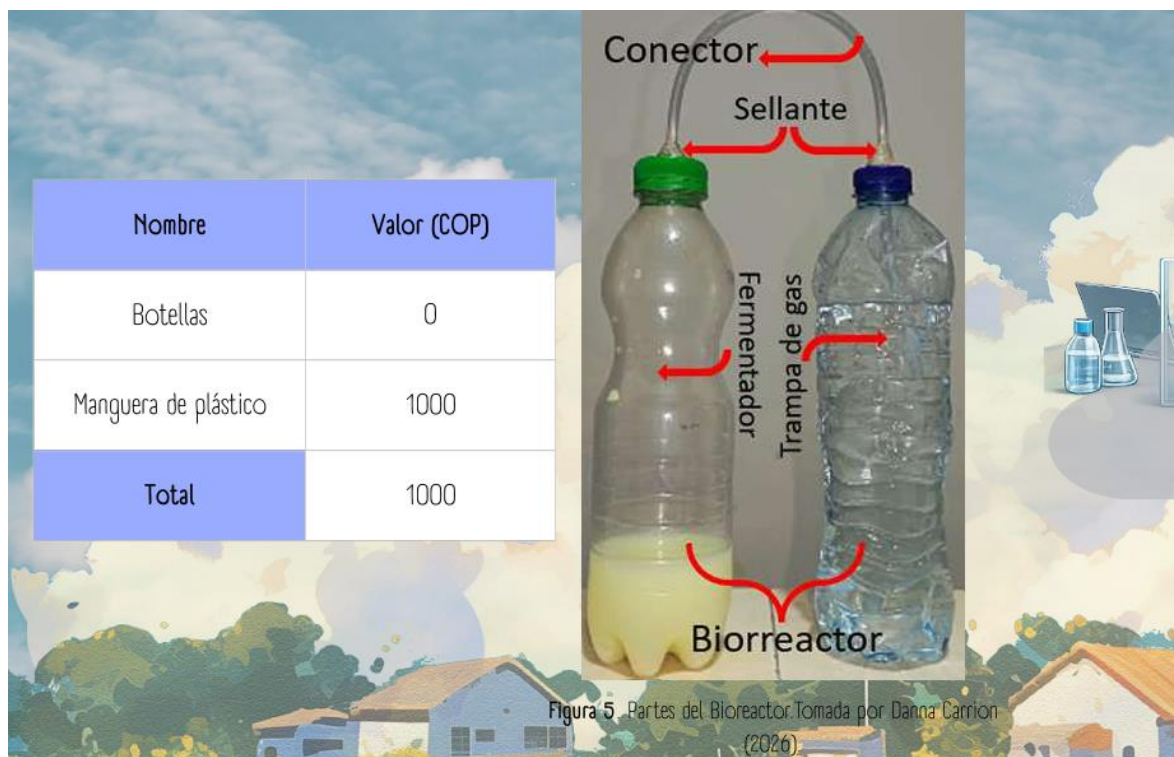
12. 8 Anexo 8. Intervención del Lactosuero.



12. 9 Anexo 9. Nódulos de kéfir de leche bovina.



12.9 Anexo 9. Fermentador de los estudiantes (modificado)



12.10 Anexo 10. Resultados reportados por los estudiantes.

Parámetro	Valor Inicial (Suero pretratado)	Valor Final (Suero fermentado)
Densímetro (g/mL)	1,020	1,015
Alcoholímetro (%v/v)	Cero	Cero
Picnómetro (g/mL)	2.217	2.1338

12.11 Anexo 11. Validación por expertos 1.

RÚBRICA DE EVALUACIÓN PARA VALIDAR INSTRUMENTO.

Asunto: Tesis de pregrado, Licenciatura en química.

Título de la tesis: Competencias de la educación para el desarrollo sostenible: Fermentación alcohólica para fortalecimiento del pensamiento crítico en estudiantes del Programa en Licenciatura en Química.

Elaborado por: Estudiante en formación Juan Pablo Portela Gonzalez

Directora de tesis: Dr. Dora Luz Gómez Aguilar.

Estimado/a profesor/a

Nos dirigimos a usted para solicitar su apoyo en la evaluación de los instrumentos desarrollados, los cuales consisten en:

Instrumento de Pretest de entrada y salida: Una prueba diseñada en dos secciones: la primera emplea una escala tipo Likert para caracterizar las actitudes de los estudiantes frente a la información recibida; la segunda consiste en un cuestionario de opción múltiple con única respuesta para medir el nivel conceptual alcanzado.

Práctica de Laboratorio: Una secuencia experimental enfocada en el estudio de biomoléculas y pruebas cualitativas de identificación. Se utiliza el lactosuero como eje transversal para integrar contenidos químicos con el contexto del desarrollo sostenible.

Rubrica de evaluación portafolio (informe): Un recurso orientado al fortalecimiento del pensamiento crítico, específicamente en las dimensiones de análisis y evaluación (según el modelo de Facione, 2007). Este instrumento busca que el estudiante vincule las dimensiones social, ambiental y económica desde el enfoque de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS). Para su valoración, se adjunta una rúbrica específica.

Rubrica sustentación: Para facilitar la valoración y asegurar objetividad, he diseñado una rúbrica que contempla los criterios principales que deben considerarse.

Nos gustaría contar con su experiencia para que, utilizando esta rúbrica, pueda evaluar los instrumentos y brindarnos retroalimentación sobre su pertinencia, claridad y efectividad.

Quedamos atentos a sus comentarios. Agradezco su atención prestada.

A continuación, se encuentra la tabla para realizar las respectivas valoraciones teniendo en cuenta los siguientes ítems:

Cumple (C)

Mejorar (M)

No Cumple (NC)

Pretest de entrada y salida.				
	C	M	NC	Observaciones.
Las preguntas realizadas son coherentes, precisas y claras.		x		Es fundamental revisar la redacción de las preguntas, dado que en algunos casos su formulación puede generar confusión en el lector respecto a la forma de respuesta, lo cual podría introducir sesgos en los resultados de la prueba de entrada y salida. Por ejemplo, en la pregunta 2 correspondiente a las dimensiones: “Cuando un resultado experimental contradice lo esperado, analizo diferentes explicaciones posibles antes de llegar a una conclusión.”

Las preguntas están diseñadas acorde al objetivo.	x			
El contenido de las preguntas es pertinente para indagar sobre los conocimientos previos.		x		Se debe considerar cuidadosamente la redacción de las preguntas orientadas a indagar conceptos previos, dado que una formulación demasiado amplia o con términos redundantes puede dificultar su comprensión y generar confusión en el encuestado.
La redacción y ortografía es correcta.		x		Revisar la redacción de las preguntas para asegurar que estén formuladas en tercera persona. Además, corregir aquellas que omitan signos de interrogación y tildes.
El instrumento no es extenso y repetitivo.	x			
Las imágenes son claras y de contenido explícito.		x		Faltan citas de las imágenes expuestas en el instrumento.

El instrumento se encuentra en un formulario de Google Forms: [Formulario sin título - Formularios de Google](#)

Practica de laboratorio				
	C	M	NC	Observaciones.
Las preguntas orientadoras realizadas son coherentes, precisas y claras.		x		Revisar la redacción de las preguntas orientadoras.
Las secuencias están diseñadas acorde al objetivo.	x			
Los procedimientos son claros y fácil de interpretar.		x		Son claros y precisos, en la prueba de fermentación con densímetro podrían ser más detallados algunos procesos que se deben realizar antes de las pruebas
La redacción y ortografía es correcta.			x	Tener en cuenta que el objetivo general se redacta con verbo en

				infinitivo. En algunos títulos la palabra densímetro está escrita con la letra s y en otros con la letra c
Las imágenes y los enunciados guardan coherencia entre sí y cada sección a abordar.	x			
El contenido no se hace extenso y repetitivo.	x			
El instrumento de evaluación (portafolio libre) es acorde como instrumento de evaluación para un informe de laboratorio.		x		Revisar que criterios
Portafolio				
	C	M	NC	Observaciones.
El material de apoyo es adecuado para que los estudiantes puedan responder a cada dimensión.	x			
Las indicaciones para su desarrollo en cada dimensión son claras.	x			
Las dimensiones si permiten que los estudiantes realicen un trabajo de reflexión.		x		Cumple, en algunas dimensiones se podría proponer una situación que fortalezca ese trabajo de reflexión.
Las dimensiones permiten que el estudiante realice un trabajo evaluativo y de análisis (Facione P. 2007).	x			
La actividad de autor regularización permite que los estudiantes verifiquen su nuevo aprendizaje al hacer una propia propuesta.	x			
Las dimensiones que se proponen si están enfocadas para las EDS desde el punto de vista de la UNESCO	x			

El instrumento se encuentra adjunto a la carta como documento en PDF.

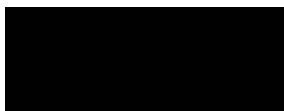
Rubrica de evaluación portafolio (informe)				
	C	M	NC	Observaciones.
Los criterios y niveles se encuentran bien definidos.	x			
La puntuación asignada no es ambigua.	x			
Los criterios de evaluación son coherentes con lo pretendido en los laboratorios.	x			
El contenido está bien definido.		x		Revisar la redacción de algunos criterios de las puntuaciones asignadas, podrían ser más específicos
La redacción y ortografía es correcta.		x		Revisar hay palabras y oraciones que requieren de la revisión de la redacción y ortografía.

El instrumento se encuentra adjunto a la carta como documento en PDF.

Rubrica de sustentación				
	C	M	NC	Observaciones.
El instrumento se puede interpretar fácilmente.	x			
Los criterios son coherentes y significativos.	x			
Las opciones guardan subordinación entre ellas.	x			
La redacción y ortografía es correcta.		x		
El instrumento no es extenso y repetitivo.	x			

El instrumento se encuentra en un formulario de Google Forms: [Formulario sin título - Formularios de Google](#)

Firma:



Validado	☒	No	Con observaciones	☒
----------	-------------------------------------	----	-------------------	-------------------------------------

Validado por: Laura Andrea Cardenas vela
Maestría en Docencia de la Química
Fecha: 20 de marzo 2026

Facione P. (2007). Pensamiento Crítico: ¿Qué es y por qué es importante?.
<https://es.scribd.com/doc/211072934/PensamientoCritico-Peter-a-facione>

Nota: firma documento original.

12.12 Anexo 12. Validación por expertos 2.

RÚBRICA DE EVALUACIÓN PARA VALIDAR INSTRUMENTO.

Asunto: Tesis de pregrado, Licenciatura en química.

Título de la tesis: Competencias de la educación para el desarrollo sostenible: Fermentación alcohólica para fortalecimiento del pensamiento crítico en estudiantes del Programa en Licenciatura en Química.

Elaborado por: Estudiante en formación Juan Pablo Portela Gonzalez

Directora de tesis: Dr. Dora Luz Gómez Aguilar.

Estimado/a profesor/a

Nos dirigimos a usted para solicitar su apoyo en la evaluación de los instrumentos desarrollados, los cuales consisten en:

Instrumento de Pretest de entrada y salida: Una prueba diseñada en dos secciones: la primera emplea una escala tipo Likert para caracterizar las actitudes de los estudiantes frente a la información recibida; la segunda consiste en un cuestionario de opción múltiple con única respuesta para medir el nivel conceptual alcanzado.

Práctica de Laboratorio: Una secuencia experimental enfocada en el estudio de biomoléculas y pruebas cualitativas de identificación. Se utiliza el lactosuero como eje transversal para integrar contenidos químicos con el contexto del desarrollo sostenible.

Rubrica de evaluación portafolio (informe): Un recurso orientado al fortalecimiento del pensamiento crítico, específicamente en las dimensiones de análisis y evaluación (según el modelo de Facione, 2007). Este instrumento busca que el estudiante vincule las dimensiones social, ambiental y económica desde el enfoque de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS). Para su valoración, se adjunta una rúbrica específica.

Rubrica sustentación: Para facilitar la valoración y asegurar objetividad, he diseñado una rúbrica que contempla los criterios principales que deben considerarse.

Nos gustaría contar con su experiencia para que, utilizando esta rúbrica, pueda evaluar los instrumentos y brindarnos retroalimentación sobre su pertinencia, claridad y efectividad.

Quedamos atentos a sus comentarios. Agradezco su atención prestada.

A continuación, se encuentra la tabla para realizar las respectivas valoraciones teniendo en cuenta los siguientes ítems:

Cumple (C)

Mejorar (M)

No Cumple (NC)

Pretest de entrada y salida.				
	C	M	NC	Observaciones.
Las preguntas realizadas son coherentes, precisas y claras.		x		Revisar la redacción de las preguntas debido a que algunas palabras o afirmaciones pueden generar sesgos. Validar la palabra “contradice” de la pregunta 2, debido a que ya predispone al estudiante a responder. Validar las palabras “relevante o irrelevante” pregunta 4 Validar las palabras “negativas como positivas” pregunta 5
Las preguntas están diseñadas acorde al objetivo.	x			
El contenido de las preguntas es pertinente para indagar sobre los conocimientos previos.		x		Sugiero que en cada una de las dimensiones se suprima: “Esta sección mide los conceptos previos” Se debe explicar a nivel

			general en la primera parte antes del cuestionario, para que no suene tan repetitivo. Considerar la redacción de las preguntas que están orientas a indagar los conceptos previos, debido a que la formulación es muy amplia porque aborda muy general la temática, lo que podría dificultar la comprensión de las mismas por parte de los estudiantes.
La redacción y ortografía es correcta.		x	Las preguntas deben estar formuladas en tercera persona. Validar ortografía, faltan tildes: “mas” - “más” (repetido varias veces) grafica” - “gráfica” “articulo” - “artículo” “mencionado” - “mencionado” “practica” - “práctica” “sintesis” - “síntesis” “moleculas” - “moléculas” “hidrolisis” - “hidrólisis” “perdida” - “pérdida” “estas realizando” - “¿Estás realizando...?”
El instrumento no es extenso y repetitivo.	x		
Las imágenes son claras y de contenido explicito.		x	Revisar citación de las imágenes y mencionar de donde fueron obtenidas, de acuerdo con las normas que se estén utilizando.

El instrumento se encuentra en un formulario de Google Forms: [Formulario sin título - Formularios de Google](#)

Practica de laboratorio				
	C	M	NC	Observaciones.
Las preguntas orientadoras realizadas son coherentes, precisas y claras.		x		Validar redacción. La segunda pregunta es ambigua, no especifica que biomolécula ni qué tipo de identificación, no se conecta con la primera pregunta.
Las secuencias están diseñadas acorde al objetivo.		x		Validar objetivo general, debe iniciar en verbo infinitivo. Cada una de las secuencias de la práctica de laboratorio debe responder a los objetivos específicos planteados, ser más claro especificando que corresponde a que.
Los procedimientos son claros y fáciles de interpretar.		x		En términos generales los procedimientos siguen una secuencia lógica y son comprensibles. Sin embargo, debe ser un poco más específico en algunos de ellos debido a que no se evidencia control de variables como la temperatura algunos criterios de observación en cuanto a los cambios de color. Hay saltos en el paso a paso de algunos procedimientos. Habite que toque las paredes (debería ser evite que toque)...
La redacción y ortografía es correcta.		x		En cuanto a redacción, los verbos deben ir en infinitivo (validar objetivo general), revisar ortografía, densímetro o dencímetro. Hay mayúsculas innecesarias donde no inicia párrafo, cuando mencionas Benedict o benedict esta intercalado en varias partes del documento así mismo con las otras pruebas unificar nombres o en mayúscula o en minúscula.

				Es sellar la botella, no Cellar. Es adherir, no aderir. Es menisco, no meñisco. Detección cualitativas o detección cualitativa. Validar las tildes.
Las imágenes y los enunciados guardan coherencia entre sí y cada sección a abordar.		x		Inicialmente las imágenes deberían estar citadas, cada imagen debe representar algo de la información escrita, sin embargo, las imágenes encontradas no están explicadas y no guardan relación con lo que tiene escrito.
El contenido no se hace extenso y repetitivo.		x		Es un poco extenso, sin embargo, si se organiza bien, se ve más atractivo para el estudiante.
El instrumento de evaluación (portafolio libre) es acorde como instrumento de evaluación para un informe de laboratorio.		x		Se evidencian dos tipos de letras, realizar ajuste. Plantear criterios de evaluación con la finalidad de que el estudiante tenga claros los aspectos a evaluar de acuerdo a cada una de las dimensiones.
Portafolio				
	C	M	NC	Observaciones.
El material de apoyo es adecuado para que los estudiantes puedan responder a cada dimensión.	x			
Las indicaciones para su desarrollo en cada dimensión son claras.	x			
Las dimensiones si permiten que los estudiantes realicen un trabajo de reflexión.		x		Se podrían proponer, preguntas mas reflexivas con relación a los artículos, con la finalidad de que los estudiantes realicen una mayor reflexión.
Las dimensiones permiten que el estudiante realice un trabajo evaluativo y de análisis (Facione P. 2007).	x			

La actividad de autor regularización permite que los estudiantes verifiquen su nuevo aprendizaje al hacer una propia propuesta.	x			
Las dimensiones que se proponen si están enfocadas para las EDS desde el punto de vista de la UNESCO	x			

El instrumento se encuentra adjunto a la carta como documento en PDF.

Rubrica de evaluación portafolio (informe)				
	C	M	NC	Observaciones.
Los criterios y niveles se encuentran bien definidos.	x			
La puntuación asignada no es ambigua.	x			
Los criterios de evaluación son coherentes con lo pretendido en los laboratorios.	x			
El contenido está bien definido.		x		Ser más específico y concreto en la redacción de los criterios.
La redacción y ortografía es correcta.		x		Validar ortografía, tildes: "titulo" - "título" "Pag." - "Pág." "analisis" - "análisis" "critico" "crítico"

El instrumento se encuentra adjunto a la carta como documento en PDF.

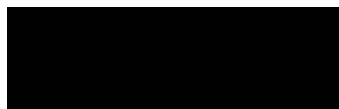
Rubrica de evaluación para Mesa redonda				
	C	M	NC	Observaciones.
El instrumento se puede interpretar fácilmente.		x		En la instrucción se repite mucho la palabra grupo.
Los criterios son coherentes y significativos.	x			
Las opciones guardan subordinación entre ellas.	x			

La redacción y ortografía es correcta.		x		Validar tildes, signos de puntuación, coherencia y espacios entre palabras. “muchos error conceptual” - muchos errores conceptuales. “la biomoléculas” - las biomoléculas. “poco/ningún error” - pocos o ningún error “limitacionesprocedimentales” falta de espacio “yescalabilidad” falta de espacio
El instrumento no es extenso y repetitivo.	x			

El instrumento se encuentra en un formulario de Google Forms:

[Formulario sin título - Formularios de Google](#)

Firma:



Validado	Si	x	No	Con observaciones	x
----------	----	---	----	-------------------	---

Validado por: Laura Saavedra Pedraza
 Maestría en Docencia de la Química
 Fecha: 25 marzo 2026

Facione P. (2007). Pensamiento Crítico: ¿Qué es y por qué es importante?.

<https://es.scribd.com/doc/211072934/PensamientoCritico-Peter-a-facione>

Nota: firma en el documento original.

12.13 Anexo 13. Preparación de lactosuero, ácido o dulce.

Preparación de lactosuero a partir de leche comercial.

Lactosuero ácido:

Materiales necesarios:

Instrumentos

- Colador fino o una tela
- 2 Hollas
- Botella plástica
- Congelador
- Estufa

Insumos

- Leche procesada
(deslactosada o entera)
- Vinagre

Vierta 500 mL de leche procesada en un recipiente y caliéntela hasta alcanzar el punto de ebullición. Una vez que hierva, retire el recipiente de la fuente de calor y adicione de 15 a 18 mL de vinagre. Agite suavemente con una espátula o cuchara para homogeneizar la mezcla y permita que repose hasta alcanzar la temperatura ambiente; esto facilitará la formación del coágulo y la separación de las fases.

Tras el enfriamiento, filtre la mezcla utilizando un colador de malla fina o una tela de filtración para separar la cuajada del lactosuero. Posteriormente, someta el lactosuero a un tratamiento térmico a 70°C durante 5 minutos a fuego bajo. Finalmente, trasvase la solución a una botella y refrigérela a 10°C para su conservación (preferiblemente en la parte baja de la nevera).

Lactosuero Dulce:

Materiales necesarios:

Instrumentos

- Colador fino o una tela
- 2 Hollas
- Botella plástica
- Congelador
- Estufa
- Vaso

Insumos

- Leche (deslactosada o entera)
- Cuajo para leche
(conseguirse en una salsamentaria)
- Agua a temperatura ambiente

Triture 1/5 de la tableta de cuajo y disuélvala en 10-15 mL de agua a 32°C (asegurando que el rango se mantenga entre 20°C y 40°C, dado que las enzimas son termosensibles). Adicione esta solución a 500 mL de leche procesada, la cual debe estar previamente atemperada a 32°C o a temperatura ambiente. Agite suavemente para homogeneizar y permita un reposo absoluto de 30 minutos para la formación del coágulo.

Transcurrido este tiempo, realice la filtración empleando un colador de malla fina o tela de filtración para separar la cuajada. Posteriormente, caliente el lactosuero resultante a fuego bajo (70°C) durante 5 minutos. Finalmente, trasvase la solución a una botella y refrigérela a 10°C para su almacenamiento (evitando el contacto directo con la zona de congelación).

12.14 Anexo 14. Tabla resultados de las respuestas de análisis.

Dimensión de PC: medida del análisis, n=20 y t=0,05										
Encuestado	Entrada					Salida				
	P. 1	P. 4	P. 6	P. 3	P. 7	P. 1	P. 4	P. 6	P. 3	P. 7
E1	4	3	2	4	4	5	4	5	4	4
E2	3	3	3	4	4	5	4	4	3	3
E3	5	4	4	4	4	5	3	3	4	4
E4	5	5	3	4	3	4	4	3	4	4
E5	3	4	4	3	4	5	4	3	5	5
E6	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4
E7	1	1	1	4	2	4	4	3	4	3
E8	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5
E9	3	2	4	3	3	5	5	5	5	5
E10	5	3	4	2	4	5	4	4	4	5
E11	3	5	2	5	4	2	4	4	2	3
E12	5	5	2	3	2	5	5	5	5	5
E13	5	2	4	4	4	4	4	3	4	3
E14	5	4	3	4	3	2	2	3	3	3
E15	4	3	2	4	3	4	4	4	5	4
E16	3	4	2	3	4	5	4	4	4	4
E17	3	4	2	5	4	4	5	4	4	4
E18	5	5	3	5	4	5	4	5	5	4
E19	4	2	3	3	4	5	4	5	4	4
E20	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5

12.15 Anexo 15. Tabla de resultados las respuestas evaluación.

Dimensión de PC: medida de evaluación, n=20 y t=0,05								
Encuestado	Entrada				Salida			
	P. 5	P. 2	P. 8	P. 9	P. 5	P. 2	P. 8	P. 9
E1	4	5	3	4	4	4	5	5
E2	3	4	3	5	3	4	4	4
E3	5	4	3	4	3	4	3	5
E4	5	5	3	2	5	3	4	5
E5	4	3	2	4	5	5	5	4
E6	4	3	3	5	3	5	2	2
E7	5	3	5	1	4	2	4	3
E8	5	5	4	3	5	5	5	4
E9	2	5	5	5	5	5	5	5
E10	4	3	3	4	5	4	4	5
E11	3	2	2	2	1	1	4	1
E12	5	3	3	2	5	5	5	5
E13	3	5	2	3	3	4	3	3

E14	3	4	4	4	3	3	3	3
E15	3	3	3	3	4	4	5	5
E16	4	5	3	5	5	3	5	5
E17	4	4	3	4	4	3	3	5
E18	3	3	3	5	4	5	5	4
E19	3	3	2	3	4	5	5	5
E20	5	5	4	5	5	5	5	5

12.16 Anexo 16. Tabla de resultados de las respuestas de la dimensión económica.

Dimensión EDS: dimensión económica, n=20 y t=0,05				
Encuestado	Entrada		salida	
	P. 6	P. 7	P. 6	P. 7
E1	5	5	4	4
E2	5	5	4	5
E3	4	4	4	4
E4	5	5	4	4
E5	3	4	5	4
E6	4	4	4	5
E7	3	5	4	4
E8	4	4	5	5
E9	4	2	5	5
E10	3	4	4	4
E11	2	4	4	1
E12	5	5	5	5
E13	4	5	4	3
E14	4	4	2	2
E15	3	3	5	4
E16	5	5	5	5
E17	5	4	5	5
E18	5	4	4	5
E19	4	5	5	5
E20	5	5	4	4

12.17 Anexo 17. Tabla de resultados de las respuestas de la dimensión social.

Dimensión EDS: dimensión social, n=20 y t=0,05						
Encuestado	Entrada			salida		
	P. 3	P. 4	P. 5	P. 3	P. 4	P. 5
E1	5	5	5	4	4	5
E2	5	5	4	4	5	5
E3	4	5	5	5	5	5
E4	5	5	5	5	5	5
E5	4	4	4	5	5	5
E6	4	5	5	5	5	5
E7	5	5	5	4	4	4
E8	4	5	5	5	5	5
E9	3	4	5	5	5	5
E10	3	3	3	5	5	4
E11	1	4	5	1	1	1
E12	3	5	5	5	5	5
E13	5	5	5	4	5	5
E14	4	5	5	2	1	1
E15	3	5	5	4	4	5
E16	5	5	5	5	5	5
E17	5	5	5	5	5	5
E18	3	5	5	4	5	4
E19	4	5	5	4	5	4
E20	5	5	5	4	4	4

12.18 Anexo 18. Tabla de resultados de las respuestas de la dimensión ambiental.

Dimensión EDS: dimensión social, n=20 y t=0,05						
Encuestado	Entrada			salida		
	P. 1	P. 2	P. 7	P. 1	P. 2	P. 7
E1	4	5	4	5	5	4
E2	3	4	4	3	3	5
E3	5	4	4	3	4	4
E4	5	5	3	5	4	4
E5	3	3	4	5	2	4
E6	4	3	3	2	4	5
E7	1	3	2	4	4	4
E8	5	5	3	4	5	5
E9	3	5	3	5	5	5
E10	5	3	4	5	5	4
E11	3	2	4	3	4	1
E12	5	3	2	5	5	5
E13	5	5	4	2	2	3
E14	5	4	3	3	3	2
E15	4	3	3	5	5	4
E16	3	5	4	5	5	5
E17	3	4	4	4	3	5
E18	5	3	4	5	4	5
E19	4	3	4	4	5	5
E20	5	5	4	4	4	4